



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS

**DISEÑO DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA QUE INCORPORA LA REPRESENTACIÓN
NARRATIVA PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA *REPRODUCCIÓN* EN EL BACHILLERATO**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA
EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
(BIOLOGÍA)**

PRESENTA:

PILAR ORTIZ LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS: DR. AQUILES NEGRETE YANKELEVICH
CENTRO DE INVESTIGACIONES INTERDISCIPLINARIAS EN CIENCIAS Y HUMANIDADES

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:
M EN D HILDA CLAUDIA MORALES CORTÉS, FAC. DE CIENCIAS
DRA MARIA EUGENIA ALVARADO RODRÍGUEZ, FAC. DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. NOVIEMBRE 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer, en primer lugar, a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi *Alma Mater*, por brindarme todos los espacios necesarios para formarme como docente, incluyendo la Facultad de Ciencias y, una vez más, las instalaciones del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur.

Al mismo tiempo, agradezco a CONACyT por la beca otorgada, la cual me permitió concluir en tiempo y forma mis estudios de maestría; y al programa PAEP de la UNAM, por brindarme las facilidades económicas para asistir a Congresos Internacionales y poder comunicar el presente trabajo.

También quiero agradecer a todos los docentes que aportaron toda su experiencia y valioso conocimiento a los maestrantes de MADEMS, pero en especial a los siguientes profesores Luz Lazos, Ricardo Guadarrama e Hilda Claudia Morales, quienes demostraron un sincero interés por que sus alumnos crezcan profesionalmente.

Sin duda este trabajo no podría haberlo realizado sin el apoyo de mis tutores, a quienes les agradezco cada una de las revisiones que hicieron y sus valiosas recomendaciones:

Al Dr. Aquiles, por compartirme parte de su experiencia y ayudarme desde el inicio del proyecto.

A la Dra. Maru, porque cada una de sus correcciones siempre estuvo acompañada de una charla amistosa.

A la Maestra Hilda, porque siempre confió en mí y me guio en la práctica docente.

Al Maestro Guadarrama, porque cada una de sus clases durante la maestría fue parte importante de mi formación como docente.

A la Dra Rosario, porque aunque no me conocía hizo un valioso trabajo de revisión que ayudó a mejorar el diseño, argumentación y presentación final de este trabajo.

A mis compañeros de la maestría porque pudimos aprender muchas cosas juntos, y nos divertimos la mayoría de las veces.

A los estudiantes del CCH Sur, porque, aunque ellos no lo sabían, me enseñaron muchísimas cosas que solo se aprenden gracias a ellos.

A mi familia porque es más que un estímulo para vivir la vida; en especial a mis padres, los que siempre se preocuparon por mí.

Finalmente agradezco a mi esposo por apoyarme en este proyecto, pero sobre todo a mis hijos quienes donaron una parte valiosa de su tiempo para que yo cumpliera mis metas.

Dedicatoria

A mis padres, a quienes quiero muchísimo

A Javier, mi gran compañero en estos últimos 14 años

A mis niños, Pablo y Diego, mis grandes amores
quienes observan mis pasos en todo momento

ÍNDICE

Página

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	7
2. OBJETIVOS	9
3. MARCO TEÓRICO	
3.1 CONTEXTO INSTITUCIONAL	
3.1.1 La Educación Científica en México	10
3.1.2 Importancia de la Educación Científica	11
3.1.3 La Divulgación Científica	13
3.1.4 Educación Media Superior en México	16
3.1.5 El Modelo Educativo de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades	18
3.1.6 Enseñanza del tema de Reproducción y su ubicación en el Programa de Estudios del CCH	21
3.1.7 Problemas de enseñanza en el tema	21
3.2 CONTEXTO PEDAGÓGICO	23
3.2.1 Teoría Sociocultural: Lev Vygotsky	25
3.2.2 La Narrativa en la enseñanza	28
3.2.3 Estrategias de Enseñanza	30
3.2.4 Evaluación	34
4. MÉTODO	
4.1 Población	38
4.2 Secuencia Didáctica	
4.2.1 Estructura Conceptual	38
4.2.2 Estructura Metodológica	41
4.3 Instrumentos de Evaluación	45
4.4 Cuestionario de opinión	49
4.5 Análisis Estadístico	49
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
5.1 Resultados Prueba Piloto	50
5.2 Resultados Secuencia Didáctica	54
5.3 Limitaciones del estudio y propuestas	69
6. CONCLUSIONES	72
7. REFERENCIAS	
7.1 Bibliográficas	74
7.2 Electrónicas	75
8. ANEXOS	79

RESUMEN

En México, al igual que en otros países, la enseñanza de las ciencias desde los niveles educativos básicos resulta indispensable. Sin embargo, a pesar de que los estudiantes cursan materias científicas desde edades tempranas, no todos logran convertirse en alfabetas científicos. En este contexto, resulta importante articular actividades didácticas que contrarresten esta situación.

En este trabajo se diseñó y aplicó una secuencia didáctica para impartir el tema de reproducción, que involucrara diversas actividades entre las que destacan el uso de las representaciones narrativas y el trabajo cooperativo.

La secuencia didáctica se aplicó en un grupo de bachillerato de la UNAM durante el semestre 2016-1, abarcando tres sesiones. Durante la intervención didáctica se llevaron a cabo diferentes actividades tales como lluvia de ideas, exposición, elaboración de modelos de plastilina, lectura de artículos de divulgación científica, elaboración de narrativas creadas a partir de estos artículos, y diversas actividades de evaluación. Al concluir la última sesión, los estudiantes leyeron una adaptación de una novela con contenido científico, la cual sirvió de estímulo para poder contestar un cuestionario (evaluación final). A partir de las calificaciones obtenidas en la evaluación final se obtuvo un promedio grupal.

Esta misma evaluación se aplicó a otro grupo del mismo semestre, el cual revisó el tema de reproducción con otro estilo de enseñanza (Grupo Sin Secuencia). Los promedios grupales de ambos grupos (con Secuencia Didáctica y Sin secuencia Didáctica) se confrontaron, observando una tendencia a sobresalir el promedio del Grupo Secuencia didáctica (7.34) en comparación con el Grupo sin Secuencia (6.09). A pesar de que el análisis estadístico mostró que esta diferencia no es significativa, el análisis cualitativo de las respuestas mostró diferencias evidentes a favor del Grupo Secuencia didáctica, sobre todo en aquellas que implicaban el desenvolvimiento de la expresión escrita.

Finalmente, el análisis cualitativo de los productos y actividades realizadas en las sesiones, y el análisis del cuestionario de opinión, permitieron apoyar que tanto las actividades realizadas de forma cooperativa, como la lectura de textos divulgativos (incluyendo el empleo de narrativas), además de favorecer el aprendizaje del tema, consiguieron promover la disposición en los estudiantes por adquirir el conocimiento científico, por lo que resulta valioso incorporar estos recursos en las clases de ciencia.

INTRODUCCIÓN

Uno de los retos que existe en la actualidad, y que ha sido tema de debate recientemente, es lograr una educación de calidad en México tal que consiga acercar lo que se enseña en las escuelas con las habilidades que el mundo de hoy demanda, con el fin de alcanzar una sana convivencia y el aprendizaje a lo largo de la vida (Programa Sectorial de Educación [PSE], 2013-2018).

Sin embargo, el solo hecho de hablar de educación y de los objetivos que persigue implica emprender una amplia reflexión ya que, dependiendo del autor o de la sociedad, este concepto puede ser definido abarcando objetivos un tanto distintos. Por ejemplo, para Durkheim la educación es un entrenamiento para la vida adulta en una sociedad determinada por ciertas normas, valores, instituciones y sistemas económicos. Por lo tanto, lo que se transmite a través de la educación es la cultura de una sociedad específica, implicando una socialización metódica de los jóvenes (Durkheim, 2000).

Por su parte, Dewey (1978) considera que la educación es más bien un proceso de reconstrucción y reorganización de la experiencia, donde el docente debe proporcionar a los jóvenes el ambiente y los estímulos que le permitan favorecer de la mejor manera su desarrollo físico e intelectual.

Aunque la diferencia entre ambos conceptos radica principalmente en el tipo de proceso que predomina, sea de socialización o individualista, es posible distinguir a grandes rasgos que la educación es un proceso que tiene como objetivo formar personas, inculcando conocimientos, actitudes y valores, que considere las normas y costumbres que rige la sociedad del individuo.

Por lo tanto, es posible afirmar que para lograr una educación de calidad en México es necesario un enfoque de la enseñanza que en todo momento tenga presente la formación integral del individuo. En este sentido, el papel que desempeñan los maestros es muy importante, ya que esta figura es la que debe generar espacios transdisciplinarios que permitan la integración de conocimientos y habilidades, de manera que sean evidentes sus aplicaciones en la vida diaria y el trabajo (Reforma Integral de la Educación Media Superior en México [RIEMS], 2008).

Desafortunadamente, a lo largo de la historia de la educación en México, a pesar de que en los planes y programas se ha procurado lograr esta educación integral, no siempre se le da la misma importancia a todas las asignaturas que integran los planes de estudio. Así, es posible observar con frecuencia que los docentes otorgan una mayor atención a asignaturas como español y matemáticas, asignando breves tiempos a otras áreas, como las de ciencias naturales, considerándolas como complementarias, no esenciales y sobre todo no útil para la vida cotidiana (Flores, 2012).

En consecuencia, los estudiantes de nuestro país desde un inicio se encuentran alejados de la ciencia y la tecnología, de tal forma que hasta el momento no ha sido posible promover una cultura compatible con estas áreas, lo que ha conducido a acentuar una especie de analfabetismo social en esta materia. La importancia de lograr un alfabetismo científico en la población radica en que, con ello se le posibilita al ciudadano para que logre identificar aspectos científicos que fundamenten sus decisiones y pueda expresar opiniones al respecto, sustentándose tanto científica como tecnológicamente (Cerejido, 2002 y Flores 2012).

Para contrarrestar este problema, cabe preguntarse si este analfabetismo científico también puede ser producto de que a los estudiantes no les interesan los temas relacionados con la ciencia y la tecnología; o quizá se deba a que los alumnos no logran una verdadera comprensión de los temas, por lo que prefieren no acceder a ellos. Otra posible respuesta puede ser que la manera en que se ofertan los temas y programas resulta poco motivante (Cerejido, 2002 y Flores 2012).

Cualquiera que sea el caso, es necesario coordinar varios esfuerzos en todos los niveles educativos para mejorar esta situación. Desafortunadamente muchos docentes, en el caso del nivel básico, no tienen una profesión de base científica, lo cual conduce a que la visión de la ciencia y su enseñanza se termine basando en el dictado y la memoria. Como consecuencia, en la mayoría de las ocasiones que se intenta impulsar la educación científica, estas acciones se quedan sólo en cambios curriculares (Flores, 2012).

En el caso de la Educación Media Superior, el problema que se enfrenta es que la mayoría de los profesores de ciencias carecen de una formación docente, motivo por el cual terminan planeando sus clases en términos de “materia o temas a explicar”. Por lo tanto, una de las dificultades para enseñar ciencia, tal como sucede en biología, es que los docentes se centran sólo en el componente declarativo del contenido, y descuidan la enseñanza del componente procedimental y actitudinal (Carretero, 2002).

Desde esta perspectiva, una de las acciones necesarias para acercar a la población a la ciencia debe estar encaminada a lograr, en primer lugar, un cambio en la percepción de la mayoría de los docentes sobre esa visión de la enseñanza y aprendizaje de la ciencia.

En este sentido, los docentes deben formarse profesionalmente para diseñar planeaciones y estrategias que garanticen cambios en el estilo de pensamiento de los alumnos, a partir de la adquisición de conceptos y del uso y dominio de procedimientos propios de la ciencia (Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación [INEE], 2007 y RIEMS, 2008). Por lo tanto es indispensable que, antes de abordar un tema específico, el profesor lleve a cabo un proceso de reflexión con el fin de organizar la secuencia de actividades didácticas.

Sin embargo, esta tarea no es nada sencilla ya que implica contemplar diferentes aspectos tales como: el modelo educativo de la institución, los objetivos de aprendizaje que se pretenden lograr, las características de los estudiantes, los conocimientos previos del tema, la metodología de trabajo, los tiempos disponibles para desarrollar las actividades, las características, métodos y criterios de evaluación, y los recursos y medios didácticos entre otros (Arends, 2007).

En este contexto, y tomando en consideración el proceso reflexivo antes mencionado, el objetivo de este trabajo es revisar y analizar algunos recursos útiles para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia, incluyendo algunos de los que se utilizan en la divulgación científica. El motivo de incluir recursos que se utilizan en la educación no formal se debe a que, al ser la divulgación científica una actividad agradable, estimulante y satisfactoria para el público, consigue que las personas se diviertan y, por lo tanto, es más probable que estén interesadas en participar en futuros procesos relacionados con la ciencia (García, 2009).

En cuanto a los medios que se utilizan para divulgar la ciencia, existe una diversidad de formas, entre las que figuran publicaciones, conferencias, representaciones, televisión, radio, prensa, internet, etc. Por supuesto, cada forma de divulgar la ciencia, independientemente de la capacidad de quien la realice, implica ventajas y desventajas inherentes a sus características; sin embargo, en cualquier caso una de las características prioritarias de la divulgación siempre será atraer al público (García, 2009).

Respecto a los medios impresos, los libros han sido desde siempre un vehículo de texto atractivo para divulgar muchos temas de ciencia y, es común que, los divulgadores que optan por este medio de comunicación elijan escribir en forma de narrativa (Sánchez, 2010). En el caso de los cuentos, la ventaja que ofrecen es que presentan características que los hacen comprensibles y placenteros.

En cuanto a la educación formal, a la fecha, la cantidad de autores que recomiendan utilizar textos narrativos para la educación científica, cada vez es mayor (Aguirre de Ramírez, 2012; Barcelo, 1998; Negrete, 2014; y Pérez, Pérez y Sánchez, 2013). Se ha señalado, por ejemplo, que el empleo de los textos narrativos en las aulas permite fomentar una enorme variedad de habilidades cognitivas tales como la expresión escrita, la comprensión, favorece la comunicación, incrementa el desarrollo de las habilidades cognitivo-lingüísticas, expande el conocimiento de vocabulario, estimula la imaginación, y desarrolla el interés por la lectura y la escritura en general, y de narraciones en particular (Aguirre de Ramírez, 2012).

Por lo tanto, de acuerdo con todo lo anterior, se diseñó, aplicó y evaluó una propuesta didáctica, en la que se articularon distintas actividades de enseñanza y aprendizaje, con el objetivo de promover el aprendizaje del tema de reproducción. Dentro de los recursos

revisados, se optó por incluir las representaciones narrativas, gracias a la cualidad que tienen de atraer la atención de las personas.

Por otra parte, se ha visto que ciertas habilidades no sólo se aprenden en el contexto educativo formal, sino que se desarrollan mediante la interacción con los compañeros. Por ello, se incluyeron actividades didácticas en las que los alumnos trabajaron de forma cooperativa ya que, es muy posible que con la práctica de estas actividades grupales, se pueda incidir de forma positiva en los jóvenes para que adquieran las habilidades mentales y sociales necesarias para mejorar sus relaciones en su vida futura social (Linares, sf).

El trabajo realizado, de acuerdo con el contexto anterior, se exhibe a continuación e incluye ocho secciones básicas.

En la primera se presenta un preámbulo de la situación educativa en México y el problema del analfabetismo científico que prevalece en la población. El propósito de esta sección es justificar la necesidad de generar propuestas que contrarresten dicha problemática. Por lo tanto, en la segunda sección se ofrece un listado de los objetivos que se pretenden alcanzar a partir de la aplicación de la secuencia didáctica.

Debido a que es importante contextualizar el trabajo de investigación, en la sección tres se ofrece un marco teórico que da cuenta de la necesidad e importancia de la enseñanza de la ciencia, sus antecedentes en México y el enfoque con el que se debe tratar los contenidos científicos en la Educación Media Superior. Más adelante se aborda la problemática que existe en torno a la enseñanza del tema elegido (reproducción), incluyendo los principales problemas conceptuales y de aprendizaje que se han detectado en los estudiantes. Dado que la plena comprensión del contenido depende de temas antecedentes, también se indica la ubicación del tema dentro del programa de estudios.

Por otra parte, en la misma sección se incluye un marco pedagógico, ya que es importante comprender y fundamentar la articulación de las actividades didácticas. En esta sección se describe la corriente pedagógica constructivista, haciendo especial énfasis en la Teoría Sociocultural de Vygotsky y en el valor de la narrativa para la enseñanza. Debido a la importancia que tiene el proceso evaluativo dentro de la práctica docente, en este mismo apartado se proporciona información relevante de los recursos empleados para dicho fin.

El apartado cuatro corresponde con la metodología realizada en este trabajo, por lo que se incluye tanto la estructura conceptual como la metodológica. Se detallan los instrumentos de evaluación utilizados, la importancia de aplicar un cuestionario de opinión y el tipo de análisis estadístico realizado.

En la sección cinco se muestran los resultados obtenidos, no solo los de la aplicación de la secuencia didáctica, sino también los del trabajo piloto, ya que fueron de gran valor para rediseñar la secuencia. A la par del análisis, se integra una discusión de los resultados para concluir acerca del logro de los objetivos planteados. Debido a que las limitaciones del trabajo influyen en la interpretación de los resultados, en esta sección se detallan las principales limitantes y algunas propuestas.

Finalmente, en la sección seis se exponen las principales conclusiones, las cuales son congruentes tanto con los objetivos del presente trabajo, como con los objetivos de aprendizaje solicitados en el programa de estudio.

Las referencias bibliográficas y electrónicas, que permitieron contextualizar, fundamentar y argumentar el trabajo realizado, se agrupan en la sección siete. La última sección contiene los Anexos, e incluye tanto los recursos utilizados en cada sesión, como una muestra de las evidencias de aprendizaje de los estudiantes.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Actualmente en México se plantea un conjunto de metas educativas, cuyo propósito principal radica en promover políticas que permitan alcanzar una educación de calidad para todos sus ciudadanos. En el 2013 se publicó el Plan Nacional de Desarrollo, en el cual se articulan seis objetivos principales con el objetivo de alcanzar dichas metas. Dado que el conocimiento científico resulta un elemento indispensable para transformar a México en una sociedad del conocimiento, uno de esos objetivos tiene que ver con impulsar la educación científica y tecnológica (PSE, 2013-2018).

Acorde con lo anterior, en los programas de educación básica de México se indica que el conocimiento de aspectos teóricos, metodológicos y de investigación de las Ciencias Naturales, debe capacitar a los estudiantes para comprender la realidad natural y poder intervenir en ella. (INEE, 2007).

Desafortunadamente, ciertas pruebas de evaluación como PISA (por las iniciales en inglés de su nombre *Programme for International Student Assessment*), realizadas a adolescentes mexicanos, muestran que a pesar de que han cursado durante varios años materias científicas, estos estudiantes obtienen resultados pobres en el desempeño de las mismas (INEE, 2007). Lo anterior conduce a cuestionarse si las prácticas docentes presentes en las escuelas mexicanas, pueden ser algunas de las causas que expliquen una parte significativa de estos resultados.

Se ha encontrado, en el caso de la Educación Media Superior, que una de las principales debilidades es que varios profesores carecen de una formación docente. Por ejemplo, Tirado y López (1994) han señalado que, en los planes y programas para la enseñanza de la licenciatura de Biología se sigue básicamente un modelo de corte enciclopedista, en donde los contenidos se presentan atomizados y aislados de una estructura conceptual general que los articule como parte de un todo coherente y congruente. En consecuencia, los estudiantes de biología, y quizá futuros docentes, a pesar de que toman cursos breves de pedagogía terminan por impartir sus clases basándose en el método tradicional de enseñanza del que han sido objeto durante la mayor parte de su vida escolar.

Bajo estas condiciones, la enseñanza tiende a considerarse como un proceso que promueve la transmisión de los conocimientos existentes en la mente del profesor a la de los alumnos. Cabe mencionar que, además del tipo de clase expositiva de este método tradicional de enseñanza, destaca la intención de pretender abarcar la mayor parte del programa (Frota, 1980).

Sin embargo, la educación es un proceso complejo en el que intervienen una gran cantidad de elementos, por lo que es importante que se concientice a los profesores sobre la importancia del diseño de estrategias de enseñanza adecuadas para su práctica docente. Cabe mencionar que una estrategia de enseñanza se puede concebir como el procedimiento que utiliza el

profesor para promover el aprendizaje en los estudiantes, e implica actividades conscientes y orientadas a un fin (Parra, 2003). Por lo tanto, la elección adecuada de los recursos y actividades didácticas resulta indispensable, ya que con ellas será posible fomentar que los estudiantes alcancen los objetivos de aprendizajes señalados en los programas educativos.

Con una visión de la enseñanza congruente con lo anterior, la finalidad de este trabajo es diseñar una secuencia didáctica para abordar el tema de reproducción, que incluya una articulación coherente de las actividades y recursos didácticos, con el propósito de incidir en la formación científica de los estudiantes. Por lo tanto, el objetivo es que, con la aplicación de la secuencia diseñada para este tema, los alumnos de bachillerato adquieran los conocimientos básicos de esta función biológica, que comprendan su importancia en los sistemas vivos, y que argumenten las aplicaciones de los mecanismos de reproducción en diferentes aspectos de la vida diaria (como ecología, alimentación, hogar, sanidad, etc).

Cabe aclarar que, en relación al aprendizaje, no solamente deben contemplarse actividades didácticas que atiendan exclusivamente el plano cognitivo, sino que también contemplen factores motivacionales. Lo anterior se debe a que, se ha visto que cuando se promueve un aumento en la motivación de los alumnos, ello repercute en un incremento del rendimiento escolar (García y Domenech, 2002). Debido a ello, en esta propuesta se decidió incluir uno de los recursos atractivos que se emplean en la divulgación científica, los textos narrativos.

Por otro lado, y debido a que el aprendizaje aunque es un fenómeno individual se da en un marco social de relaciones y de ayuda, se decidió diseñar algunas actividades didácticas en las que los estudiantes pudieran trabajar de forma cooperativa (Ferreiro y Espino, 2009).

Debido a que la planeación se llevó a cabo en el CCH, y que es indispensable contribuir con el perfil de egreso del Modelo Educativo de ese bachillerato, esta propuesta se fundamentó en un modelo pedagógico constructivista.

2. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar una secuencia didáctica que incorpore el aprendizaje cooperativo y el empleo de formas narrativas, para fomentar el aprendizaje del tema de Reproducción en los alumnos de bachillerato.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Diseñar, aplicar y evaluar una secuencia didáctica que, en función de los propósitos generales del tema de reproducción, fomente el aprendizaje del tema.
- Propiciar actividades cooperativas, durante la realización de actividades académicas, para facilitar el aprendizaje en los estudiantes
- Indagar si la utilización de textos de divulgación científica favorece el interés por el conocimiento científico.
- Proponer instrumentos, apoyados de representaciones narrativas, que permitan evaluar la comprensión y expresión escrita del tema de reproducción.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 CONTEXTO INSTITUCIONAL

3.1.1 La Educación Científica en México

Actualmente la tecnología y el avance científico han logrado permear en varios ámbitos de nuestra vida, a tal grado, que se ha vuelto indispensable que los ciudadanos contemos con una cultura mínima en ciencias para poder desenvolvernos positivamente. Desafortunadamente, México es un país todavía alejado de la ciencia y la tecnología, en el que no se ha logrado promover una cultura compatible con estas áreas (Cerejido, 2002 y Flores 2012).

Se ha propuesto que las causas que originan este alejamiento son diversas, pero una de las más importantes la encontramos sin duda en la educación básica (Flores, 2012). Por ejemplo, se ha observado que a lo largo de la historia de la educación básica en México, con frecuencia los docentes han puesto mayor atención a español y matemáticas, tomando como supuesto que son los garantes del desarrollo de personas con habilidades para la vida y el aprendizaje futuro (Flores, 2012).

En el caso del nivel básico de secundaria, a pesar de que existen materias y profesores específicos de ciencias, la situación sigue siendo muy parecida. En nuestro país una de las evaluaciones que dan una aproximación del rendimiento escolar de los estudiantes con 15 años de edad es la prueba PISA. El objetivo principal de esta prueba consiste en evaluar en qué medida los estudiantes han adquirido conocimientos y habilidades esenciales para participar plenamente en la sociedad, y hasta qué punto son capaces de extrapolar lo aprendido para aplicarlo a situaciones novedosas, tanto en el ámbito escolar como extraescolar. La importancia de esta prueba es que en el año 2006, el área más importante de evaluación fue Ciencias. Desafortunadamente, los resultados obtenidos a partir de la aplicación de esta prueba mostraron que existe un alto porcentaje de estudiantes que obtuvieron un bajo desempeño en ella (INEE, 2007).

Respecto al nivel medio superior, Tirado y Márquez (2009) aplicaron una encuesta a jóvenes con edades entre los 14 y los 18 años con el fin de evaluar además de conocimientos, valores, actitudes, intereses, opiniones, formas de proveerse de información científica y acciones habituales asociadas con la ciencia y la tecnología. Los resultados de este estudio mostraron que las actividades científicas en los estudiantes están alejadas de sus intereses principales, de tal manera que esto podría explicar en parte la causa del analfabetismo científico.

En cuanto al nivel educativo superior, otra investigación realizada por Tirado y López (1994) indicó que este problema continua conforme los estudiantes avanzan en sus estudios. En un diagnóstico que se hizo a estudiantes, los cuales eligieron la carrera de biología como profesión, se pudo observar que existe una serie de deficiencias importantes en su formación básica

dentro de esta disciplina. En este sentido, es preocupante lo que podríamos obtener si se aplicaran cuestionarios similares a estudiantes universitarios que eligen carreras, de otras áreas no científicas, como profesión.

Finalmente, Cereijido (2002) señala que México ha logrado forjar una comunidad de investigadores, pero no ha logrado promover un cambio de “*cultura de la ciencia*” a la “*cultura de la investigación*”. Es decir, que desafortunadamente, un investigador se ha acostumbrado a sólo dar cuenta de sus procedimientos y sus resultados específicos sin comprometerse con el desarrollo y la visión de la ciencia en nuestro país.

Por lo tanto, estos resultados en conjunto permiten apoyar que a la fecha no ha sido posible conseguir una adecuada enseñanza de las ciencias. La consecuencia es que cuando falta conocimiento científico y tecnológico en la población, los ciudadanos no tienen los recursos para entender, afrontar y tomar decisiones razonadas en cuanto surgen problemas relacionados con estos ámbitos. El problema, entonces, no consiste en que se obtengan resultados pobres en los alumnos, sino en no poder encontrar las causas y procedimientos que permitan resolver, o al menos atenuar, esta deficiencia (Cereijido, 2002 y Flores 2012).

3.1.2 Importancia de la Educación Científica

Como se ha señalado, la necesidad de la enseñanza de la ciencia se debe a que contribuye con la educación integral de las personas. En este sentido, el objetivo de que los estudiantes conozcan los hechos y principios científicos consiste en que logren adquirir un conjunto de conocimientos y destrezas, que en conjunto les posibilite actuar convenientemente en situaciones concretas de la vida (Modelo Educativo del CCH).

De acuerdo con Pozo y Gómez (2006), los fines más importantes que en general persigue la educación científica pueden ser los siguientes:

- ✓ Aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos
- ✓ Desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico
- ✓ Desarrollo de destrezas experimentales y de resolución de problemas
- ✓ Desarrollo de actitudes y valores
- ✓ Construcción de una imagen de la ciencia.

De acuerdo con estos autores, si traducimos estas metas en contenidos concretos de la enseñanza de la ciencia, obtenemos los tres tipos de contenidos que se corresponden con los tipos de dificultades en el aprendizaje:

1. Verbales o Conceptuales
2. Procedimentales
3. Actitudinales

La importancia de señalar esta correspondencia radica en que los docentes generalmente dan mucho peso al contenido conceptual, dejando de lado otros contenidos, lo cual imposibilita generar una adecuada educación científica.

En este contexto, según Pozo, el desarrollo de destrezas cognitivas, razonamiento científico, destrezas experimentales, y resolución de problemas, implica que los contenidos procedimentales ocupen un lugar relevante en la ciencia. En este contexto, la enseñanza de la ciencia tiene por objeto no sólo transmitir saberes científicos, sino también hacerles partícipes, en lo posible de los propios procesos de construcción y apropiación del conocimiento científico.

En cuanto al “desarrollo de actitudes y valores” exige que los contenidos actitudinales se reconozcan explícitamente como una parte constitutiva de la enseñanza de las ciencias que debe promover además de actitudes, también normas que regulen esta conducta, y sobre todo valores que permitan sustentar e interiorizar en los alumnos esas formas de comportarse y de acercarse al conocimiento. Respecto al objetivo de promover una “imagen de la ciencia”, de cierta forma es transversal a todas las anteriores y debe desarrollarse a través de los tres contenidos mencionados, ayudando a los alumnos no sólo a identificar los rasgos del conocimiento científico, sino sobre todo a diferenciarlo y a valorarlo en comparación con otros tipos de discurso y conocimiento social (Pozo y Gómez, 2006).

Particularmente en biología, es evidente que, problemas como la sobrepoblación, la destrucción del ambiente, y otros males en las ciudades, no pueden ser solucionados sólo con avances tecnológicos, ni con literatura o historia, sino en última instancia con medidas que están basadas en una comprensión de la raíz biológica de esos problemas. De aquí que sea importante que logren comprender cuál es nuestra posición en el mundo vivo y nuestra responsabilidad con el resto de la naturaleza (Frota, 1980).

De manera adicional, es posible señalar que la enseñanza de Biología también puede promover en los estudiantes una satisfacción intelectual y una contribución hacia su filosofía de la vida al ayudarlo a comprender los fenómenos naturales, aun cuando a veces no le vean aplicaciones prácticas inmediatas.

Sabemos que actualmente la cantidad de información científica que se ha acumulado es inmensa, por ello cabría preguntarse cuál sería la información mínima que un estudiante de nivel medio básico debería tener. Por supuesto no es razonable, o ni siquiera adecuado, pretender que el alumno comprenda de manera profunda e integral todo lo que aprende. Por lo tanto es necesario delimitar qué contenido es indispensable que el alumno comprenda, y

qué grado de comprensión queremos que posean, en vez de promover una mera acumulación de datos (Carretero 2002, Pozo y Gómez 2006).

Respecto al campo biológico, Mayr (1997) considera que cada persona instruida debería tener al menos un conocimiento básico de conceptos biológicos en cuanto a evolución, biodiversidad, competencia, extinción, adaptación, selección natural, reproducción y desarrollo. Tirado y López (1994) sugieren que para los niveles de educación básica y media superior (pero en este nivel, con mayor profundidad) se presente la evolución de los ecosistemas desde sus formas más primitivas hasta el momento presente, reconociendo al propio estudiante como un sujeto que es producto y parte de ese devenir evolutivo.

La diferencia de esta propuesta curricular con otras radica en que los contenidos no se ofrecen simplemente como conocimientos para ser aprendidos, sino para ser comprendidos. De manera global, estos autores consideran importante revisar la forma en que los hombres se han ido relacionado con los recursos biológicos, desde su uso como alimento, medicina, abrigo, combustible u ornato; tanto en distintos momentos como en diferentes culturas (etnobiología), hasta llevar a los estudiantes a comprender los desarrollos tecnológicos más avanzados (Frota, 1980).

En síntesis, lo que se pretende es resaltar la importancia de enseñar al alumno las nociones más elementales de biología que le permitan tener una idea muy general sobre los conocimientos en el campo. Por lo tanto, uno de los principales retos es lograr unificar los conceptos biológicos, que en primera instancia son abstractos, e involucrarlos con circunstancias de la vida cotidiana (Frota, 1980).

En este sentido, proporcionarles a los estudiantes un tipo de educación científica no significa saturarlos de mucha información, sino más bien de brindarles las herramientas para que puedan organizarla, interpretarla y darle sentido. Pero ante todo fomentarles el desarrollo de capacidades para buscar, seleccionar e interpretar la inmensa información de la que están rodeados (Pozo y Gómez, 2006).

3.1.3 La Divulgación Científica

Debido a la problemática observada en los estudiantes y, en general, con lo que se puede esperar en el resto de la población de México, la divulgación científica se convirtió en una alternativa de comunicación de la ciencia. La importancia que fue alcanzando, particularmente en las últimas cuatro décadas, permitió que lograra consolidarse como una actividad profesional. Así, las principales publicaciones periódicas de divulgación que surgieron fueron las revistas Ciencia y Desarrollo, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), y

Ciencias de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Por su parte, la Secretaría de Educación Pública (SEP) produjo La Ciencia Desde México, una colección importante de libros que incluye más de 100 títulos, todos ellos escritos especialmente por científicos mexicanos (Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica A.C. [SOMEDICyT], 2013).

En 1980 se fundó un programa conjunto entre la SEP y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), denominado Programa Experimental de Comunicación de la Ciencia (PECC), que se transformaría después de un tiempo en la Dirección General de Divulgación de la Ciencia (Sánchez, 2010). Posteriormente, gracias a la inquietud de poco más de veinte divulgadores, en 1986 se fundó la Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica (SOMEDICyT); y, a la fecha, no solo se cuenta con una mayor apertura de espacios sino también con la colaboración de más medios masivos para la divulgación de la ciencia (SOMEDICyT, 2013).

Sin embargo, cabe mencionar que en este transcurso histórico la Divulgación Científica ha tomado diferente significado, dependiendo de los atributos que más se resalten de esta actividad. Por ejemplo, para algunos autores divulgar la ciencia significa dar a conocer a un público no especializado, informaciones científicas y tecnológicas en un lenguaje adecuado a sus intereses y conocimientos. En este caso el objetivo que se persigue con esta actividad no es que el público domine el tema como lo hacen los especialistas, sino que adquieran una idea general del tema sin que se corra el riesgo de deformar el conocimiento científico (Tonda, Sánchez y Chávez, 2002).

Sánchez (2010), por su parte, propone la siguiente definición para la divulgación científica: *“La divulgación de la ciencia es una labor multidisciplinaria cuyo objetivo es comunicar, utilizando una diversidad de medios, el conocimiento científico a distintos públicos voluntarios, recreando ese conocimiento con fidelidad y contextualizándolo para hacerlo accesible”* (p 24). La importancia de este concepto reside en que la idea final de contextualizar refiere dos operaciones, por un lado es necesario extraer la información de su contexto original (científico) y, por otro lado, insertarla en uno nuevo. En este sentido, el interés de la divulgación se centra en la solución de problemas a través de dos destrezas específicas: capacidad crítica y creatividad. Así, García (2009) propone que con el desarrollo de estas dos habilidades se facilita el camino para el aprendizaje de la ciencia y, además, se prepara al individuo para enfrentar y resolver problemas a lo largo de toda su vida, lo cual es compatible con la educación científica escolar.

Por lo tanto cabe destacar que, además de su labor educativa, la divulgación desempeña tres tareas fundamentales (García, 2009):

a) Recrear el conocimiento al momento de fomentar que las personas se conozcan a sí mismos y entiendan los fenómenos que ocurren en su entorno. En este sentido, se le asigna un rol protagónico al público.

b) Mejorar actitudes puesto que, a partir de la diversión y la pertinencia de la información proporcionada, la divulgación busca conseguir que los participantes cambien la apatía y la hostilidad por el entusiasmo y la disposición respecto a las actividades científicas.

c) Desarrollar habilidades. Con frecuencia la educación formal nos limita a recibir información sin cuestionarla, conformándonos con memorizarla de manera monótona, procesos que finalmente inhiben el desarrollo de destrezas.

Sin embargo, una de las características prioritarias de la divulgación es que necesita ser agradable, estimulante y satisfactoria para el público, ya que si se logra que las personas se diviertan, será más fácil que se mantengan interesadas en participar en futuros procesos relacionados con la ciencia (García, 2009). Por lo tanto, la divulgación se debe valer de todos los medios que le sea posible para lograr ser atractiva. En este contexto ha utilizado casi todos abarcando publicaciones, conferencias, representaciones, televisión, radio, prensa, Internet, etc. Por su puesto, en cada uno de ellos, independientemente de la capacidad de quien lo realice, existen ventajas y desventajas inherentes a sus características, motivo por el cual cada uno de ellos se debe analizar para sacarles el máximo provecho.

En el caso de los medios impresos, los libros han sido desde siempre un vehículo de texto atractivo para poder dar a conocer muchos temas de ciencia. Además se ha visto que, muchos de los divulgadores actuales que eligen este formato, escriben en forma de narrativa gracias a que este estilo literario ha sido un recurso para despertar y sostener el interés de sus lectores inexpertos (Sánchez, 2010). Gracias a estas características, recientemente algunos autores han recomendado el uso de cuentos no solo para actividades de divulgación, sino también para actividades de enseñanza en la educación formal (Negrete A, 2008 y Negrete A, 2014).

Debido a lo anterior, en este trabajo se consideró valioso articular actividades didácticas en las que se emplearan textos narrativos, y evaluar su impacto en el interés de los estudiantes por temas científicos.

Es importante señalar que un desafío para el presente trabajo radica en los bajos índices de lectura en la población, por lo que un reto fundamental consiste en llevar a cabo un doble trabajo: fomentar en los estudiantes hábitos de lectura y lograr que la misma esté relacionada con la ciencia (Guerrero, 2002).

3.1.4 Educación Media Superior en México

Durante el transcurso histórico de México, la naturaleza de los retos educativos se ha ido transformando. Recientemente, se aprobó el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2013-2018, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo del 2013. En este plan se establecieron distintas metas, dentro de las cuales la educación de calidad figura como una de las más importantes (PSE, 2013-2018). Sin embargo, antes de abordar los objetivos y líneas de acción del Sistema Educativo Mexicano, es importante definir qué se entiende como Educación,

Debido a que existe un sinnúmero de autores que han propuesto sus propias definiciones, sólo se señalarán algunos de los más conocidos en el ámbito educativo.

Desde un punto de vista social, Durkheim señala que en cualquier sistema educativo siempre existe una generación de adultos y una de jóvenes, con una acción ejercida por los primeros sobre los segundos. En este contexto, el autor considera que:

La educación es la acción ejercida por las generaciones adultas sobre aquellas que no han alcanzado todavía el grado de madurez necesario para la vida social. Tiene por objeto el suscitar y desarrollar en el niño un cierto número de estados físicos, intelectuales y morales que exigen de él tanto la sociedad política en su conjunto, como el medio ambiente específico al que está especialmente destinado (Durkheim, 2000. P 53).

La característica principal de esta definición es que implica una función de carácter social, en la que se promueve el cambio de un ser egoísta y asocial a otro capaz de llevar una vida moral y social.

Dewey (1978), en cambio, considera que la educación es un proceso de reconstrucción y reorganización de la experiencia, donde el docente debe proporcionar a los jóvenes el ambiente (escuela) y los estímulos (acción didáctica) que le permitan favorecer de la mejor manera su desarrollo físico e intelectual. La dirección de este desarrollo es lo que conduciría a la plena realización de sus potencialidades personales, y a su participación efectiva en la sociedad democrática. La relevancia de esta idea es que Dewey da un valor importante al individuo, de aquí que el principio de formar al ciudadano y no al “hombre” fue el detonante para producir un cambio en la teoría individualista.

Desde luego, podemos encontrar más variantes sobre el concepto de educación. Sin embargo, no podemos dejar de lado que una de sus funciones es esencialmente social, y que podemos encontrar fines compartidos entre las distintas sociedades. Entre estos fines figurarían el promover el respeto hacia la razón, la ciencia, las ideas y los sentimientos. De cualquier manera, es el Estado el que tendría la responsabilidad de evidenciar estos principios y el de hacerlos enseñar en sus escuelas (Durkheim, 2000).

En el caso de México, tal y como lo señala el PND, el enfoque hacia la educación requiere de promover políticas que acerquen lo que se enseña en las escuelas con las habilidades que el mundo demanda, con el fin de lograr en sus ciudadanos un desarrollo pleno e integral (PSE, 2013-2018).

De acuerdo con estos antecedentes y retos por lograr, en el 2008 se llevó a cabo una Reforma Integral de la Educación Media Superior en México (RIEMS) que contempló cuatro ejes. En particular, el tercer eje tiene que ver con los mecanismos de gestión de la Reforma necesarios para fortalecer el desempeño académico de los alumnos, y para mejorar la calidad de las instituciones, de manera que se alcancen ciertos estándares mínimos y se sigan procesos compartidos. Cabe mencionar que además estos mecanismos consideran la importancia de la formación docente (RIEMS, 2008).

Aunque cada opción de la Educación Media Superior (EMS) tiene sus propios objetivos, y los profesores deben tenerlos presentes para llevar a cabo su ejercicio docente, existen algunos elementos que son fundamentales y deben de ser observados a partir de esta Reforma. Dentro de ellos, destacan los siguientes (RIEMS, 2008):

- Énfasis en habilidades y conocimientos básicos o competencias. Reconoce que los estudiantes deben tener una base sólida que les permita la adquisición de conocimientos posteriores y tener un buen desempeño en el trabajo. Anteriormente, a menudo se enfatizaba la especialización de los estudiantes de EMS. Con las nuevas estructuras curriculares se busca atender los retos de la EMS en el tema de la calidad.
- Flexibilidad y enriquecimiento del currículo. Se observa una tendencia a eliminar secuencias rígidas, y crear espacios transdisciplinarios para la integración de conocimientos y habilidades tanto dentro como fuera de los programas académicos, de manera que sean evidentes sus aplicaciones en la vida diaria y el trabajo. El cambio estriba en una nueva concepción del currículo como algo más que un conjunto de cursos aislados sin relación con una realidad externa.
- Programas centrados en el aprendizaje. Esto implica cambios en las estructuras y objetivos de los cursos y programas, y en las prácticas docentes, las cuales deben desarrollarse en torno a los procesos individuales de adquisición de conocimientos y habilidades de los estudiantes. Estos cambios buscan elevar la calidad de la EMS mediante el fortalecimiento de la enseñanza y otras actividades dirigidas por los docentes, como las tutorías.

3.1.5 El Modelo Educativo de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades

De manera particular, en el 2006 el bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), como conjunto, retomó esfuerzos anteriores mediante un programa conducente a replantear los contenidos temáticos de las disciplinas, de manera que estén alineados con los avances más recientes en las distintas áreas del conocimiento, sean pertinentes, y puedan integrarse en experiencias de aprendizaje interdisciplinarias (RIEMS, 2008).

Sin embargo, cada una de sus opciones de bachillerato, a pesar de pertenecer a la misma Universidad, tiene su propia identidad y principios filosóficos, por lo que es necesario conocer el modelo educativo donde se lleve a cabo la función docente a fin de contribuir con el perfil de egreso de dicho bachillerato. Debido a que en este caso se diseñó y aplicó una secuencia didáctica en la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), a continuación se describirá de manera general este modelo educativo.

Una de las características principales del modelo educativo del CCH, es que se sustenta en un paradigma contrastante con una educación tradicional, memorística y enciclopédica, centrada en el profesor y con un alumno altamente dependiente. Por lo tanto, la perspectiva educativa adoptada en el Colegio ubica al alumno en el centro del acto educativo y lo concibe como una persona capaz de transformar su medio y a sí mismo, convirtiendo a la educación en un acto vivo y dinámico (Modelo Educativo del CCH).

En general, su modelo educativo es de cultura básica y propedéutico (ya que prepara al estudiante para ingresar a la licenciatura con los conocimientos necesarios para su vida profesional), además de estar orientado a la formación intelectual, ética y social de sus alumnos.

Dado que en la actualidad, el cúmulo de conocimientos es tan amplio que no es posible saturar a los alumnos de contenidos conceptuales, el CCH considera indispensable dotarlos de habilidades, actitudes y valores que les permitan tener acceso a la información científica para aprender con autonomía. Lo anterior significa que la enseñanza dirigida al estudiante en la institución, tendrá como fin fomentar actitudes y habilidades necesarias para que, por sí mismo, se apropie de conocimientos racionalmente fundados y asuma valores y opciones personales.

Ahora bien, sabemos que las formas de enseñanza han ido cambiando conforme se modifica la sociedad y sus requerimientos, por lo tanto, y acorde con nuestra época tecnológica, en el modelo también se consideran medios computacionales para que el alumno se apropie de ellos; sin embargo, se reconoce que la lectura de libros es imprescindible por lo que se sugiere que

no se dejen de lado. Por otra parte, en el CCH además de fomentar la habilidad de leer está la de producir textos. En este aspecto se alude a la necesidad de fomentar que el alumno construya con palabras propias lo comprendido de manera precisa y sencilla, así como la capacidad de dialogar sobre los temas, en oposición o concordancia con los textos leídos

En síntesis, se busca que el alumno aprenda a observar, experimentar, modificar, aplicar tecnologías; que sea capaz de elaborar productos y materiales útiles; hacer encuestas, discutir, llegar a acuerdos o disentir con respeto y tolerancia, entre otras habilidades más (Modelo Educativo del CCH).

Por otra parte es necesario que, además del modelo, se consideren los tres principios pedagógicos que consideró el Plan de Estudios del CCH con el fin de encauzar de manera correcta nuestra planeación didáctica (Programa de Estudio de Biología I a IV):

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

También es importante considerar el enfoque o perspectiva desde la que se recomienda tratar la materia de Biología, ya que ello nos permitirá estructurar los contenidos y distinguir cuál sería la metodología apropiada para fomentar que los alumnos se apropien de los conocimientos. En este sentido, el Programa de Estudio señala que el docente debe contemplar tanto el enfoque disciplinario como el didáctico que propone el CCH (Programa de Estudio de Biología I a IV).

En el caso del enfoque disciplinario, se propone como alternativa dar paso a una forma de conocimiento capaz de aprehender los objetos en sus contextos, sus complejidades y sus conjuntos; es decir, dar un tratamiento integral al estudio de esta ciencia, a fin de evitar la enseñanza de conocimientos fragmentados. Por tal motivo, en el aspecto disciplinario se propone el enfoque integral de la biología, con base en cuatro ejes complementarios para construir el conocimiento biológico que permean en las distintas unidades y temáticas de los programas: el pensamiento evolucionista, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología y las propiedades de los sistemas vivos (Programa de Estudio de Biología I a IV).

En cuanto al aspecto didáctico se propone que los alumnos vayan construyendo el conocimiento de manera gradual, donde las explicaciones, los procedimientos y los cambios conseguidos sean la base a partir de la cual se logrará el aprendizaje de nuevos conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores más complejos y profundos. En este contexto, el sujeto principal del proceso enseñanza-aprendizaje es el alumno, por lo que las estrategias deberán organizarse tomando en consideración su edad, intereses, rasgos socioculturales y antecedentes académicos.

Bajo estas circunstancias, el docente debe ser un mediador entre el alumno y los contenidos de enseñanza, sin perder de vista que el nivel de profundidad de los mismos se enfatiza en los aprendizajes que se establecen para cada unidad de los programas de estudio del CCH (Programa de Estudio de Biología I a IV).

Por lo tanto, específicamente los cursos de Biología I y Biología II, los cuales son de carácter obligatorio, se orientan a conformar la cultura básica del estudiante en este campo del saber, buscando contribuir con la formación de los alumnos mediante la adquisición de conocimientos y principios propios de la disciplina. Además, busca enfatizar las relaciones sociedad-ciencia-tecnología para que pueda desarrollar una ética de responsabilidad individual y social que contribuya a establecer una relación armónica entre la sociedad y el ambiente, propiciando una actitud de respeto hacia ella y una ética en cuanto a las aplicaciones del conocimiento biológico (Programa de Estudio de Biología I a IV).

Con base en lo anterior, el diseño de la secuencia propuesta se centró en los aprendizajes a alcanzar teniendo como guía:

- Identificar los conocimientos previos de los alumnos para relacionarlos con los que se van a aprender.
- Organizar y planificar actividades referidas a problemas que despierten el interés de los alumnos por lo que van a aprender y acordes con su etapa de desarrollo.
- Procurar el análisis de problemas de forma contextualizada y bajo distintas perspectivas.
- Promover la participación individual y colectiva, para que el alumno reformule y asimile la nueva información, comparta sus percepciones e intercambie información en la resolución de problemas.

De esta manera, las actividades que se utilizaron se organizaron tomando en cuenta los propósitos generales del curso, el propósito de la unidad, y el aprendizaje que se pretende en ésta.

3.1.6 Enseñanza del Tema de Reproducción y su ubicación en el Programa de Estudios del CCH

De los temas que se incluyen en el Programa de Estudios de Biología del CCH de la UNAM, se eligió el de reproducción para diseñar una secuencia didáctica. Esta función es esencial para los seres vivos ya que permite la supervivencia de la especie. El tema se ubica en la segunda unidad del programa de Biología I y se espera que, con la enseñanza de estos conocimientos, el alumno aplique habilidades, actitudes y valores que contribuyan a la comprensión de los procesos de reproducción (Programa de Estudio de Biología I a IV).

En el Programa de Estudios se contempla un total de 35 horas para cubrir los tres temas que abarca la segunda unidad (regulación, conservación y reproducción). Debido a que la secuencia didáctica se diseñó contemplando tanto los procesos de reproducción celular (mitosis y meiosis), como los aspectos generales de la reproducción asexual y sexual, la planeación abarcó una cantidad de 6 horas.

Es importante considerar que los alumnos deben tener consolidados aquellos conocimientos y conceptos antecedentes que les permitan abordar nuevos contenidos, por lo que es necesario indagar los conocimientos previos de los estudiantes. Al mismo tiempo, el saber cuáles son los temas posteriores es importante, ya que sirve para que los docentes verifiquen que los estudiantes adquieren los conocimientos mínimos necesarios para que puedan comprender el próximo contenido.

En este contexto, el tema elegido es el último de la Segunda Unidad, y como tema anterior se encuentra el ciclo celular. Posteriormente comienza la unidad 3, ¿Cómo se transmite y modifica la información genética en los seres vivos?, en la que se abarcan dos grandes temas: mecanismos de la herencia y la Ingeniería genética y sus aplicaciones. Aunque de manera inmediata no sigue el tema de crecimiento poblacional y especies en peligro de extinción, el conocimiento del tema de reproducción resulta valioso para poder profundizar en esos temas.

3.1.7 Problemas de enseñanza en el tema

La enseñanza del tema de Reproducción demanda un conjunto de objetivos de aprendizaje que no siempre logran alcanzar los estudiantes debido a diferentes motivos. Dentro de las principales causas figuran algunos problemas conceptuales en torno al tema, ideas previas erróneas, y algunas concepciones antropocentristas, lo cual todo ello a su vez se origina principalmente debido a una inadecuada enseñanza previa.

Por tratarse del tema de reproducción, y debido a que los estudiantes lo relacionan con el tema de sexualidad, existe una tendencia en ellos por equiparar la reproducción sexual con fecundación interna o con la cópula, lo que les lleva a pensar por ende que los vegetales no se reproducen sexualmente (Ministerio de Educación, 1996).

Es posible que esta tendencia se vea reforzada debido a que atribuyen el mismo significado a las palabras sexo, reproducción, fecundación y cópula. En este contexto, es común que los estudiantes confundan el concepto de fecundación con la unión de dos aparatos reproductores o individuos, siendo que más bien implica la unión de dos células sexuales. Esa misma confusión existe en cuanto a los términos de sexo y cópula.

Debido a lo anterior, los estudiantes entienden que la reproducción sexual es un proceso en el que se requiere la participación de dos individuos, cada uno con órganos reproductores distintos, y que además es requisito obligatorio algún tipo de contacto sexual. En este contexto, se ha visto que cuando los docentes dan a conocer de manera clara los mecanismos de reproducción (asexual y sexual), verificando la comprensión adecuada de los conceptos involucrados en el tema, logran que sus estudiantes identifiquen correctamente la reproducción sexual, y que argumenten porqué este tipo de reproducción puede ocurrir también en las plantas (Fuentes, 2006).

Otro problema adicional, no menos importante, es que no todos los docentes se aseguran de que los temas antecedentes sean plenamente asimilados por los estudiantes, de tal forma que se impide el aprendizaje del tema en cuestión. Ejemplo de temas antecedentes es el proceso de mitosis y meiosis, y previo a este tema, el ciclo celular.

En este contexto Fuentes (2006) realizó un trabajo de tesis en torno a las ideas previas y los problemas que dificultan el aprendizaje sobre los procesos de división celular. Dentro de las ideas previas más comunes que se detectan en los estudiantes cabe mencionar las siguientes: existe una confusión en los estudiantes debido a que los docentes no puntualizan que la mitosis no es el inicio del ciclo celular. En consecuencia, es común que no les quede claro a los alumnos que previamente existe una replicación de material genético, lo que provoca una confusión en torno al número cromosómico inicial y final. De acuerdo con lo anterior, es común que los estudiantes visualicen a los cromosomas como unidades no replicadas.

Por otra parte, cuando se pide a los estudiantes que reconozcan las diferencias entre mitosis y meiosis, si bien existe una idea vaga en torno a las diferencias, apenas logran mencionar que son procesos diferentes e inclusive indican que la meiosis es una repetición de la mitosis, sin dar cuenta del número cromosómico obtenido en cada tipo celular así como en el del cigoto. Además, es frecuente que tampoco logren ubicar localmente donde ocurren los procesos de mitosis y meiosis dentro de un organismo.

Por ende es frecuente que, durante el proceso de enseñanza, los docentes en vez de generar un aprendizaje del tema, donde aprecien los eventos cromosómicos y su importancia (en específico para la meiosis), promueven en los estudiantes una memorización de las fases de la división celular. En este sentido, se considera pertinente que en un principio se evite el uso de los nombres de las fases de la mitosis y meiosis, pues lo importante es que los estudiantes comprendan la secuencia de los eventos que se dan en la célula para la redistribución del material genético en las células resultantes.

En estas circunstancias es importante señalar que una de las acciones, necesarias para fomentar el aprendizaje de este contenido, consiste en que los docentes identifiquen las principales concepciones erróneas que persisten en los estudiantes, tanto del tema a enseñar como de los temas precedentes, y promuevan una reflexión sobre el lenguaje y el significado de las palabras, ya que muchas veces el problema recae en una malinterpretación de las mismas.

3.2 CONTEXTO PEDAGÓGICO

Una de las principales características del modelo educativo del CCH es su tendencia constructivista, en la que sobresale la insistencia de una enseñanza interdisciplinaria y un especial énfasis en el valor del aprendizaje, más que en la enseñanza, y en la formación más que en la información (Modelo Educativo del CCH).

Sin embargo, indicar lo que significa constructivismo, al igual que con el concepto de educación, no es una tarea sencilla dado que existe una diversidad de posturas al respecto (Marín, 2003). Debido a ello señalar que un determinado modelo es constructivista, sin ningún tipo de aclaración, es equivalente a decir muy poco o ser motivo de controversia. En virtud de lo anterior, es necesario hacer un preámbulo de los orígenes y del significado del proceso constructivista, y después particularizar en el fundamento teórico en que se fundamenta la planeación didáctica de este trabajo.

De acuerdo con una revisión realizada por Marín (2003), la incursión del término es relativamente reciente ya que su uso se generalizó en la década de los 80. Aunque existen varias posturas constructivistas, éstas en general parecen estar de acuerdo. Las diferencias comienzan a aparecer cuando se observan las explicaciones sobre: quién es el que construye, qué es lo que se construye y sobre cómo es que se construye. En este sentido, las diferencias entre los constructivismos emergen en el momento en que los autores ponen mayor énfasis en la dimensión del sujeto, mientras que otros lo hacen en los aspectos interindividuales (contexto sociocultural). En otros casos, las diferencias surgen en torno a los tipos de representaciones construidas o los mecanismos que se emplean para dar cuenta de la llamada actividad constructiva (Hernández, 2008 y Marín, 2003).

Se ha mencionado que el constructivismo se considera una rama del cognitivismo (ya que ambas teorías conciben el aprendizaje como una actividad mental), aunque es posible notar algunas diferencias. Por un lado, la mayoría de los psicólogos cognitivos consideran que la mente es una herramienta de referencia para el mundo real; mientras que los constructivistas creen que la mente filtra lo que nos llega del mundo para producir su propia y única realidad. Aunque estos últimos no niegan la existencia del mundo real, sostienen que lo que conocemos de él nace de la propia interpretación de nuestras experiencias (Ertmer y Newby, 1993).

En este sentido, los estudiantes no transfieren el conocimiento del mundo externo hacia su memoria; más bien construyen interpretaciones personales del mundo basadas en las experiencias e interacciones individuales. Por lo tanto, Ertmer y Newby sugieren que el conocimiento emerge en contextos que le son significativos. Debido a este argumento, para comprender el aprendizaje que ha tenido lugar en un individuo, debe examinarse la experiencia en su totalidad. En sí, la meta de la instrucción no es asegurar que el individuo conozca hechos particulares sino más bien que pueda elaborar e interpretar la información. Por lo tanto, la comprensión se desarrolla a través de la utilización continua y situacional más que una adquisición de definiciones categóricas que pueda evocarse desde la memoria.

Es importante recalcar que el constructivismo es una postura que no debe confundirse con el simple "activismo". Construir no es simplemente hacer (en el sentido de conducta observable); es decir, se puede realizar una importante actividad constructiva aunque en apariencia se esté haciendo poco en el plano de la actividad manifiesta (conductual), y también puede realizarse escasa construcción del conocimiento aun cuando se realicen demasiadas actividades abiertas o públicas (Hernández, 2008).

Aunque en la literatura existe una buena cantidad de términos para matizar al constructivismo, las teorías constructivistas surgen de las aportaciones de Piaget y sus teorías del aprendizaje, de la importancia de la interacción social en la educación que propone Vygotsky, y de la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (Carretero, 2002).

Desde un contexto histórico, el primero de los constructivismos en aparecer es el propuesto por Piaget y sus seguidores, denominado constructivismo psicogenético. Una de sus contribuciones más importantes es que desarrolló una propuesta teórica que puso el foco en cómo los mecanismos de equilibración endógenos pueden dar lugar a la génesis, desarrollo y consolidación de las estructuras cognitivas, que permiten explicar las distintas formas de comportamiento inteligente en el desarrollo ontogenético (Hernández, 2008). Sin embargo, este enfoque ha recibido críticas debido a que no le adjudican un importante papel causal a la cultura y la influencia social en dicha explicación (Díaz-Barriga F, 1998 y Hernández 2008).

En respuesta a ello el enfoque sociocultural, derivado de las ideas de Vigotsky, comenzó a cobrar mayor interés. Esta teoría se caracterizó por enfatizar la importancia del papel que desempeñan el lenguaje y las relaciones sociales, argumentando que las tradiciones culturales y las prácticas sociales son las que regulan, transforman y dan expresión al psiquismo humano (Díaz-Barriga F, 1998).

En este sentido, la propuesta vigotskiana procura articular una explicación del origen de los procesos psicológicos y de la conciencia utilizando la dimensión sociohistórica y cultural. De tal manera que, más que hablar de una construcción interna del sujeto, en este paradigma se reconoce que ocurre una auténtica construcción conjunta con los otros mediada culturalmente (Hernández, 2008). En el contexto educativo, lo anterior se concreta en el énfasis otorgado a la función mediadora del profesor, el trabajo cooperativo y la enseñanza recíproca entre pares (Díaz-Barriga F, 1998).

De acuerdo con esta postura pedagógica, vale la pena recordar que la educación es considerada una práctica social, en la cual existe inevitablemente una serie de interacciones necesarias entre distintos sujetos con el fin de lograr una adecuada formación de ciudadanos. Por lo tanto, para que esta interacción sea verdaderamente productiva, la comunicación y el lenguaje adquieren un gran papel. Con base en este argumento, y debido a que es el fundamento teórico en el que se basa la planeación didáctica de este trabajo, se señalarán las ideas principales que sustenta la teoría sociocultural.

3.2.1 Teoría sociocultural: Lev Vygotsky

Cabe destacar que uno de los aportes más significativos que establece Vygotsky es la relación entre el pensamiento y el lenguaje. Este autor propone que el desarrollo de ambos procesos tiene distintas raíces genéticas; es decir, es posible observar que en el desarrollo del habla del niño se puede establecer con certeza una etapa preintelectual y en su desarrollo intelectual una etapa prelingüística. Así, los dos procesos siguen líneas separadas independientemente uno del otro hasta que, en un momento determinado, estas líneas se encuentran y entonces el pensamiento se torna verbal y el lenguaje racional. Por lo tanto, el desarrollo evolutivo del niño es el producto no tanto de cambios en las dos funciones sino de cambios en las conexiones mutuas entre ellas (Vigotsky, 1995).

En consecuencia, y como resultado de la necesidad de transmitir de manera racional e intencional la experiencia y el pensamiento a los demás, es indispensable recurrir a un sistema mediador; en este caso, ese sistema es el lenguaje humano. En este contexto, la unidad del pensamiento verbal es el significado de la palabra (Vigotsky, 1995). Para este autor, el lenguaje surge en principio como una herramienta de comunicación entre el niño y las personas de su

entorno; el cual, al convertirse más tarde en lenguaje interno, ayudará a organizar el pensamiento del niño convirtiéndose en una función mental interna (Vigotsky, 1978). Partiendo de esa tesis, la teoría constructivista considera que las habilidades cognitivas están mediadas por las palabras, el lenguaje y las formas de discurso, que actúan como herramientas pedagógicas para facilitar y transformar la actividad mental (Santrock, 2003).

Otro de los señalamientos importantes de Vygotsky es que, todo aprendizaje en la escuela siempre tiene una historia previa; es decir, todo niño ya ha tenido experiencias antes de entrar a la escuela, por lo tanto aprendizaje y desarrollo están interrelacionados desde que nace el niño. En este sentido, refiere dos niveles evolutivos: el nivel evolutivo real y el nivel de desarrollo potencial. El primer nivel supone aquellas actividades que los niños pueden realizar por sí solos y que son indicativas de sus capacidades mentales. Sin embargo, si el niño no logra una solución del problema de manera independiente, sino que llega a ella con la ayuda de otros, entonces es posible que este sujeto alcance el otro nivel de desarrollo. Es importante puntualizar que este segundo nivel, conocido como desarrollo potencial, por medio del cual los niños pueden lograr hacer algo con ayuda de "otros", se considera más indicativo de su desarrollo mental que lo que pueden hacer por sí solos (Vigotsky, 1978).

Esta diferencia es la que denominó Zona de Desarrollo Próximo (ZDP), y se considera uno de los conceptos más importantes de la Teoría de Vigotsky. En términos sencillos, la ZDP se refiere a aquellas tareas que son demasiado difíciles para que un individuo las realice solo, pero que puede acabar realizándolas si cuenta con la guía y la ayuda de un adulto o de un compañero más capacitado (Vigotsky, 1978). Esto significa que el conocimiento está construido entre personas, y sugiere que el conocimiento se adquiere mejor a través de la interacción con otras personas. De esta forma el aprendizaje, aunque es un fenómeno individual, se da en un marco social de relaciones, interrelaciones y de ayuda, lo cual en conjunto hace posible un saber (conocimiento e información), un saber hacer (habilidades, destrezas y hábitos) y un ser (actitudes y valores) (Ferreiro y Espino, 2009). Por lo tanto, la teoría sociocultural considera que las habilidades cognitivas tienen su origen en las relaciones sociales, las cuales implican colaboración, y están inmersas en un trasfondo sociocultural.

Actualmente, hay una serie de conceptos contemporáneos que son compatibles con la teoría de Vygotsky entre los cuales se incluyen el concepto de andamiaje, la tutorización entre iguales, la enseñanza recíproca y el aprendizaje cooperativo (Santrock, 2003).

Respecto al concepto de aprendizaje cooperativo, Johnson, Johnson y Holubec (1995), han proporcionado varias aportaciones. Estos autores señalan que "*por cooperación se entiende trabajar juntos para lograr metas comunes*" (p. 26); de tal forma que, el aprendizaje cooperativo consiste en el uso didáctico de grupos pequeños que permite a los estudiantes trabajar juntos, para maximizar su propio aprendizaje y el de los demás. Para ello, en el entorno

de las actividades cooperativas se debe promover que los individuos busquen resultados que sean benéficos tanto para ellos como para todos los demás integrantes del grupo. También es importante que se fomente el reconocimiento de que todos los integrantes del grupo comparten un destino común, y admitan que el desempeño de uno es el resultado de esfuerzo individual y colectivo.

Por lo tanto, un verdadero trabajo colectivo implicaría que cada uno de los integrantes lograra un mejor rendimiento, por la vía de ayudar, compartir, explicar y alentarse unos a otros. Como consecuencia, el grupo es más que la suma de sus partes, y todos los alumnos tienen un mejor desempeño que si hubieran trabajado solos (Johnson *et al.* 1995).

Aunque se ha señalado que esta teoría pedagógica se puede adaptar a cualquier temática que se esté trabajando con los estudiantes, es indispensable que el docente tenga en claro qué es y qué no es un grupo cooperativo, pues una mala conducción puede provocar apatía o molestia interna en los grupos formados (grupos de pseudoaprendizaje). Por lo tanto, a la fecha se han generado se han generado diversas guías con el objetivo de enseñar distintas técnicas de aprendizaje cooperativo (Johnson *et al.* 1995; Ferreiro y Espino, 2009, y Servicio de Innovación Educativa, 2008).

En síntesis, existe una serie de aportaciones sustantivas del constructivismo a la educación. Por una parte resalta el énfasis puesto en las dimensiones interpersonal, comunicativa y social respecto al estudio de las prácticas educativas, lo que permite un marco explicativo fundamental para la comprensión del binomio enseñanza y aprendizaje. También destaca la propuesta de visualizar la situación educativa como una auténtica comunidad de aprendices en la que el conocimiento se distribuye no solo interpersonalmente (entre profesores y alumnos, y entre los alumnos), sino también espacial y temporalmente gracias a los distintos objetos culturalmente utilizados, tales como textos, uso de TIC, etc. Por último, es importante destacar el reconocimiento del papel que tiene el lenguaje (tanto oral como escrito), el cual deja de ser una mera representación, para convertirse en un medio que ayuda a construir significados y a desarrollar el pensamiento social (Hernández, 2008).

Respecto a esta última aseveración, es posible señalar de manera particular, que a pesar de que el lenguaje es una de las herramientas más valiosas que el ser humano ha sabido manipular para el beneficio de la especie, en la actualidad durante el ejercicio docente se pierde de vista la importancia de este elemento. En consecuencia, se tiende a usar tanto la lectura como la escritura casi exclusivamente para extraer datos, enfatizar el léxico y memorizar conceptos sin que se verifique la comprensión de los mismos (Aguirre de Ramírez, 2012). En este contexto, una propuesta alternativa en la enseñanza, que ha cobrado especial interés para organizar y comunicar contenidos, es el empleo de textos narrativos.

3.2.2 La Narrativa en la Enseñanza

A lo largo de la historia se ha comprobado que las narraciones, al igual que la cultura y el lenguaje, han sido un constituyente valioso para los seres humanos. De manera muy simple, narrar consiste básicamente en contar historias, tanto a otros como a uno mismo, de tal suerte que es posible considerar que todas las personas en algún momento de su vida han sido narradoras (Aguirre de Ramírez, 2012).

Actualmente, los usos y definiciones de la palabra <<narrativa>> conservan vestigios de sus raíces latinas, e independientemente de la disciplina de que se trate, la narrativa se refiere a la estructura, el conocimiento y las habilidades necesarias para construir una historia. Aunque algunos autores difieren, en lenguaje cotidiano los términos <<historia>> y <<narrativa>> pueden ser considerados como sinónimos; es decir, relatos de actos que por lo general involucran a seres humanos o animales humanizados (Mc Ewan y Egan, 1998).

Desafortunadamente, la práctica cotidiana de la narrativa oral, provocó que esta actividad no haya sido reconocida socialmente como una actividad intelectual interesante, a pesar de que cognitivamente sea una actividad compleja (Aguirre de Ramírez, 2012).

Al respecto, Bruner (1989) ha puesto una especial atención al lenguaje hecho discurso y, de manera específica, al discurso narrativo. Este autor propone que existen dos modalidades de funcionamiento cognitivo o de pensamiento que permiten ordenar la experiencia y construir la realidad: la paradigmática, o lógico científica, y la narrativa. Según Bruner (1998) “... *Los dos pueden usarse como un medio para convencer al otro. Empero, aquello de lo que convencen es completamente diferente: los argumentos convencen de su verdad, los relatos de su semejanza con la vida*” (p. 10).

De acuerdo con Bruner (1998), con el primer tipo de pensamiento se resuelve la mayoría de los problemas prácticos de la vida ya que emplea la categorización, un lenguaje regulado por requisitos de coherencia y no contradicción, conexiones formales, y referencias verificables. En cuanto al pensamiento narrativo, éste se ocupa de las intenciones y acciones humanas; al narrar historias vamos construyendo un significado con el cual nuestras experiencias adquieren sentido. Evidentemente, el contar historias es un procedimiento opuesto al pensamiento paradigmático, ya que la historia surge de algo absolutamente particular, sorprendente e inesperado (Aguirre de Ramírez, 2012). Sin embargo, Bruner defiende que la una no puede reducirse a la otra porque si bien “... *las dos (son complementarias) son irreductibles entre sí. Los intentos de reducir una modalidad a la otra o de ignorar una a expensas de la otra hacen perder inevitablemente la rica diversidad que encierra el pensamiento*” (Bruner, 1998. P. 10).

Algunas revisiones realizadas sobre textos narrativos, y su utilidad como herramienta didáctica, conducen a ofrecer una lista de los elementos indispensables que debe contener este recurso (Díaz Barriga F, 1998; Arteaga M, 2007; y Negrete, 2008). En ella, es posible destacar lo siguiente:

- Un texto narrativo está compuesto principalmente por un escenario y una secuencia de episodios. En el escenario, se presenta información más o menos detallada sobre el lugar y tiempo donde ocurren los sucesos, así como los personajes que intervienen en la historia (en particular el personaje principal).
- Posterior a ello se eslabonan los distintos episodios: un evento inicial o principio (que generalmente le ocurre al personaje principal y que dispara toda la secuencia de acontecimientos siguientes), una meta o intención, un intento y un resultado. En general se puede decir que estos textos tienen como punto central un esquema de solución de problemas, en los que los elementos se personifican, discuten, entran en conflicto, actúan, luchan, etc., lo cual puede vincularse a lo emocional.
- Los distintos episodios se van organizando entre sí por medio de relaciones temporales y/o causales, que a su vez origina consecuencias en el recuerdo de la información de la historia.

Adicionalmente, su construcción incluye otras características que las hacen memorables, comprensibles y placenteras, como por ejemplo la presencia de rima, ritmo, sorpresa, humor, metáforas y evocación de la imaginación. Es importante añadir que estos recursos se asocian con respuestas importantes en el público tales como la atención, la emoción y la repetición, que a su vez son elementos importantes para el procesamiento de la memoria de largo plazo y a su vez con el aprendizaje (Aguirre de Ramírez, 2012 y Negrete, 2008). Por lo tanto, la importancia de señalar estas características radica en que, gracias a ellas es posible despertar el interés en los interlocutores y facilitar el recuerdo de la información.

Debido a todo lo anterior, la divulgación científica ha aprovechado este recurso con el objetivo de estimular el interés del público por la ciencia (Sánchez, 2010). En cuanto a la educación formal, a la fecha la cantidad de autores que recomienda el uso de textos narrativos como herramienta valiosa para la educación científica cada vez es mayor (Aguirre de Ramírez, 2012; Barcelo, 1998; Chapela A, 2014, Negrete, 2014 y Pérez *et al.* 2013).

En este contexto, se ha señalado un conjunto de ventajas que se obtienen al utilizar los textos narrativos con fines educativos y comunicativos. Por un lado, emprender la escritura de una narración, como la de cualquier otro texto, exige tener la representación mental de lo que se desea comunicar. Por lo tanto, el escritor debe visualizar lo que va a narrar y prepararse para escribir ideas propias acerca de un tema de su agrado. En consecuencia necesita apropiarse de modos efectivos de procesar la información, adquirir conciencia de la organización textual, en

este caso la narrativa, y reconocerla en los relatos leídos o escuchados (Aguirre de Ramírez, 2012).

Por supuesto, también amplía la habilidad para leer, escribir, pensar y utilizar distintos modos de relacionar la información, favorece la comunicación, incrementa el desarrollo de las habilidades cognitivas y cognitivo-lingüísticas, amplía el conocimiento de vocabulario, involucra la imaginación y desarrolla el interés por la lectura y la escritura en general, y de narraciones en particular (Aguirre de Ramírez, 2012).

Por otro lado, es importante señalar que al utilizar la lectura y producción de textos narrativos, como actividad didáctica, implica utilizar un instrumento de evaluación que nos permita obtener información sobre su utilidad en la enseñanza. Para el caso de la narrativa, Negrete (2008) diseñó un método que evalúa el potencial comunicativo de los cuentos con contenido científico. Este método analiza cuatro tareas de memoria que reflejan distintos niveles de comprensión: Recuento, Identificación, Recuerdo y Contextualización (denominado método RIRC, por sus siglas). De manera adicional, este método permite comparar la eficiencia en la retención de información a lo largo del tiempo entre formas narrativas y paradigmáticas.

Después de algunas investigaciones, con la aplicación del método RIRC, se pudo concluir que este método es una herramienta útil que ofrece evidencia cuantitativa y cualitativa de la efectividad de los materiales narrativos para la comunicación científica. Debido a ello el autor sugirió que presentar información a través de formas narrativas debe ser considerado como una herramienta relevante para los profesores de ciencia (Negrete, 2014).

3.2.3 Estrategias de Enseñanza

Como ya se ha mencionado, el papel que tienen los docentes cobra gran importancia puesto que a ellos les compete elaborar una adecuada planeación con el objetivo de impactar de manera positiva en el aprendizaje de los alumnos (Arends, 2007).

De manera general, una estrategia de enseñanza se considera como el procedimiento que utiliza el docente para promover el aprendizaje en los estudiantes, e implica actividades conscientes y orientadas a un fin. Es necesario puntualizar que la diferencia con la estrategia de aprendizaje es que ésta última implica actividades conscientes e intencionales por parte del estudiante, que guían las acciones a seguir, para alcanzar determinadas metas de aprendizaje. Así, aunque estos conceptos están íntimamente ligados en la práctica, es necesario que queden claros para una pertinencia de su uso (Parra, 2003).

Debido a que en la actualidad existen diversas taxonomías para clasificar las actividades de enseñanza, en el siguiente recuadro (Tabla 1) se mostrarán algunas de las más conocidas (Díaz Barriga F, 1998):

Tabla 1. Actividades de enseñanza y efectos esperados en los alumnos.

ACTIVIDADES	CONCEPTUALIZACIÓN	EFFECTOS ESPERADOS EN EL ALUMNO
Objetivos	Enunciado que establece condiciones, tipo de actividad y forma de evaluación del aprendizaje del alumno. Generación de expectativas apropiadas en los alumnos.	Conoce la finalidad y alcance del material y cómo manejarlo. El alumno sabe qué se espera de él al terminar de revisar el material. Ayuda a contextualizar sus aprendizajes y a darles sentido.
Resumen	Síntesis y abstracción de la información relevante de un discurso oral o escrito. Enfatiza conceptos clave, principios, términos y argumento central.	Facilita el recuerdo y la comprensión de la información relevante del contenido que se ha de aprender.
Organizador previo	Información de tipo introductorio y contextual. Es elaborado con un nivel superior de abstracción, generalidad e inclusividad de la información que se aprenderá. Tiene un puente cognitivo entre la información nueva y la previa.	Hace más accesible y familiar el contenido. Elabora una visión global y contextual.
Ilustraciones	Representación visual de los conceptos, objetos o situaciones de una teoría o tema específico (fotografías, dibujos, esquemas, gráficas, dramatizaciones, etcétera).	Facilita la codificación visual de la información.
Analogías	Proposición que indica que una cosa o evento (concreto y familiar) es semejante a otro (desconocido y abstracto o complejo).	Comprende información abstracta. Traslada lo aprendido en otros ámbitos.
Preguntas intercaladas	Preguntas insertadas en la situación de enseñanza o en un texto. Mantienen la atención y favorecen la práctica, la retención y la obtención de información relevante.	Permite practicar y consolidar lo que ha aprendido. Resuelve sus dudas. Se autoevalúa gradualmente.
Pistas tipográficas y discursivas	Señalamientos que se hacen en un texto o en la situación de enseñanza para enfatizar y/u organizar elementos relevantes del contenido por aprender.	Mantiene su atención e interés. Detecta información principal. Realiza codificación selectiva.
Mapas conceptuales y redes semánticas	Representación gráfica de esquemas de conocimiento (indican conceptos, proposiciones y explicaciones).	Realiza una codificación visual y semántica de conceptos, proposiciones y explicaciones. Contextualiza las relaciones entre conceptos y proposiciones.
Uso de estructuras Textuales	Organizaciones retóricas de un discurso oral o escrito, que influyen en su comprensión y recuerdo.	Facilita el recuerdo y la comprensión de lo más importante de un texto.

Sin duda existe un sinnúmero de actividades que pueden usarse simultáneamente, e incluso es posible producir y usar nuevas formas a partir de la combinación de ellas, según se considere necesario. Lo que debe quedar claro es que, finalmente en la planeación las secuencias didácticas que se diseñen deberán estar encaminadas a que se contribuya a alcanzar los objetivos señalados, y que en consecuencia ello contribuya a formar alumnos críticos y creativos, capaces de generar sus propias estrategias de razonamiento y aprendizaje para la

construcción del conocimiento (Arends, 2007). De acuerdo con la definición de Tobón, Pimienta y García las secuencias didácticas comprenden *“conjuntos articulados de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas, considerando una serie de recursos”* (2010, p 20).

En consecuencia, y con el fin de promover determinados aprendizajes en los estudiantes en torno al tema de reproducción, se diseñó una secuencia didáctica tomando en cuenta diversas actividades de enseñanza y de evaluación, que contempló las siguientes actividades didácticas:

- Lluvia de ideas. Es una actividad en la que un grupo de personas, en conjunto, crean ideas. En principio se pueden ir anotando para posteriormente ir las sistematizando, priorizando y ordenando. Dentro de los principales usos está: cuando deseamos o necesitamos obtener una conclusión grupal en relación a un problema que involucra a todo un grupo; cuando es importante motivar al grupo, tomando en cuenta las participaciones de todos; y, cuando queremos abordar un tema (Técnicas didácticas, sf).
- Elaboración de Representaciones. Tamayo (2006) define a las representaciones como *“... cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o de nuestro mundo interior”* (p. 39), y pueden ser construidas tanto por científicos como por cualquier otra persona. En el primer caso, obtendríamos una teoría científica; en el segundo, una teoría intuitiva acerca del mundo. Existen, además representaciones externas e internas. Las externas, son aquellas expresiones que pueden incluir diferentes sistemas de escritura, notaciones simbólicas, representaciones tridimensionales, gráficas, redes, diagramas, esquemas, dibujos, etc. Estas representaciones son conocidas también como representaciones semióticas. Las representaciones internas o mentales, son aquellas que "ocupan un lugar" en la mente de los sujetos, y nos permiten mirar el objeto en ausencia total del significante perceptible; pueden ser conceptos, nociones, creencias, fantasías, entre otras.

En la enseñanza de las ciencias es común el uso de representaciones tridimensionales o modelos, ya que gracias a ellas se permiten otras formas de «ver» un determinado fenómeno y de interpretarlo (Gómez, Sanmartí y Pujol, 2007 y Tamayo, 2006). En este contexto, la importancia de utilizar este recurso durante las clases radica en que puede servir como medio para comunicarse con los estudiantes, además de funcionar como un recurso que permite retroalimentar la enseñanza, ya que el docente puede evaluar cómo comprenden y explican los determinados fenómenos biológicos.

- Lectura y elaboración de Textos Narrativos. Uno de los elementos importantes en la educación es la comunicación, y aquí es donde el cuento puede funcionar como un elemento que nos puede ayudar a conseguirla. Como ya se ha señalado, debido a la naturaleza propia de los cuentos, se propicia el recuerdo de los contenidos que en algunas circunstancias

posiblemente no se llevaría a cabo si se les hubiera transmitido de manera teórica (Pérez, Pérez y Sánchez, 2013). Por otro lado, este recurso se puede trabajar de manera paralela con otros elementos, como el libro de texto, para optimizar el aprendizaje y así evitar una excesiva carga memorística.

Otra de las ventajas, que supone utilizar esta actividad, radica en la puesta en marcha de distintas habilidades y actitudes de los alumnos al momento de la redacción del cuento. En este sentido, al solicitar a los estudiantes tareas de redacción en un estilo narrativo, se estimula la capacidad de los alumnos de plasmar ideas y articular conceptos biológicos de manera lógica, fomentando su expresión escrita (Aguirre de Ramírez, 2012).

Finalmente, esta actividad puede llevarse a cabo de manera individual o en equipos. Para el caso de actividades grupales se ha visto que trabajar en grupo puede promover la cooperación para alcanzar ciertos fines, fomentar la tolerancia y respeto por ideas de los demás, así como el compañerismo y el fomento de un buen clima en el aula (Ferreiro y Espino, 2009 y Johnson *et al.* 1995).

- Exposición. La exposición es un tipo de organizador previo que se recomienda cuando la información nueva es desconocida por los aprendices (Díaz Barriga F, 1998). Mucho se ha atacado este tipo de recurso por haber sido una de las pocas actividades pedagógicas utilizadas dentro del salón de clases y colocar al alumno como un agente pasivo. Sin embargo, es importante mencionar que no sólo se trata de una exposición simple de conocimientos, sino que se busca ofrecer un enfoque crítico del tema que conduzca a los alumnos a reflexionar y descubrir las relaciones entre los diversos conceptos, formar una mentalidad crítica en la forma de afrontar los problemas y fomentar la capacidad para elegir un método para resolverlos (Técnicas didácticas, sf).

También es una actividad valiosa para los estudiantes, ya que en ocasiones es un medio necesario porque existen demasiados libros de una materia y el profesor puede ofrecer una visión más equilibrada que la que suelen presentar los libros de texto. Por otra parte, existen algunos estudiantes que suelen aprender más fácilmente escuchando que con otras actividades (Técnicas didácticas, sf).

Desafortunadamente en la práctica docente se suelen olvidar las ventajas de utilizar esta actividad de enseñanza y se centra en la simple transmisión de conocimientos. Cabe resaltar que en esta planeación se pretende utilizar la exposición como una actividad de corta duración, con el objetivo de no propiciar el aburrimiento en los alumnos. También es importante hacer hincapié en que es una estrategia que abrirá paso a una segunda actividad que requiere de ciertos conocimientos para hacerla más enriquecedora.

3.2.4 Evaluación

Así como existe una íntima relación entre las actividades de enseñanza y las de aprendizaje, también existe una relación entre estos dos procesos y la evaluación. El término evaluación puede ser definido de diferentes formas, pero en general existen algunas constantes que son importantes mencionar (González, 2010):

- Es un proceso que permite reunir cierta información a partir de diferentes procedimientos: desde la observación directa sobre cualquier actividad que el evaluado esté desarrollando, o indirecta mediante un análisis global de las actuaciones del mismo. Esta última actividad puede ser a través del análisis de las producciones del alumno a través de intercambios orales, mediante pruebas, etc.
- De manera posterior se hace un análisis de los datos obtenidos para realizar juicios o decidir valores sobre los mismos.
- Es importante dar un último paso para que la evaluación no quede incompleta. Este consiste en utilizar el juicio emitido para tomar decisiones y orientar el proceso de enseñanza y aprendizaje. En este caso la evaluación será un recurso importante, ya que permitirá proporcionar retroalimentación a los alumnos acerca de qué tan exitosamente se están desempeñando.
- Otra ventaja importante de la evaluación es que ayuda a mostrar la funcionalidad de los procesos de enseñanza desarrollados por el profesor. En este sentido, la evaluación puede ser una herramienta importante para descubrir si las estrategias de los docentes consiguen cumplir con los objetivos planteados.

De acuerdo con González (2010), algo que no siempre se considera dentro de la evaluación, pero que reviste gran importancia para el estudiante es la autoevaluación. La importancia de este proceso radica en permitirle al alumno que se dé cuenta de sus propias incoherencias y que se le fomente el uso de la lógica para reestructurar sus ideas y las “corrija”. Es decir se requiere animar a los estudiantes a que descubran por sí mismos sus conocimientos, sus carencias, sus falsas creencias y que reestructuren sus aprendizajes con base en esto.

Existen diferentes tipos de evaluación, y éstas se pueden clasificar atendiendo diferentes criterios; por ejemplo, de acuerdo con su finalidad y función, con los agentes evaluadores, con su extensión, con el momento de su aplicación, etc. Sin embargo, la mayoría de los especialistas en evaluación hablan en términos de evaluación diagnóstica, formativa (como estrategias de mejora) o sumativa (para evaluación de productos), cuyas metas atienden lo siguiente (Arends, 2007):

- a) Función diagnóstica: en este caso, se procura ocupar instrumentos que reflejen lo más fielmente posible la situación inicial de los estudiantes respecto al conocimiento del tema, con la finalidad de obtener información del proceso de aprendizaje, y a partir de ello mejorarlo. Esta evaluación se produce al inicio del proceso y puede considerar contenidos, intereses y preferencias ya sea de manera verbal o escrita. Para el caso de contenidos, en la evaluación se debe considerar aquellos conceptos que a juicio del docente deban estar claros por los integrantes del curso, porque son la base de un nuevo conocimiento. La evaluación diagnóstica no debe llevar una calificación como tal, para evitar penalizar a los estudiantes.
- b) Función formativa: la evaluación se utiliza preferentemente como estrategia de mejora y para ajustar, sobre la marcha, los procesos educativos con la finalidad de conseguir las metas u objetivos previstos.
- c) Función sumativa: suele aplicarse más en la evaluación de productos; es decir, de procesos terminados con realizaciones precisas y valorables. Con la evaluación no se pretende modificar, ajustar o mejorar el objeto de la evaluación, sino simplemente determinar su valía, en función del empleo que se desea hacer del mismo posteriormente.

Al igual que con las actividades de enseñanza, es importante elegir o diseñar adecuadamente los propios instrumentos de evaluación, con el objetivo de lograr los fines antes mencionados. Debido a lo anterior, para el diseño de esta secuencia didáctica se revisaron distintos instrumentos de evaluación, dentro de los cuales figuran los siguientes:

- Evaluación formativa por medio de un formulario KPSI.

Esta prueba consiste en un formulario o informe que permite obtener información sobre lo que los estudiantes “creen que saben” con relación a los contenidos de un determinado tema. Las siglas KPSI corresponden a las siglas en inglés *Knowledge and Prior Study Inventory*. El formulario KPSI es intencionado, ya que el profesor le pide al estudiante que seleccione su respuesta en función a ciertos niveles de conocimientos que el alumno considera tener. En este sentido es un instrumento valioso que promueve la regulación del proceso de aprendizaje (Martínez y Laurido, 2012).

De acuerdo con la escala de valores asignada en esta planeación, el valor 1 corresponde a un alumno que no posee conocimientos del tema; y mientras más cercano sea a tres, mayores antecedentes tendrá de los contenidos. Una modificación que se hizo a esta prueba consistió en que, además de que el alumno valore su nivel o profundidad de conocimientos, explique cómo define determinados conceptos.

- Cuestionario Guía

Una de las actividades importantes durante el proceso de enseñanza y aprendizaje es la lectura de diversos tipos de texto (Marchesi, 2005), motivo por el cual resulta importante contar con algún recurso que permita evaluar los resultados de esta actividad. A la fecha existen diversas técnicas que permiten evaluar niveles de comprensión lectora (Montanero, 2004), por lo que conviene que los docentes conozcan al menos algunas de ellas para que puedan guiar positivamente esta actividad. Dado que en este trabajo se utilizaron algunos textos de divulgación científica relacionados con el tema de reproducción, se diseñó un cuestionario en el cual las preguntas tuvieron por objetivo orientar a los estudiantes para que se centraran en la información más relevante relacionada con el contenido científico a enseñar.

- Rúbrica

Una herramienta que brinda una valiosa ayuda dentro de la evaluación es el uso de rúbricas. Este es un instrumento que facilita la evaluación del desempeño de los estudiantes especialmente en actividades complejas, imprecisas o subjetivas. Este instrumento puede describirse como una matriz de criterios específicos que permiten asignar u otorgar un valor, basándose en una escala de niveles de desempeños y un listado que evidencian el aprendizaje, los conocimientos y/o las habilidades alcanzadas por el estudiante de un tema particular (López, 2014).

De acuerdo con lo anterior, el correcto diseño de rúbricas será un elemento importante para una adecuada evaluación del desempeño. Dependiendo del tipo de rúbrica encontraremos diferentes elementos que la compongan; pero, en general, podemos encontrar los siguientes: descripción de la tarea o de la consigna que se va a evaluar, escala con varios niveles de desempeño, dimensiones de la tarea y aspectos de estas a evaluar, así como el porcentaje que muestra la importancia relativa de cada aspecto en el desarrollo o realización de la tarea/consigna (López, 2014).

- Cuestionario RIRC

Debido a que los exámenes finales suelen ser uno de los instrumentos más utilizados para realizar una evaluación sumativa, es importante diseñar otros instrumentos que además de evaluar presenten características atractivas para los estudiantes. En este contexto, gracias a algunas investigaciones en las que se empleó cuestionarios RIRC, se ha observado que este método es una herramienta útil para evaluar la efectividad de los materiales narrativos para la comunicación científica (Negrete, 2014). Por lo tanto, una herramienta de evaluación novedosa en la educación formal podría contemplar el diseño de un cuestionario adoptando este estilo, en cuyo caso el uso de la narrativa más que comunicar conocimiento, serviría como estímulo

para detectar la plena comprensión del contenido científico involucrado en la trama de la historia.

- Cuestionario para la evaluación del docente.

Es importante indicar que, además de evaluar a los alumnos, la evaluación del docente es necesaria ya que finalmente el desempeño de este actor es parte fundamental dentro del proceso de enseñanza. Por ello, es común utilizar cuestionarios en los que se requiere obtener información sobre la presencia de diferentes aspectos (González, 2010), tales como:

- Generación de motivación inicial y continua del alumnado
- Presentación y adecuación de los nuevos contenidos
- Explicaciones y aclaraciones sobre las tareas
- Seguimiento y control del proceso de enseñanza y aprendizaje

En conjunto, y de acuerdo con el contexto presentado, el interés de este trabajo fue revisar y analizar algunos recursos que se han utilizado para la enseñanza de la ciencia, incluyendo algunos de los que se utilizan en la divulgación científica, con el fin de generar una secuencia de actividades, que tomara en cuenta los propósitos generales del curso y el propósito de la unidad, a fin de contribuir con la formación científica de los estudiantes que cursan el nivel medio superior.

4 MÉTODO

4.1 Población

La secuencia didáctica se aplicó en el periodo escolar 2016-1 a un grupo de bachillerato del 3er semestre (Grupo 367) compuesto por 20 estudiantes. Este grupo corresponde al Turno Vespertino del Colegio de Ciencias Humanidades del Plantel Sur de la UNAM.

4.2 Secuencia Didáctica

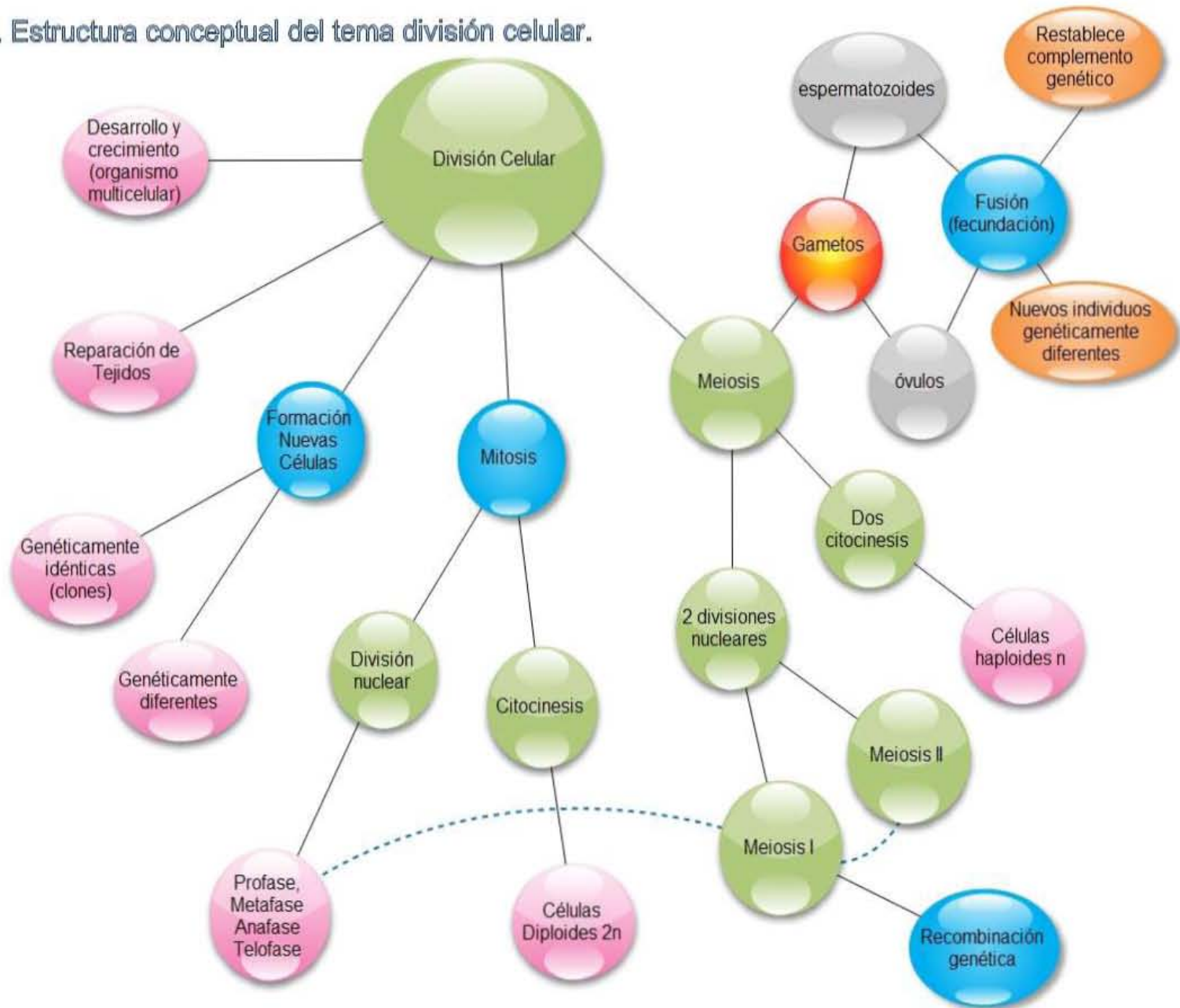
El diseño inicial de la secuencia didáctica se aplicó como prueba piloto para explorar su funcionamiento, durante el periodo escolar 2015-2. En esta prueba se incluían las siguientes actividades: lluvia de ideas (como herramienta de evaluación diagnóstica), lectura de artículos de divulgación científica, elaboración de narrativas, lectura de un fragmento de una novela con contenido científico (que incluía la contestación de un cuestionario), y aplicación de un cuestionario (pre test y pos test). A partir del análisis de los resultados se reestructuró la secuencia didáctica agregando, modificando y eliminando algunas actividades didácticas.

La secuencia final se planeó para llevarla a cabo en tres sesiones, cuya duración fue de dos horas cada una. Cabe mencionar que en cada sesión se consideraron actividades de apertura, desarrollo y cierre.

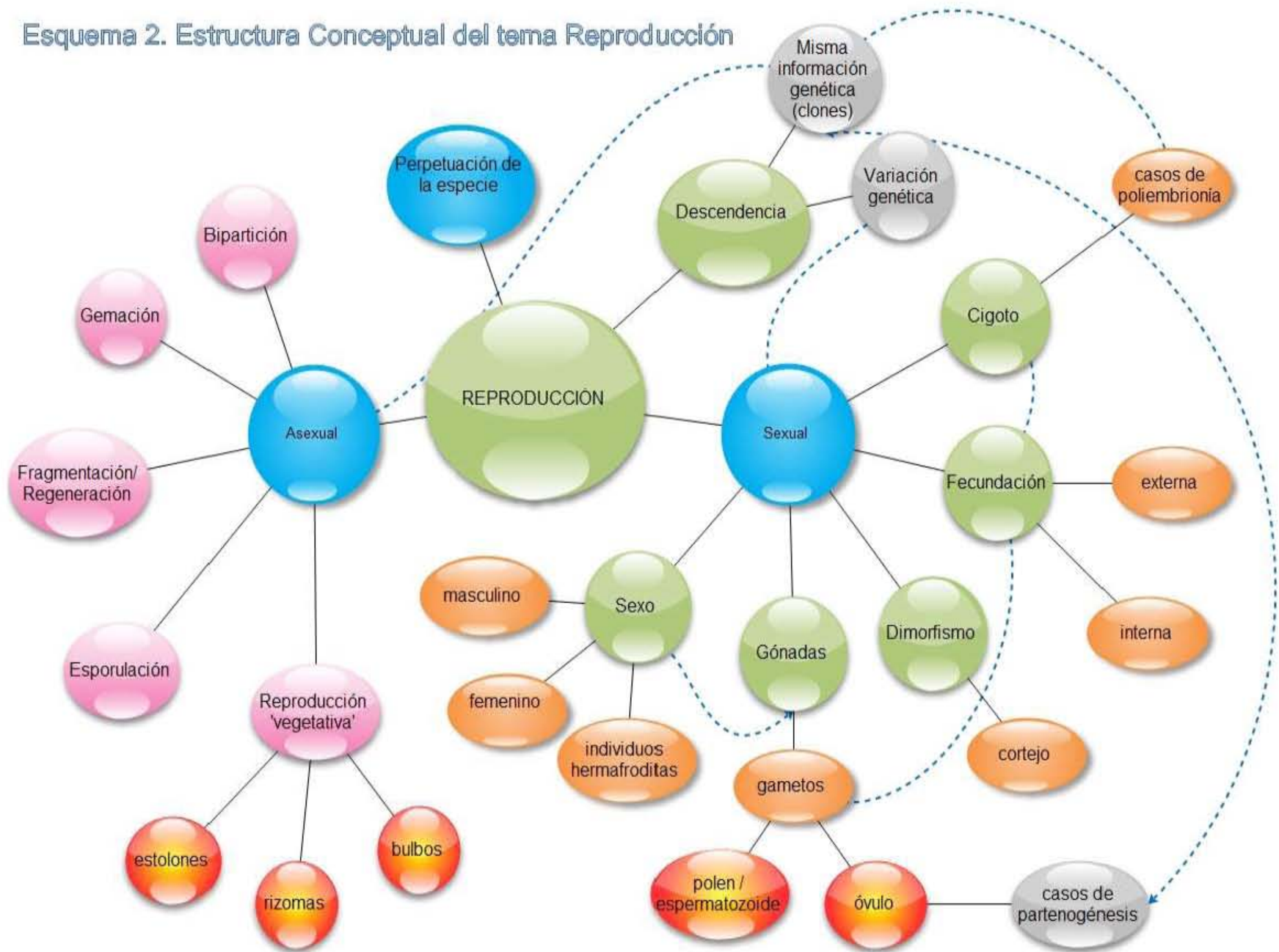
4.2.1 Estructura Conceptual

A partir de revisiones bibliográficas se construyeron dos estructuras conceptuales, una que abarcó los conceptos principales de los procesos de división celular (Esquema 1), y otra en la que se abordó los conceptos principales de la reproducción asexual y sexual (Esquema 2). La importancia de construir estas estructuras conceptuales es que con ellas es posible tener un panorama general del contenido disciplinar, para poder delinear los objetivos de aprendizaje. Una vez que se contó con esos elementos se procedió a construir la estructura metodológica.

Esquema 1. Estructura conceptual del tema división celular.



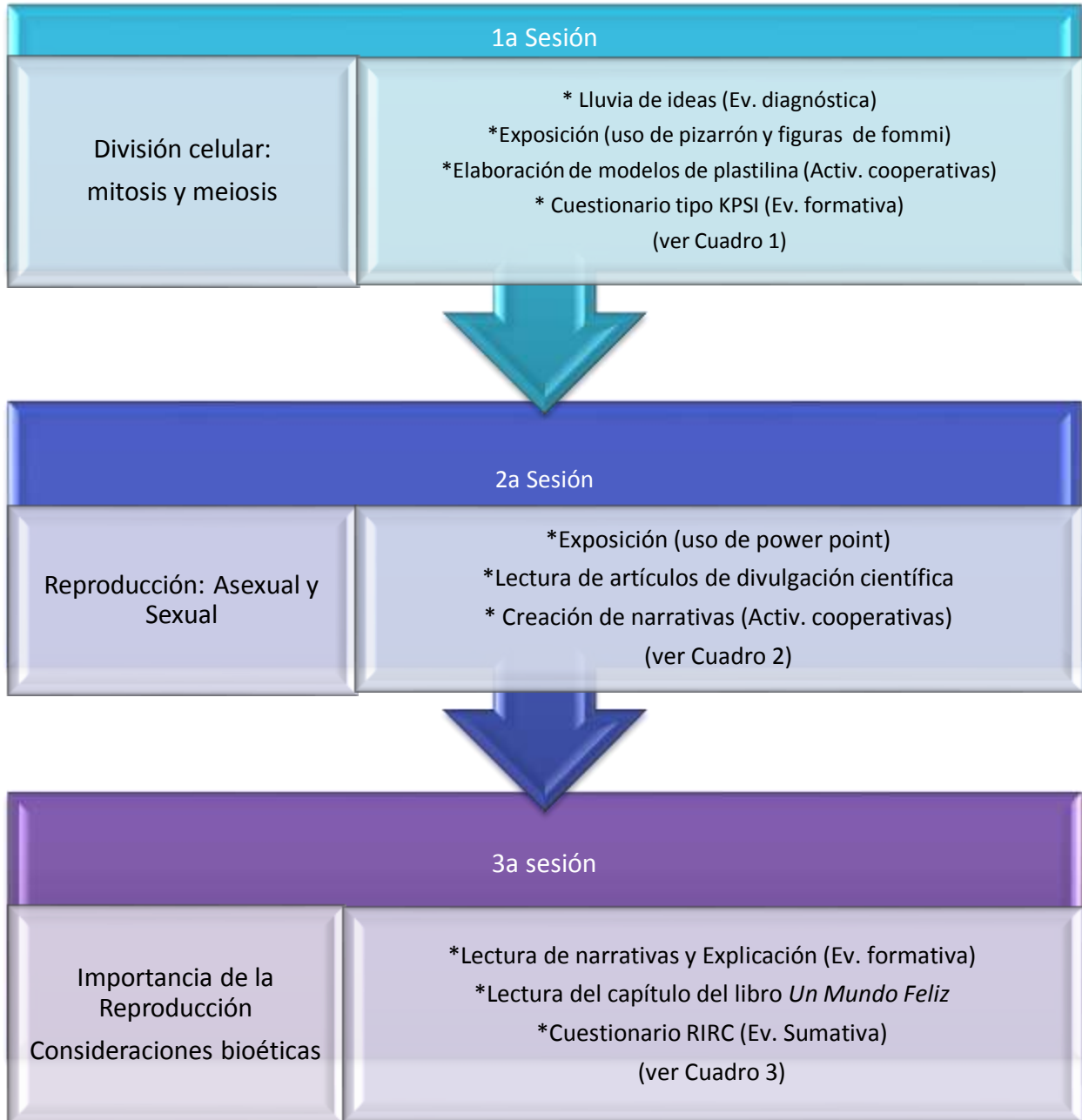
Esquema 2. Estructura Conceptual del tema Reproducción



4.2.2 Estructura Metodológica

La secuencia didáctica abarcó diversas actividades de enseñanza, aprendizaje y evaluación. El Esquema 3 muestra un diagrama resumido de la secuencia, señalando para cada sesión el contenido disciplinar trabajado. En los cuadros 1, 2 y 3 se describe con mayor detalle las actividades didácticas, el orden que siguieron, y se señalan los objetivos particulares que se pretendieron alcanzar de acuerdo con el programa del curso.

Esquema 3. Resumen de la Secuencia didáctica



Cuadro 1.	Plantel: Colegio de Ciencias y Humanidades. Plantel Sur, UNAM.			Ciclo Escolar: 2016-1
Asignatura:	Biología I	Unidad: 2ª	Sesión 1	Duración 120 minutos
Tema: ¿CÓMO SE LLEVA A CABO LA REGULACIÓN, CONSERVACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS VIVOS?			Subtema: Procesos de reproducción celular. Fases e importancia de la mitosis y meiosis	
Propósito: El alumno identificará la mitosis y meiosis como procesos de división celular para que explique su importancia en el proceso de continuidad de la vida.				
Objetivos Conceptuales:		Objetivos Procedimentales:		Objetivos Actitudinales:
<ul style="list-style-type: none"> Distingue y explica las diferencias básicas entre mitosis y meiosis. Comprende la importancia de la meiosis en relación con la reproducción y la variabilidad biológica. 		<ul style="list-style-type: none"> Ejercita habilidades para comunicar de forma oral procesos biológicos. 		<ul style="list-style-type: none"> Muestra disposición para trabajar en grupo y compartir sus percepciones sobre el tema.
Estructura Metodológica				
Apertura	Desarrollo			Cierre
<ul style="list-style-type: none"> El docente se presentará ante el grupo y guiará una actividad de inicio para conocerlos. El docente puede guiar la presentación preguntando sobre algún incidente personal (accidente o raspón que recuerde cada alumno) que permita “romper el hielo”. (15 min) Una vez terminada la actividad se procederá a presentar los objetivos y metas de la clase, así como la manera de evaluar. (5min) 	<ul style="list-style-type: none"> El cuestionamiento inicial sobre eventos de regeneración celular en el propio cuerpo de los estudiantes, permitirá enlazar el tema de ciclo celular (tema antecedente) a manera de preámbulo para comenzar la explicación del proceso de mitosis. Explicación de mitosis utilizando cromosomas de fommi, para que visualicen las diferencias entre cromosoma, cromátide y cromosoma homólogo. (15 min) Explicación de meiosis y la importancia de producir células haploides. Solicitar a los alumnos que expliquen con sus propias palabras el proceso. (15 min) Ejercicio por parejas donde identifiquen, en un determinado tipo de célula qué tipo de división celular ocurre en ellas (resolver una opción por equipo, ver Anexo 1). Una vez identificado, deben elaborar un esquema con plastilina que les ayude a explicar dicho proceso. Proporcionar por equipo un esquema de mitosis y meiosis (Anexo 1). (25 min) 			<ul style="list-style-type: none"> Retroalimentación en cada equipo donde se enfatiza la diferencia entre mitosis y meiosis, así como el tipo de célula y la cantidad de material genético resultante. (15 min) Aplicación del cuestionario tipo KPSI, con propósito evaluativo (20 min)
Evaluación				
Lluvia de ideas (diagnóstica). Se pide a los estudiantes que participen oralmente, lo cual permitirá indagar sobre ideas previas.	Evaluación de esquemas de plastilina (Formativa). Se solicita la explicación oral del proceso de división celular, y se verifica que distingan las características principales de los dos tipos de división celular, y dónde ocurre cada una.			Cuestionario Tipo KPSI (Formativa) Se evalúa la comprensión del tema y la expresión escrita de los estudiantes en torno al tema.
Recursos y materiales: Pizarrón y plumones, Figuras de Fommi (que representen cromátide, cromátides hermanas, cromosomas y cromosomas homólogos), Hojas con el ejercicio de división celular (Anexo 1) Esquema de Mitosis y meiosis (Anexo 1), Cuestionario Tipo KPSI (Anexo 2).			Referencias bibliográficas: Calcáneo M, De la Cueva B, Lozano M. 2010. Libro de Texto para la asignatura de Biología I. UNAM. CCH Naucalpan. México. Campbell N y Reece J, 2007. Biología. 7ª ed. Buenos Aires. Edit Panamericana. Pp283	

Cuadro 2.	Plantel: Colegio de Ciencias y Humanidades. Plantel Sur, UNAM.			Ciclo Escolar: 2016-1
Asignatura:	Biología I	Unidad: 2ª	Sesión 2	Duración 120 minutos
Tema: ¿CÓMO SE LLEVA A CABO LA REGULACIÓN, CONSERVACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS VIVOS?			Subtema: Aspectos generales de la Reproducción Sexual y Asexual	
Propósito: El alumno explicará los principios básicos de los procesos de reproducción sexual y asexual, a partir de su estudio, para que comprenda cómo se perpetúan los sistemas vivos.				
Objetivos Conceptuales:		Objetivos Procedimentales:		Objetivos Actitudinales:
<ul style="list-style-type: none"> • Conoce y distingue las características generales de la reproducción sexual y asexual. • Argumenta las ventajas y desventajas de la reproducción asexual y sexual en los sistemas vivos. 		<ul style="list-style-type: none"> • Aplica habilidades de análisis y síntesis al llevar a cabo actividades documentales. • Desarrolla habilidades para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de la actividad realizada. 		<ul style="list-style-type: none"> • Muestra disposición para participar colectivamente, comparte sus percepciones e intercambia información para la elaboración del trabajo.
Estructura Metodológica				
Apertura	Desarrollo			Cierre
<ul style="list-style-type: none"> • Se solicita al grupo un resumen oral del tema antecedente (mitosis y meiosis), en el que se enfatice las diferencias entre dichos procesos y su importancia.. (15 min) 	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición breve sobre el tema de reproducción utilizando una presentación realizada en Power Point. El contenido conceptual involucra conceptos relacionados con reproducción, tipos de reproducción (sexual y asexual), sexo, gametos, variación genética y diversidad biológica, y clones naturales. (20 min) • Los alumnos, en equipos formados al azar de 2-3 estudiantes, leerán un artículo de divulgación científica. Analizarán y comprenderán el texto identificando la información más relevante con ayuda de un cuestionario elaborado por el docente, anotando las respectivas respuestas. (25 min) • El docente pedirá que, una vez comprendido el texto, el equipo comunique a los demás lo aprendido. El requisito será que la información la compartan a través de una narrativa. Para ello el docente dará una breve indicación sobre la estructura de las narrativas, así como los aspectos a evaluar, con el fin de que los alumnos sepan cuáles son sus características y les pueda servir como guía (Anexo 5). (10 min) • En equipo elaborarán la narrativa en la que resalten el proceso reproductivo de algún organismo vivo. Los estudiantes deben considerar como contenido importante las respuestas del cuestionario guía entregada por el docente. (35 min) 			<ul style="list-style-type: none"> • Se resumirá la información y se enfatizará la importancia de la reproducción para los seres vivos, así como las ventajas y desventajas que conlleva su tipo de reproducción. (5 min)
Evaluación				
Lluvia de ideas (formativa) que permite evidenciar ideas grupales del tema visto. En cada intervención se retroalimenta para aclarar dudas.		Cuestionario específico para cada texto de divulgación científica (Anexo 4). Identificar si los estudiantes localizan y comprenden el contenido más relevante. Análisis de la narrativa (con ayuda de rúbrica) para evaluar la capacidad de incluir contenido biológico en la trama de una historia.		
Recursos y materiales : Cañón y computadora, presentación en Power Point, pizarrón y plumones, artículos de divulgación científica (Anexo 3), cuestionarios guía (Anexo 4), hojas blancas, rúbrica de Narrativa (Anexo 5)			Referencias: Calcáneo M, De la Cueva B, Lozano M. 2010. Libro de Texto para la asignatura de Biología I. UNAM. CCH Naucalpan. México. Campbell N y Reece J, 2007. Biología. 7ª ed. Buenos Aires. Edit Panamericana. Pp283,	

Cuadro 3.	Plantel: Colegio de Ciencias y Humanidades. Plantel Sur, UNAM.			Ciclo Escolar: 2016-1
Asignatura:	Biología I	Unidad: 2ª	Sesión 3	Duración 120 minutos
Tema: ¿CÓMO SE LLEVA A CABO LA REGULACIÓN, CONSERVACIÓN Y REPRODUCCIÓN DE LOS SISTEMAS VIVOS?			Subtema: Importancia de la Reproducción en los seres vivos.	
Propósito: El alumno reflexionará sobre la importancia de la reproducción en los sistemas vivos.				
Objetivos Conceptuales: <ul style="list-style-type: none"> Comprende el proceso reproductivo en los sistemas vivos y su importancia. Comprende los pros, contras y alcances de la aplicabilidad del conocimiento sobre reproducción. 		Objetivos Procedimentales: <ul style="list-style-type: none"> Desarrolla habilidades de razonamiento al llevar a cabo la reflexión y crítica derivada de la actividad realizada 		Objetivos Actitudinales: <ul style="list-style-type: none"> Valora las implicaciones bioéticas de la manipulación del conocimiento científico.
Estructura Metodológica				
Apertura	Desarrollo		Cierre	
<ul style="list-style-type: none"> Lluvia de ideas guiada por el docente con el objetivo de hacer un resumen general del tema, retroalimentar en caso de dudas. (5 min) 	<ul style="list-style-type: none"> Un representante de cada equipo leerá su narrativa; al finalizar resaltaré cuál es la información científica, relacionada con el tema de reproducción, que se pretende comunicar. Retroalimentación por parte del docente. (40 min) Lectura individual de un capítulo del cuento Un mundo feliz de Aldo Huxley. Este texto es producto de una adaptación del capítulo I del libro mencionado, con el fin de no provocar una carga excesiva de lectura en los estudiantes y que resulte ameno. (20 min) Se entrega un cuestionario tipo RIRC a los alumnos, sobre la lectura que acaban de leer, para que lo respondan de forma individual. (35 min) 		<ul style="list-style-type: none"> Conclusión final sobre el tema (5 min), Cuestionario de opinión sobre lo aprendido y sobre la actividad del docente (evaluación del docente)(10 min) Agradecimiento y despedida. 	
EVALUACIÓN				
Análisis de la explicación oral de la narrativa creada por los alumnos (formativa) y retroalimentación frente al grupo Cuestionario RIRC (Evaluación sumativa): Con las respuestas obtenidas en el cuestionario se evalúa algunos conocimientos de tipo declarativo, procedimental y actitudinal adquiridos durante las sesiones.			El cuestionario de opinión permite detectar actitudes y preferencias de los estudiantes frente a la secuencia didáctica y el desempeño docente, con el fin de mejorar su aplicación.	
Recursos y materiales : Adaptación del Capítulo I del libro Un mundo Feliz (Anexo 6), Cuestionario tipo RIRC (Anexo 7), Cuestionario de opinión y de evaluación al docente (Anexo 8)			Referencias: Huxley, A.1981. <u>Un Mundo Feliz</u> , Plaza & Janes Editores 11ª Ed. España.	

4.3 Instrumentos de Evaluación

Durante la intervención didáctica se llevaron a cabo diversas evaluaciones. La evaluación final (sumativa), se realizó por medio de un cuestionario estilo RIRC, compuesto por once preguntas, el cual contestaron los estudiantes de forma individual al finalizar la última sesión de la secuencia didáctica. Esta evaluación es antecedida por una lectura breve (adaptación del capítulo I del libro *Un Mundo Feliz*, de Huxley, 1981).

Es importante mencionar que dicho libro es una narrativa de ciencia ficción escrita en 1932. Esta historia inicia con la descripción de un mundo ideal, en el que el progreso tecnológico permite no sólo ‘producir’ seres humanos de forma casi industrial, sino que además se les otorga un condicionamiento físico y mental que les permite amar su futura clase social (Huxley, 1981).

Debido a que en el transcurso del primer capítulo se menciona de forma constante diversos términos biológicos relacionados con el tema de Reproducción, se construyó un cuestionario con el objetivo de evaluar tanto la comprensión de dichos conceptos, como la del tema en su conjunto.

Cada una de las preguntas contestadas adquiere un valor específico, dependiendo de la calidad de respuesta del estudiante, alcanzando como máximo un punto. Por lo tanto, la suma total de las respuestas puede alcanzar hasta once puntos, que representaría un diez en términos de calificación. Evidentemente, si el puntaje disminuye, la calificación obtenida por el estudiante será menor, y se calcula proporcionalmente. Debido a que algunas respuestas pueden ser inválidas o incompletas, éstas adquieren un valor parcial y por lo tanto no alcanzan el punto completo.

Otra característica importante que presenta el cuestionario es que incluye preguntas diseñadas con diferente estilo. Por lo tanto su contestación se relaciona con diferentes tareas de memoria, lo cual permite que se pueda evaluar diferentes niveles de comprensión en los estudiantes. De acuerdo con el autor de este modelo, es posible observar que cada una de las respuestas implica realizar tareas con cierto nivel de dificultad, siendo las preguntas de Identificación (preguntas de opción múltiple) las más sencillas de resolver, mientras que las de contextualización ofrecen un reto mayor por requerir de un determinado análisis de información para poder responderlas (Negrete, 2008).

A continuación se mostrarán los criterios utilizados para asignar el puntaje en cada una de las preguntas, evidenciando tanto las respuestas como los argumentos esperados de los alumnos. Al final del cuestionario se mostrará una clasificación de las preguntas, de acuerdo con el tipo de tarea de memoria (Tabla 2). Esta clasificación es importante ya que permite identificar

cuáles son los tipos de preguntas contestadas correctamente por la mayoría de los estudiantes, de tal forma que se pueda generar algunas conclusiones a partir de dicho análisis.

Cuestionario RIRC de la adaptación del capítulo 1 del libro *Un Mundo Feliz*

1. **Haz un recuento de la historia. Procura emplear la mayor cantidad de términos biológicos que recuerdes.**

Conceptos biológicos mencionados en la lectura:	Justificación	Puntaje
1. Fecundación 2. Gametos 3. Óvulos 4. Espermatozoides 5. Ovarios 6. Embriones 7. Poliembriónia (“...un solo óvulo fecundado se habría convertido en un gran número de embriones”) 8. Clones (“...mellizos idénticos”) 9. Sexo 10. Hermafrodita 11. Variación genética	Con este reactivo se evalúa la cantidad de conceptos biológicos que pueden incluir y articular coherentemente al recontar una historia.	9-11 conceptos mencionados: 1 pto 6-8 conceptos mencionados: 0.75 ptos 3-5 conceptos mencionados: 0.5 ptos 0-2 conceptos mencionados: 0.25 ptos

2. **En el texto mencionan que existe una Sala de Fecundación. ¿qué significa fecundación y cómo se lleva a cabo en esta historia?**

Justificación	Puntaje
El alumno debe ser capaz de explicar el significado de fecundación y evitar confundirlo con el concepto de reproducción.	Explica e identifica el concepto: 1 pto Solo menciona algunas ideas del concepto: 0.5 ptos

3. **Durante el recorrido el Director les mostró incubadoras donde mantienen a los gametos bajo condiciones especiales. Por lo tanto, lo que les mostró en ese momento fueron:**

- Ovarios y espermatozoides.
- Óvulos y embriones.
- Óvulos y espermatozoides

Justificación	Puntaje
El alumno debe conocer qué son los gametos e identificarlos.	Respuesta acertada: 1 pto.

4. **Si un solo óvulo fecundado da origen a muchos embriones ¿cómo son éstos entre sí?**

- Idénticos
- Algo parecidos, como si fueran hermanos.
- Distintos

Justificación	Puntaje
El alumno deberá relacionar la reproducción asexual con la ausencia de variación genética, recordando algunos casos como la clonación o poliembriónia.	Respuesta acertada: 1 pto.

5. Explica qué tipos de reproducción identificas en esta historia. Justifica tu respuesta.

Justificación	Puntaje
El alumno deberá identificar dentro de la narrativa ejemplos de reproducción sexual y asexual.	Explica ambos tipos: 1 pto Solo menciona un tipo: 0.5 ptos

6. ¿Cuáles eran los sexos que existían?

Justificación	Puntaje
El alumno debe mencionar el sexo masculino, femenino y organismos hermafroditas; por lo que debe ser capaz de encontrar diferencias entre los conceptos de sexo y cópula.	Menciona al menos los dos casos que existen: 1 pto Solo menciona uno: 0.5 ptos

7. En la historia permiten que un 30% de las hembras se desarrollen de manera normal. Es decir, no obtienen clones (denominados mellizos) a partir de ellas. ¿Cuál será el motivo?

- a) No necesitan muchos óvulos
- b) Necesitan conservar variabilidad genética
- c) Sus experimentos podían fallar

Justificación	Puntaje
El alumno deberá relacionar la reproducción asexual con la ausencia de variación genética, y la reproducción sexual con la presencia de variación genética en los descendientes.	Respuesta acertada: 1 pto.

8. En la historia lograban ‘producir’ hasta noventa y seis mellizos a partir de un solo óvulo fecundado. De los tipos de reproducción que conoces explica a cuál se parece.

Justificación	Puntaje
El estudiante explicará las características de la reproducción asexual, pudiendo mencionar el caso particular de la poliembrionía. Dado que existe fecundación, también es posible que argumente la presencia de reproducción sexual.	Explica e identifica al menos la reproducción asexual: 1 pto. Solo menciona la reproducción sexual: 0.5 ptos

9. En el libro original de *Un Mundo Feliz*, en el capítulo 8, mencionan que existe una “Reserva de salvajes” (una isla con humanos que no están actualizados en tecnología). En esta población todavía existen embarazos naturales y no están categorizados por grupos sociales. Jhon es un habitante de esta reserva, que se traslada al mundo “civilizado”, y al conocer este mundo le agrada la tecnología y las comodidades. ¿cuál crees que sea su reacción al darse cuenta del proceso por medio del cual “cultivan” seres humanos, y del hecho de que existan castas bajas (épsilon) en grandes cantidades de clones idénticos destinados a servir a los demás?

Justificación	Puntaje
Pregunta de opinión que pretende evaluar la actitud del estudiante por emitir un juicio, ya sea a favor o en contra, frente al uso del conocimiento científico en pro de un sector de la sociedad	Expresa su opinión: 1 pto

- 10. Imagina que en la historia se propaga una enfermedad grave provocada por una población de bacterias muy agresivas que no pueden controlar. ¿Qué personajes, de la población humana, serían probablemente los principales afectados dentro de la historia? Argumenta tu respuesta**

Justificación	Puntaje
El estudiante debe analizar qué tipo de reproducción tiene cada sector ("casta") de la población, y evaluar en qué grupo existe variabilidad genética de tal manera que tengan mayor probabilidad de contener algún gen, que en determinado momento les confiera resistencia frente a una determinada epidemia. Por lo tanto, el alumno deberá argumentar que aquellos grupos de individuos obtenidos por reproducción asexual (clones) no tienen la misma probabilidad de supervivencia que los que se reproducen sexualmente.	Identifica y explica las ventajas de la reproducción sexual frente a un ambiente cambiante : 1 pto Solo menciona algunas ideas relacionadas con la reproducción sexual: 0.5 ptos

- 11. Supongamos que tú formas parte de un importante grupo de investigadores, perteneciente al área de Reproducción. El gobierno de tu país está decidido a no otorgar más apoyos económicos para llevar a cabo proyectos de investigación científica. Además de que tu puesto laboral está en riesgo, necesitas convencerlos de que la Actividad Científica es necesaria para la comunidad ¿En qué consiste tu proyecto de investigación, y porqué sería importante que te apoyaran?**

Justificación	Puntaje
El alumno debe justificar la importancia de la reproducción en los seres vivos, siendo el proceso por medio del cual se permite la generación de nuevos individuos y la perpetuidad de las especies. Además, podrá explicar algún beneficio que los seres humanos han obtenido gracias a la manipulación de dicho conocimiento en diversas áreas, tales como salud, economía, ecología, alimentos, industria, etc.	Puntaje Explica la importancia de la reproducción como función biológica y argumenta algún beneficio obtenido a partir de su conocimiento: 1 pto Solo menciona algunas ideas sobre el tema: 0.5 ptos

Tabla 2. Clasificación de los reactivos del cuestionario RIRC, de acuerdo con el tipo de tarea de memoria.

TIPO DE TAREA DE MEMORIA	RECUENTO:	IDENTIFICACIÓN	RECUERDO	CONTEXTUALIZACIÓN
	Recordar la historia y volverla a contar incluyendo la mayor cantidad de conceptos biológicos, insertados en la trama coherentemente.	Preguntas de opción múltiple que implica identificar y/o comprender un concepto biológico en particular.	Preguntas abiertas que solicitan al estudiante identificar y explicar algún concepto sin ofrecerle demasiada información.	Se ofrecen situaciones nuevas que presentan un problema y que su solución requiere de la comprensión y aplicación del tema principal.
Número de pregunta	No. 1	No. 3 No. 4 No. 7	No. 2 No. 5 No. 6 No. 8	No. 10 No. 11

La pregunta número 9 no está incluida en la tabla anterior dado que su diseño no corresponde al modelo RIRC. El diseño de ella se enfocó principalmente a evaluar la actitud del estudiante frente al uso del conocimiento científico, y si es capaz de externar alguna postura ética respecto al mismo.

4.4 Cuestionario de Opinión

Debido a que existe un interés especial en obtener información relacionada directamente con la secuencia didáctica, y que la opinión de los estudiantes suele arrojar información valiosa (Jiménez, 2008), se diseñó un cuestionario compuesto por diez preguntas abiertas, que en particular buscaron recabar información sobre tres aspectos principales: la percepción del estudiante acerca del logro de objetivos de aprendizaje, el agrado o rechazo hacia las actividades didácticas utilizadas, y el desempeño docente.

4.5 Análisis Estadístico

Gracias a la naturaleza propia de algunos productos generados por los estudiantes (modelos tridimensionales y narrativas), el análisis que se realizó para algunos casos fue de tipo cualitativo. Para el análisis de resultados cuantitativos se realizó estadística descriptiva.

En el caso particular de la evaluación final, se generaron dos conjuntos de datos debido a que, además de aplicarse en el grupo que tuvo la intervención didáctica, también se aplicó en otro grupo de estudiantes del mismo semestre (el cual no trabajó con la secuencia didáctica). Debido a que las preguntas de esta evaluación se pueden clasificar en 4 grupos distintos (o vectores), es posible obtener en cada grupo de aplicación 4 medias, que se deben tomar en cuenta al momento de ser comparados. Por lo tanto, los resultados de ambos grupos se analizaron mediante un test de Hotelling, el cual es una generalización multivariante de la distribución t de Student (Cuadras, 2007), con el objetivo de verificar si existían diferencias significativas como resultado de la intervención didáctica.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se presentan en esta sección en el orden temporal que se fueron obteniendo. Es decir, primero se muestra un resumen general de los datos obtenidos en la prueba piloto, y posteriormente se detallan los resultados de las tres sesiones en las que se aplicó la secuencia didáctica. Dado que las actividades didácticas están diseñadas en función de algún objetivo de aprendizaje, al final de cada análisis se hará una discusión en torno a ellos.

5.1 Resultados Prueba Piloto

Al iniciar la primera sesión se llevó a cabo una lluvia de ideas que permitió hacer un sondeo de las ideas previas que existen en el grupo en torno al tema de reproducción. Dado que fue una participación grupal no se generaron datos cuantitativos, pero fue una actividad de gran valor didáctico puesto que promovió la participación oral de los estudiantes y propició un ambiente en el aula favorable para la enseñanza.

La siguiente actividad consistió en la lectura de artículos de divulgación científica. Estos textos fueron los recursos a partir de los cuales se construyeron 8 narrativas con contenido científico. Esta actividad se diseñó para que los estudiantes alcancen objetivos tanto conceptuales como procedimentales, puesto que a partir de la lectura de un texto de divulgación científica los estudiantes deben identificar, comprender y comunicar determinado contenido biológico. Para evaluar la calidad de estas narrativas se utilizó una rúbrica que abarca tres criterios (Anexo 5), de los cuales el criterio contenido científico se analizó particularmente con el fin de evidenciar la comunicación escrita de los conceptos biológicos aprendidos en clase.

De acuerdo con los niveles de desempeño establecidos en la rúbrica, tres de las ocho narrativas construidas muestran un nivel adecuado para el dominio del contenido científico, 3 alcanzan un nivel regular, y dos requieren apoyo. Por criterio de espacio, en la Tabla 3 se muestran algunos fragmentos extraídos de dos narrativas (una con nivel adecuado y otra que requiere apoyo), para ejemplificar la inclusión de conceptos biológicos a lo largo de la historia, y mostrar el propósito que perseguía cada equipo con su narrativa. En el Anexo 9 se incluyen estas dos narrativas completas.

Gracias al análisis cualitativo de estas narrativas, y a la supervisión constante durante la sesión, se observó que esta actividad fomentó en los estudiantes disposición por participar colectivamente e intercambiar información e ideas para realizar un trabajo adecuado. Esta afirmación se respalda también con la evidencia de las narrativas generadas por los equipos formados al azar. En uno de los trabajos de investigación didáctica se ha reportado que los estudiantes expresan opiniones a favor de trabajar actividades cooperativas, debido a que con

ello se logra aprender otros contenidos que son más difíciles de aprender si se trabaja solo, además de que resulta más ameno (Ruiz, 2012).

Tabla 3. Comunicación escrita de los conceptos biológicos relacionados con el tema de reproducción a través de narrativas.

Narrativa	Nivel	Comunicación científica: Propósito	Conceptos biológicos incluidos en una expresión narrativa
Equipo A	Adecuado	Tipo de reproducción del ajolote (sexual), el cortejo y la importancia de este proceso.	<p><i>"... el príncipe prefería ajolotes con labios de la cloaca anchos y no ajolotes con cuerpo robusto..."</i></p> <p><i>"... se necesitaba un ajolote hembra para la reproducción sexual y fecundación..."</i></p> <p><i>"... hoy te voy a enseñar el vals [...] es un vistoso ritual en el cual vas a ser atraído ..."</i></p> <p><i>"... depositarás [...] tu espermátóforo [...] sobre la cual la hembra se posiciona..."</i></p> <p><i>"Al estar en el exterior se dio cuenta que ya no existían muchos de su especie..."</i></p>
Equipo B	Requiere Apoyo	Tipo de Reproducción Asexual: Partenogénesis	<i>"... Pero la abeja reina [...] decidió ser madre soltera."</i>

El análisis cualitativo también permitió evaluar, de manera formativa, cómo incluían los conceptos biológicos en una historia, con el fin de detectar si éstos realmente son comprendidos e integrados coherentemente. De forma adicional, es posible detectar cuáles conceptos son más utilizados y cuáles no figuran en ninguna historia, lo cual posiblemente podría indicar que no existe una asimilación de ellos.

En cuanto a la explicación oral de la narrativa, esta actividad permitió verificar la comprensión del tema y la capacidad de los estudiantes para comunicar los contenidos declarativos adquiridos hasta ese momento. En esta actividad no se obtuvieron datos numéricos, pero su importancia radica en que permitió a los estudiantes desarrollar habilidades de comunicación oral y tener una retroalimentación inmediata.

Con respecto a los resultados obtenidos del cuestionario de la lectura del capítulo del libro de Huxley (1981), sólo 12 estudiantes de 21 obtuvieron una calificación aprobatoria, y el promedio grupal obtenido fue de 6.5. De acuerdo con los comentarios expresados en el cuestionario de opinión, esta actividad fue percibida como difícil de realizar y no fue del agrado de todos. Es posible que la causa de lo anterior sea la redacción propia de la novela y el poco gusto hacia la lectura que manifestaron algunos estudiantes (Gráfica 4).

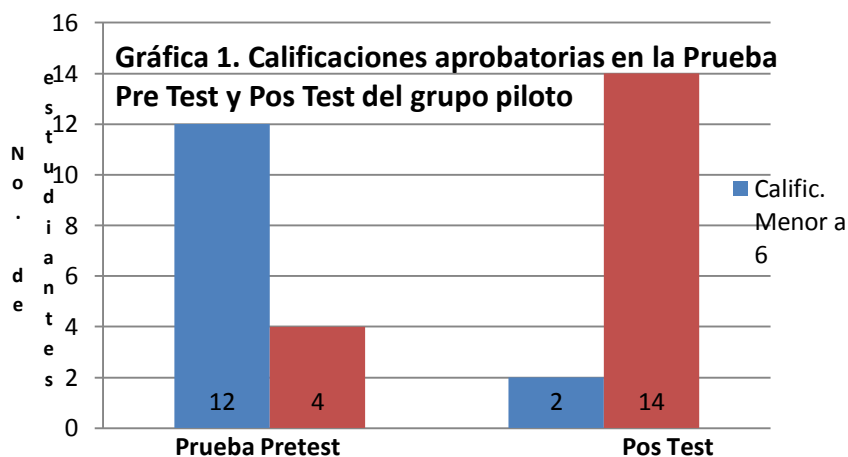
Finalmente, uno de los recursos que permitió detectar cambios generales en el aprendizaje del grupo piloto fue la aplicación de una prueba de evaluación pre test y pos test estilo KPSI (sección 3.2.4). Esta prueba consistió en solicitar a los estudiantes que mencionaran el nivel de

conocimientos que tenían en relación a nueve conceptos vinculados con el tema de reproducción. Además de esta reflexión, se les solicitó que describieran lo que sabían de esos conceptos, y también se les pidió que argumentaran de manera más amplia las respuestas de dos preguntas específicas relacionadas con el mismo tema.

Otra característica importante de esta prueba es que se les pidió a los estudiantes que respondieran el pos test en el mismo test que habían contestado en la primera sesión, con el fin de que ellos corrigieran o ampliaran sus respuestas. El propósito de lo anterior consiste en fomentar la autoevaluación en los estudiantes.

La cantidad de estudiantes que acudieron a la última sesión fue de 20; sin embargo, sólo 16 de ellos contestaron tanto el pre test como el pos test, por lo que solo se compararon los resultados de esos alumnos con el objetivo de detectar si existía alguna diferencia en la contestación del cuestionario antes y después de la secuencia didáctica.

Los resultados mostraron cambios positivos en las respuestas de los alumnos, de tal manera que se incrementó notoriamente la cantidad de estudiantes que obtuvieron una calificación aprobatoria en la prueba pos test (Gráfica 1).



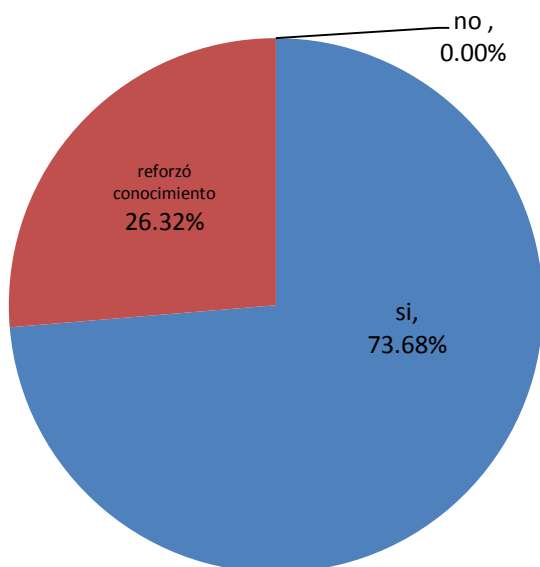
Es importante mencionar que en la primera sesión dos terceras partes de los estudiantes señalaron “conocer algo” de los conceptos que contenían el cuestionario; sin embargo, no todos eran capaces de expresarlo de forma escrita.

De acuerdo con González (2010) la autoevaluación es algo que no siempre se considera dentro de la evaluación, pero reviste gran importancia puesto que permite al alumno que se dé cuenta de sus propias incoherencias, y que se le fomente el uso de la lógica para que reestructure sus ideas y las “corrija”. Fraile (2010) indica además que con pruebas de autoevaluación (como serían los cuestionarios KPSI) se promueve el perder el miedo a autoevaluarse y llevar un control de la evolución de su conocimiento. Por lo tanto, la actividad del pos test permitió que

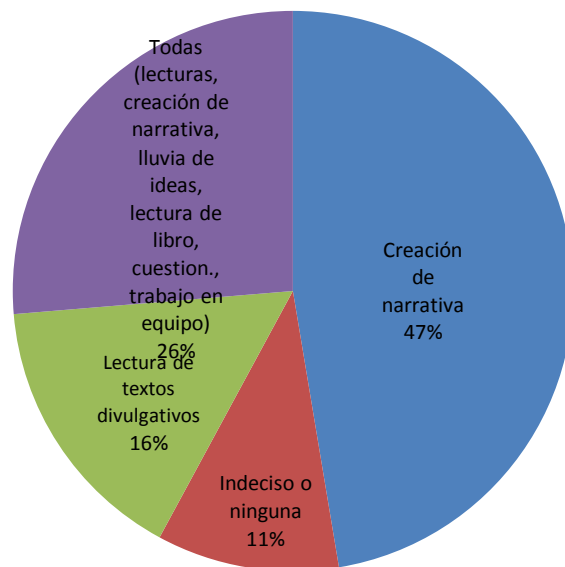
ellos evaluarán si las ideas que tenían eran correctas o no y que comprendan que es válido corregirlas.

Finalmente, con el fin de obtener información relacionada con la aceptación de la secuencia didáctica y de las actividades de aprendizaje, se aplicó un cuestionario de opinión que fue contestado por 19 alumnos. En dicho cuestionario se obtuvieron los siguientes datos relevantes: después de las dos sesiones de trabajo, el 73% de los alumnos consideran que aprendieron algo (Gráfica 2); al 47% de los estudiantes la actividad que más les gustó fue la elaboración de la narrativa, adicionalmente el 26% señaló que todas las actividades fueron de su agrado (Gráfica 3); y, finalmente, la actividad específica que a la mayoría no les gustó fue leer, con tan solo el 21% (Gráfica 4).

Gráfica 2. ¿Consideran que aprendieron algo?



Gráfica 3. Actividad Preferida



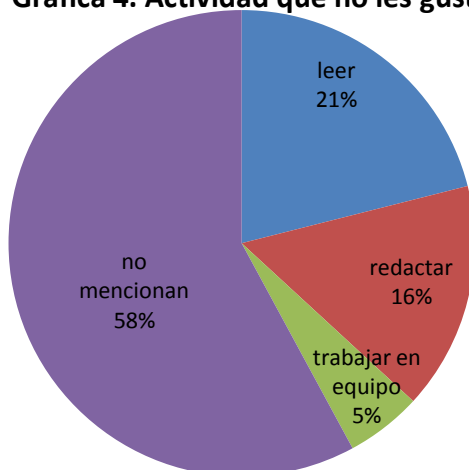
En general, con estos resultados se pudo concluir que el diseño de la secuencia didáctica incluía actividades didácticas atractivas para los estudiantes, las cuales favorecieron el aprendizaje del contenido conceptual en los estudiantes.

Es importante remarcar que la lectura es una actividad fundamental en educación, ya que posibilita el aprendizaje y fomenta el desarrollo de diversas habilidades cognitivas. Debido a ello, es necesario que los docentes generen propuestas didácticas atractivas que promuevan este hábito en los estudiantes (Gámez, 2012). Por lo tanto, se rediseñó la actividad que incluía la lectura de la novela de Huxley, generando una adaptación de la novela, en la que además se agregó imágenes para ofrecer un texto más atractivo visualmente. Como consecuencia, se modificó el cuestionario correspondiente procurando que las preguntas no sólo estuvieran

relacionadas con el contenido científico de la novela, sino que también evidenciara la comprensión del tema de reproducción, tomando como pretexto la trama de la historia.

Debido a lo anterior, se modificó parte de la secuencia y se incluyó el uso de otros recursos didácticos con el fin de obtener mejores resultados en el aprendizaje de los estudiantes.

Gráfica 4. Actividad que no les gustó



5.2 Resultados Secuencia Didáctica

La primera actividad realizada por los estudiantes consistió en la elaboración de un modelo tridimensional que les ayudara a explicar un determinado tipo de división celular. Para poder elaborarlo los alumnos necesitaron identificar primero qué tipo de división celular ocurría en la célula que se indicaba en el ejercicio asignado (Anexo 1). La evaluación de esta actividad fue de forma cualitativa por medio de la observación de los esquemas y del análisis de la explicación oral que realizaba el equipo. En total se obtuvieron diez esquemas, en el Anexo 10 se incluyen tres para mostrar algunos ejemplos de los trabajos realizados por los estudiantes.

De los productos obtenidos en esta actividad, uno de los modelos de plastilina contenía ideas confusas del significado de división celular. Debido a ello, cuando el equipo terminó de explicar oralmente el proceso, se procedió a corregir y pedirles que volvieran a explicar en qué consistía el tipo de división celular asignado. En cuanto a los otros nueve esquemas la representación fue adecuada, además de ser coherente con la elección del tipo de división celular. También, cabe resaltar que en cinco de los esquemas, además de la explicación oral, agregaron correctamente una descripción escrita del proceso. Es importante indicar que con esta actividad se pudo retroalimentar a los alumnos, casi de manera particular, sobre las dudas que existían en torno al proceso de división celular.

Gracias a esta actividad se pudo detectar que la mayoría de los equipos pudieron distinguir y explicar las diferencias principales entre la división mitótica y meiótica, identificando además las células en las que ocurren dichas divisiones celulares, lo cual correspondía con los objetivos conceptuales de esta sesión. Por lo tanto la generación de estos modelos tridimensionales permitió que los estudiantes tuvieran otros medios, además del lenguaje, para dar a conocer las representaciones mentales que tienen sobre determinados conceptos, tal como propone Tamayo (2006).

Al finalizar la sesión se aplicó un cuestionario, de forma individual, en el que se incluyeron conceptos del tema división celular (Anexo2). En este cuestionario se incluyeron también otros conceptos que nos permitieron indagar ideas previas relacionadas con el tema de reproducción, dado que es el tema que se trabajaría la siguiente sesión. Debido a lo anterior, el propósito de este cuestionario fue tanto formativo como diagnóstico y, más que asignar una calificación, se hizo un análisis para detectar los principales problemas de aprendizaje que podían seguir prevaleciendo sobre el tema división celular.

Los resultados mostraron que, a pesar de que los estudiantes pudieron explicar el proceso de división celular en pareja, solo un 30% de los estudiantes (de manera escrita e individual) fue capaz de mencionar las similitudes entre mitosis y meiosis, y muy pocos fueron capaces de explicar las diferencias entre ambos procesos. También se detectó que la mayoría de los estudiantes tenía problemas conceptuales en torno al tema material genético, a pesar de que se representó con figuras de fomi y se hizo énfasis en varios conceptos (haploide, diploide, cromosoma, cromátide, etc.). Estos resultados, en conjunto, coinciden con la investigación realizada por Fuentes (2006).

Con estos resultados se puede observar que mientras los estudiantes pueden explicar un concepto biológico cuando lo hacen por equipo, eso no sucede cuando lo hacen de manera individual. Por lo tanto, es evidente que trabajar en equipo contribuyó a que los estudiantes se retroalimentaran y consiguieran alcanzar ciertas metas que les resultan más difíciles cuando las actividades las hacen solos (Vigotsky, 1978 y Johnson *et al.* 1995).

Respecto a las ideas previas de reproducción, más de la mitad de los estudiantes definieron bien el concepto de fecundación, sin embargo muy pocos pudieron definir el significado de descendencia, el cual es un concepto indispensable para abordar el tema de reproducción. De manera adicional, muy pocos estudiantes identificaron la importancia de dicho proceso en los sistemas vivos y las ventajas de contar con dicho conocimiento. Estos resultados coinciden con las investigaciones sobre ideas previas, relacionadas con el tema de reproducción, que realizó Fuentes (2006), y que deben tomar en cuenta los docentes para no contribuir con un futuro aprendizaje memorístico.

Debido a los resultados anteriores, en la sesión 2 se retomó el tema de división celular pidiendo la participación del grupo para reforzar los conocimientos, corregir concepciones erróneas y retroalimentar en caso de dudas. Esta actividad fue importante dado que es un tema necesario para comprender las diferencias entre la reproducción sexual y asexual.

Una vez que concluyó la exposición del docente, los estudiantes leyeron de forma individual un artículo de divulgación científica en el que se aborda como tema central la reproducción del algún sistema vivo. Al igual que con el grupo piloto, algunos estudiantes mencionaron que ésta actividad fue agradable. Lo anterior puede deberse al hecho de que este tipo de textos evitan una carga excesiva de tecnicismos, la cual en ocasiones es visto por los alumnos como algo desmotivador (Tapia, 2005).

Posteriormente los alumnos construyeron por equipo ocho narrativas que incluía contenido científico. Estas narrativas se evaluaron utilizando la rúbrica del Anexo 5, obteniendo seis de ellas con un nivel regular, y dos que requieren apoyo. Con el fin de mostrar la manera en que los estudiantes incluyeron el contenido biológico, en la Tabla 4 se hizo una recopilación de las frases narrativas que aludían a ciertos conceptos biológicos. Se incluyó el propósito que perseguían los estudiantes con esta narrativa, la cual manifestaron oralmente. Por criterio de espacio, en el Anexo 9 solo se muestra tres narrativas completas (dos con nivel regular y una que requiere apoyo).

En la última sesión, se leyeron las narrativas ante el grupo y el equipo explicó el propósito principal que tenía cada una de ellas. Dado que algunas narrativas comunicaban poco contenido biológico, se pidió a esos equipos que complementaran la información haciendo un breve resumen del artículo de divulgación científica, con el objetivo de que enfatizaran el proceso reproductivo correspondiente. Es importante indicar que en cada una de las narrativas el docente realizó retroalimentación, puntualizando la importancia del proceso reproductivo en los distintos sistemas vivos y el valor de contar con dicho conocimiento.

A pesar de que los estudiantes realizaron narrativas con una trama más sencilla, comparadas con las del grupo piloto, no descuidaron la intención o propósito principal de comunicar determinado contenido biológico. Lo anterior cobra importancia ya que el crear narrativas no es una actividad común para ellos, y menos que ésta contenga conceptos científicos.

Tabla 4. Frases narrativas y conceptos biológicos extraídos de las narrativas, elaboradas en equipo, relacionadas con el tema de reproducción.

Narrativa	Nivel	Comunicación científica: Propósito	Expresión narrativa	Conceptos biológicos
Equipo 1	Regular	Beneficios de conocer la biología de los hongos y su tipo de reproducción	<p><i>"... quería invadir una penca"</i></p> <p><i>"... infectar toda la penca a través de sus esporas"</i></p> <p><i>"... provocó grandes pérdidas millonarias"</i></p> <p><i>"... sacar la cura a través de un hongo"</i></p>	<p>Parasitismo</p> <p>Tipos de reproducción (sexual y asexual)</p> <p>Impacto e importancia económica (beneficios farmacéuticos)</p>
Equipo 2	Regular	Tipos de Reproducción en plantas y beneficios económicos	<p><i>"... un señor quería reproducir muchos anturios"</i></p> <p><i>"... una era más larga que otra. Una era la germinación y la otra in vitro"</i></p> <p><i>"... se dio cuenta que salían iguales del que provenían"</i></p> <p><i>"... tuvo que hacer el otro tipo de reproducción para que variaban los colores"</i></p>	<p>Reproducción: Importancia</p> <p>Reproducción sexual y asexual</p> <p>Clones</p> <p>Diversidad Biológica</p>
Equipo 3	Regular	Tipo de Reproducción Sexual en orquídeas y estrategias exitosas	<p><i>"... vio una hermosa abeja que llamó mucho su atención"</i></p> <p><i>"... había sido engañado por una orquídea"</i></p> <p><i>"... se dio cuenta que era una hermafrodita"</i></p> <p><i>"... y tuvo pseudocópula [...] escapó tratando de olvidar el engaño"</i></p>	<p>Polinizadores específicos</p> <p>Estrategia reproductora: Mimetismo</p> <p>Flores hermafroditas (ambos sexos)</p> <p>Polinización (Reproducción sexual)</p>
Equipo 4	Regular	Reproducción sexual en algunos animales: hermafroditismo secuencial	<p><i>"Pepe era seguido por un gran número de bellas hembras..."</i></p> <p><i>"... las pececitas [...] tenían un gran secreto, podían transformarse"</i></p> <p><i>"... quién sería el macho dominante ahora"</i></p>	<p>Población y tipo de asociación reproductiva</p> <p>Hermafroditismo (secuencial)</p> <p>Pautas de conducta que determinan el cambio de sexo</p>
Equipo 5	Regular	Tipo de Reproducción Asexual: Partenogénesis	<p><i>"... ella sólo atraía a machos feos así que recurrió a la partenogénesis"</i></p> <p><i>"... fue observando que hacían lo mismo los rotíferos, insectos anfibios y reptiles..."</i></p> <p><i>"Cuando por fin encontró a Paquito [...] quiso tener hijas con él..."</i></p>	<p>Partenogénesis: Reproducción asexual</p> <p>Variedad de animales que practican partenogénesis.</p> <p>Determinación del sexo.</p>
Equipo 6	Regular	Reproducción sexual y conducta de cortejo	<p><i>"... Bond tenía los labios de la cloaca inflamados"</i></p> <p><i>"... la vio y empezó a girar alrededor de ésta"</i></p> <p><i>"...soltó sus espermatozoides en el agua"</i></p>	<p>Dimorfismo sexual</p> <p>Cortejo</p> <p>Tipo de Fecundación</p>
Equipo 7	Requiere Apoyo	Reproducción asexual y regeneración	<p><i>"... le estaba creciendo un nuevo brazo que era idéntico al anterior"</i></p>	<p>Regeneración</p>
Equipo 8	Requiere Apoyo	Reproducción sexual en animales	<p><i>"... Witzzy adquiere un color específico mucho más pronunciado que el de Lola"</i></p>	<p>Dimorfismo Sexual</p>

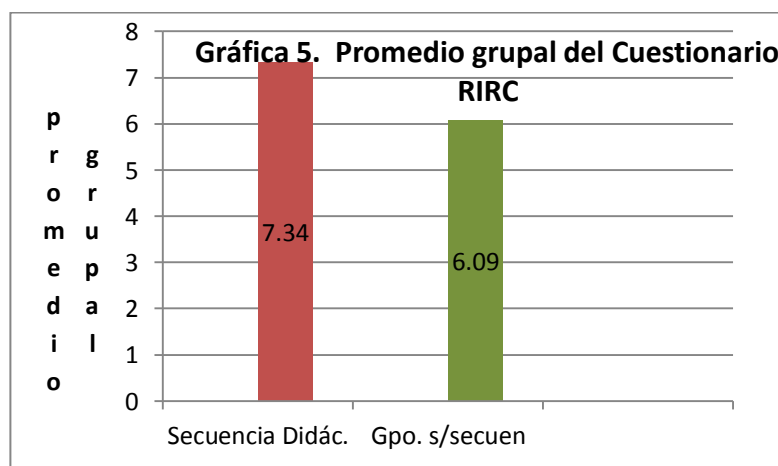
En general, con la creación de narrativas se logró que los estudiantes desarrollaran varias habilidades. Por ejemplo, en relación a la comprensión lectora, fue necesario que supieran localizar y comprender determinada información contenida en un texto de divulgación científica. Posterior a ello tuvieron que poner en práctica habilidades de comunicación escrita y argumentación. Así, para poder estructurar su historia, los estudiantes tuvieron que conocer la estructura que guarda una narrativa, la cual es similar a la de otros tipos de texto que el estudiante utiliza en su vida estudiantil. Por otro lado, al trabajar en un equipo formado al azar practicaron actitudes de respeto, tolerancia y cooperación.

Una ventaja adicional es que con esta actividad se estimuló el potencial creativo de los estudiantes, el cual no siempre se promueve durante las clases de ciencia. Esta creatividad tiene gran valor pues, como señala Iglesias (2009), cuando los estudiantes resuelven determinadas tareas con creatividad, incrementan su autoestima y se involucran en su propio aprendizaje.

Por último, se analizan los resultados obtenidos a partir de la evaluación final (cuestionario RIRC). Es importante recordar que esta misma evaluación se aplicó a otro grupo de estudiantes del mismo semestre, al cual no se le aplicó la secuencia didáctica descrita en este trabajo, aunque sí tuvieron una intervención didáctica independiente en la que se enseñó el tema de reproducción.

La aplicación de este instrumento de evaluación nos permitió obtener una calificación general por cada estudiante, de acuerdo con su desempeño en el mismo. Por lo tanto, con estos datos fue posible obtener dos promedios grupales.

Como podemos observar en la Gráfica 5, los dos grupos obtuvieron un promedio general aprobatorio, con una pequeña diferencia entre sí, mostrando un promedio mayor el grupo al que se le aplicó la secuencia didáctica.



Es importante recordar que el cuestionario RIRC incluye once preguntas que están clasificadas en cuatro categorías de acuerdo con su diseño (sección 7.3). Gracias a ello fue posible realizar comparaciones entre el grupo al que se le aplicó la Secuencia Didáctica (grupo SD) y el Grupo Sin secuencia (grupo S/S) en función de las siguientes categorías:

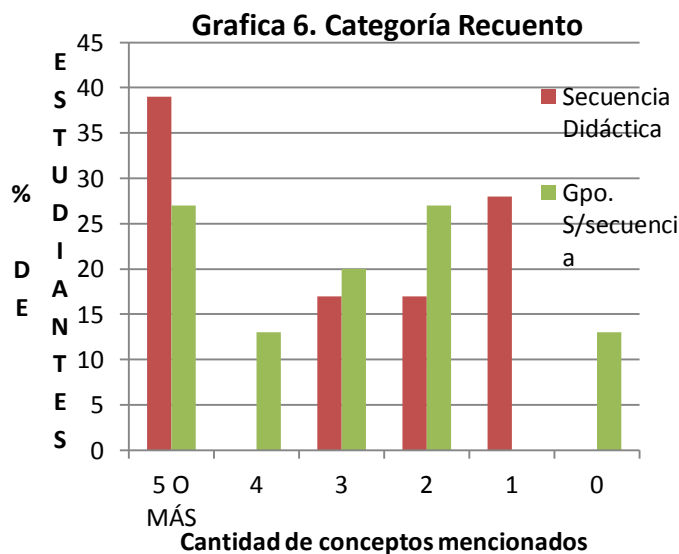
- a) actividad de recuento
- b) identificación (opción múltiple),
- c) recuerdo (asistido por preguntas),
- d) contextualización

Adicionalmente se construyó una pregunta que permitiera al estudiante reflejar su postura ética frente al uso del conocimiento científico, de tal forma que evidenciara en cierta forma sus actitudes y valores.

La primera pregunta del cuestionario corresponde a la categoría de recuento y se solicita que recuerden y cuenten la historia. En su respuesta es posible que los alumnos mencionen hasta once conceptos biológicos diferentes. Por lo tanto, para comparar ambos grupos se contabilizó la cantidad de conceptos diferentes que mencionaban los estudiantes, y se les agrupó en función de las cantidades calculando para cada caso los respectivos porcentajes.

Cabe mencionar que en ninguno de los grupos hubo estudiantes que pudieran mencionar dentro de su recuento los once conceptos biológicos. Debido a ello en la gráfica 6 se observan seis categorías, las cuales abarcan estudiantes que mencionan desde cero hasta cinco (o más) conceptos biológicos. Como podemos observar existe una ligera diferencia a favor del grupo SD ya que cerca del 40% de estudiantes mencionaron en su recuento 5 o más conceptos biológicos, en comparación con el 27% que menciona la misma cantidad del grupo S/S. Es importante añadir que no hubo un solo estudiante del grupo SD que hubiera dejado sin contestar esta pregunta, en comparación con el 13% de estudiantes del grupo S/S que dejó en blanco este espacio.

Una de las características de esta pregunta es que, para poder contestarla, además de emplear la memoria, se requiere comprender la historia. Por lo tanto, la respuesta del estudiante ayuda al docente a evaluar la comprensión lectora, es decir la capacidad que tiene el estudiante de reproducir de forma resumida el contenido del texto leído. Es importante indicar que en el proceso de comprensión intervienen diversos factores, entre los cuales figura el nivel cultural del lector y los conocimientos previos que tenga del tema, de tal forma que la comprensión de un texto puede verse limitada hasta cierto punto por no entenderse el significado de una palabra (Sanz, 2006).



En la narrativa utilizada para la evaluación final, las oraciones con mayor probabilidad de no ser comprendidas son aquellas que incluyen conceptos científicos, los cuales fueron enseñados en sesiones anteriores; por lo tanto, en la síntesis que elaboren los estudiantes no tendrían por qué omitirlas, a menos de que persistiera duda o confusión en torno a su significado. De ahí la importancia de verificar la cantidad de conceptos biológicos que incluyen al hacer el recuento de la historia, ya que para poder recontar o parafrasear la narrativa, los estudiantes no sólo dependen del potencial de recuerdo que tengan de la trama sino que dependen además del conocimiento y significado que atribuyan a cada uno de los conceptos biológicos insertados en la historia. Considerando lo anterior, resulta positivo observar mayores niveles de detalle en el recuento de la historia de los estudiantes del grupo SD.

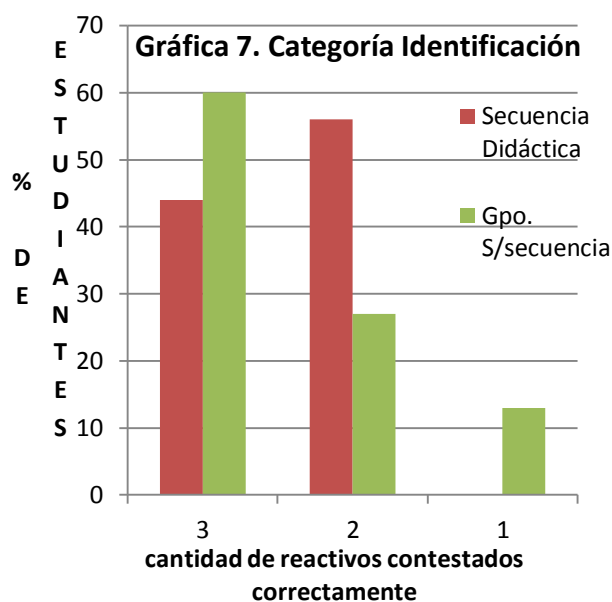
Es importante mencionar que los estudiantes del grupo S/S hicieron un recuento de la narrativa más breve, e incluso hubo alumnos que decidieron dejar en blanco esta pregunta. Sanz (2006) argumenta que existe una relación muy estrecha entre la comprensión de un texto y la elaboración de un resumen; sin embargo, la tarea de resumir es más compleja que la comprensión ya que, además de exigir una representación interna del mensaje comprendido, el lector debe decidir cuáles son los elementos importantes y relevantes de esa representación. Entonces, las diferencias observadas en la contestación de esta pregunta se puede deber a distintos motivos, entre los cuales pueden figurar desde una apatía y desinterés por el instrumento de evaluación, hasta una imposibilidad en la capacidad de análisis, comprensión y síntesis.

Cabe mencionar que en el recuento principalmente se recuperaron conceptos relacionados con la reproducción sexual, a pesar de que en la historia también se abordaba en gran medida el tipo de reproducción asexual. Por lo tanto, estos resultados evidencian que, a pesar de que los

estudiantes revisaron ambos tipos de reproducción, siguen enfocando su atención en la reproducción sexual, posiblemente porque sigue prevaleciendo una visión antropocentrista.

La siguiente categoría de preguntas pertenece a la de identificación (de tipo opción múltiple). Este tipo de reactivos retomaban un suceso de la narrativa, a partir del cual se generaba una pregunta, cuya respuesta requería no solo del recuerdo de la historia, sino también de la comprensión de cierto contenido aprendido en sesiones previas.

Como podemos observar en la gráfica 7, ambos grupos (grupo SD y grupo S/S) tuvieron casi un 50% de estudiantes que contestaron acertadamente todas las respuestas de esta categoría. En este caso existe una diferencia que favorece al grupo S/S; sin embargo, en el grupo SD el 100% de los estudiantes contestaron correctamente de 2 a 3 preguntas, a diferencia del grupo S/S, en los cuales hubo un pequeño porcentaje (13%) que contestó acertadamente sólo una pregunta de opción múltiple.



Es común que se asocien las preguntas de opción múltiple con un tipo de memorización simple; sin embargo, se ha evidenciado que es posible diseñar preguntas que midan actividades intelectuales de orden superior, como resolución de problemas, creatividad y capacidad de síntesis (Jara, 2015). En esta prueba, el diseño de las preguntas de opción múltiple involucraba particularmente la comprensión del tema; por lo tanto, los resultados observados permiten suponer que en general los estudiantes lograron una asimilación aceptable del contenido conceptual, lo que a su vez les facilitó realizar la comprensión lectora de un texto con contenido científico.

Sin embargo, una de las debilidades de este tipo de reactivos es que existe la posibilidad de que algunos estudiantes contesten correctamente las preguntas debido al azar, y no a su conocimiento del tema. Por este motivo se sugiere realizar un análisis matemático que

evidencie la ocurrencia de dicho evento en estos grupos. Dado que, de los once reactivos que contenía la evaluación final, sólo tres eran de este tipo, y la probabilidad de que contestara un estudiante las tres preguntas correctamente debido al azar era baja, no se llevó a cabo dicho análisis.

Otra posible desventaja del uso de estas preguntas es que, la probabilidad de que los estudiantes copien las respuestas a sus compañeros aumenta dependiendo de la distribución y cercanía de los mismos. Es importante señalar que en el grupo S/S, no hubo un control estricto por parte del docente titular por lo que, a pesar de las indicaciones durante la evaluación, hubo varios casos en los que se observó que los estudiantes intercambiaron información. Es importante indicar que en congruencia con lo anterior, varios estudiantes del grupo S/S manifestaron, en el cuestionario de opinión, que prefieren evaluaciones de opción múltiple.

En cuanto a la categoría recuerdo, las preguntas solicitan al alumno que recuerde e indique, y en algunos casos explique de forma breve, cierto tipo de contenido biológico, sin que para ello se les proporcione muchas pistas al respecto. Debido a que son preguntas abiertas se asignó un gradiente en la puntuación de las respuestas. Es decir, ya que la respuesta podía ser concisa, incompleta o errónea, el valor asignado a la misma podía fluctuar entre 1, 0.5 y 0 puntos, respectivamente. Como esta categoría incluía cuatro preguntas, cada estudiante podía alcanzar hasta un máximo de 4 puntos.

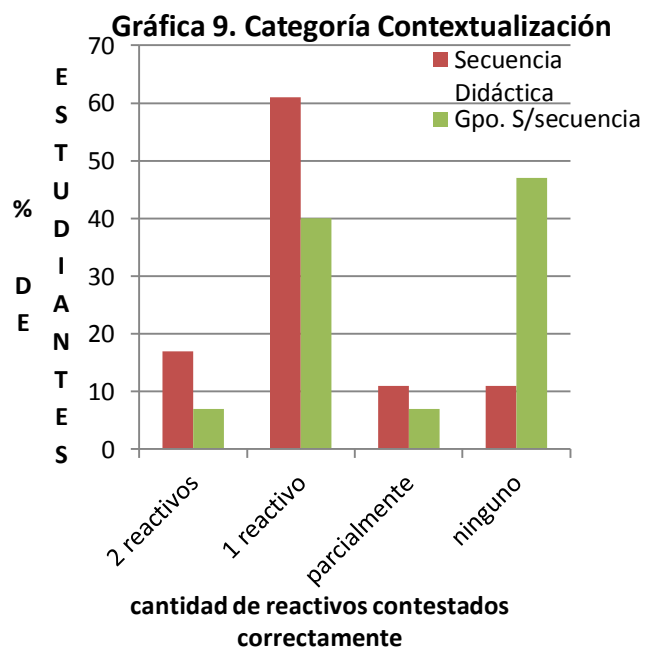
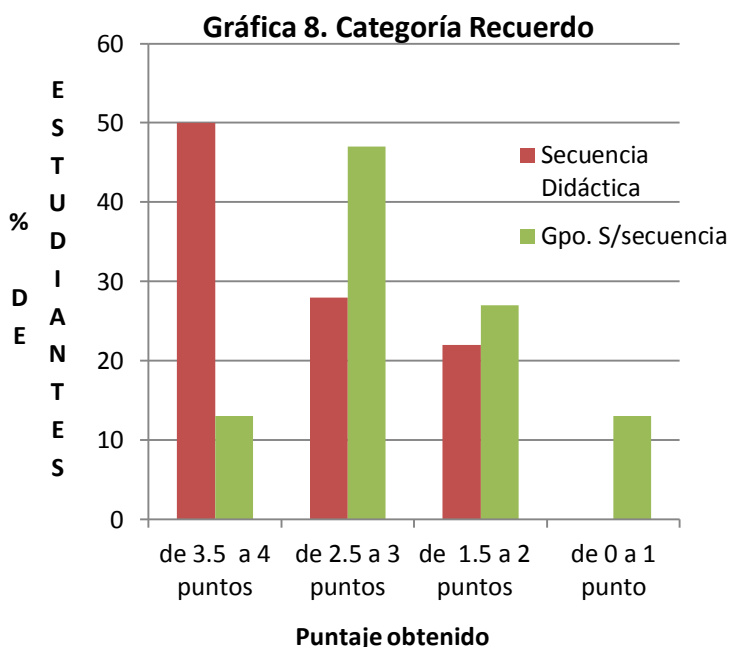
Los resultados mostraron que el 50% de los estudiantes del grupo SD logró alcanzar más de 3.5 puntos, frente a un 13% de estudiantes pertenecientes al grupo S/S que lograron alcanzar el mismo puntaje (Gráfica 8). Otro resultado positivo fue que el mínimo puntaje alcanzado por los estudiantes SD fue de 1.5 comparado con el grupo S/S en el que hubo estudiantes con cero puntos.

El análisis cualitativo de las respuestas permitió detectar que los estudiantes lograron identificar en la narrativa los dos tipos de reproducción, pudiendo explicar la mayoría de ellos tanto las diferencias principales, como las ventajas y desventajas.

Es importante indicar que una de las características de estas preguntas es que la demanda intelectual para responderlas es mayor que con las de opción múltiple, ya que requieren que el alumno tome dos decisiones: qué decir y cómo decirlo (Morales, 1995). Estas dos decisiones son indispensables en las preguntas de esta prueba, ya que se diseñaron para que el alumno muestre comprensión de lo que dice y ejercite habilidades de expresión escrita para comunicar dichos procesos.

En este contexto, resulta valioso que todos los estudiantes del grupo SD hayan realizado un esfuerzo por contestar todas las preguntas de esta categoría. Por su parte, el grupo S/S tuvo varios estudiantes que sólo contestaban algunos reactivos de esta categoría, y otros que presentaban una respuesta muy breve y/o ambigua, lo que condujo a obtener un porcentaje de estudiantes con cero puntos en esta categoría.

Debido a lo anterior, es posible asumir que las actividades incluidas en la secuencia didáctica permitieron ejercitar habilidades de expresión escrita y el análisis reflexivo de los conocimientos adquiridos, ya que la respuesta de este tipo de preguntas no se encontraba necesariamente en la narrativa. Por lo tanto, aunque este tipo de preguntas requiere mayor trabajo del docente, al momento de revisarlas, resultan valiosas gracias a que el ejercicio de decidir qué decir y cómo decirlo, ayuda a los alumnos a pensar con claridad (Morales, 1995).



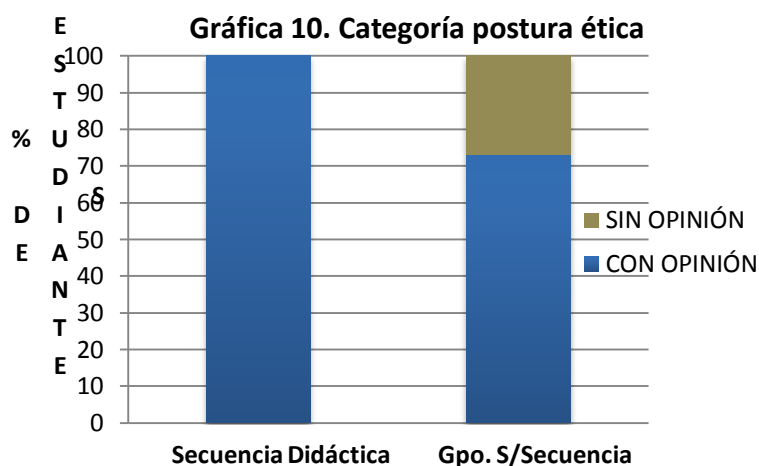
En cuanto a las preguntas relacionadas con la categoría contextualización, para poder contestarlas, los estudiantes deben utilizar el conocimiento adquirido en sesiones previas, de tal forma que su respuesta no incluye sólo datos o conceptos científicos aislados. En el contexto del proceso de enseñanza y aprendizaje, este proceso es denominado transferencia y se refiere a la aplicación de un conocimiento adquirido en un contexto particular a una situación distinta (Salmeron, 2013). Por lo tanto, más que evaluar datos y hechos memorizados, la respuesta de estas preguntas ayuda a detectar cómo utilizan los estudiantes el contenido declarativo en situaciones distintas. Debido a lo anterior estas preguntas, gracias a sus características, reflejan un mayor nivel de dificultad.

Los resultados mostraron que en ambos grupos hubo porcentajes bajos de estudiantes que pudieron contestar las dos preguntas correctamente (Gráfica 9), aunque fue posible observar una ligera diferencia a favor del grupo SD (17% comparado con el 7% del grupo S/S). Adicionalmente, el grupo SD tuvo un mejor porcentaje de estudiantes que contestaron correctamente por lo menos una de las preguntas (61%), comparado con el grupo S/S (40%). Cabe resaltar que fue positivo el hecho de que sólo el 11% del grupo SD haya dejado en blanco ambos reactivos, comparado con el 47% de estudiantes del grupo S/S. Este resultado permite asumir que un alto porcentaje de los estudiantes del grupo SD hicieron un esfuerzo por contestar este tipo de preguntas y poner en práctica habilidades de argumentación.

Salmeron (2013) expone que las personas aprendemos de manera cotidiana en situaciones concretas, de tal manera que el conocimiento siempre es situado y no abstracto. Sin embargo, para poder realizar una transferencia de los conocimientos es indispensable abstraer sus características principales. Por lo tanto, estos resultados apoyan esta dificultad de abstracción en los estudiantes, y por ende el no poder aplicar el conocimiento adquirido en clase. Debido a ello, resulta importante generar actividades de enseñanza y evaluación que estimulen esta habilidad.

Finalmente, la pregunta de opinión plantea una situación hipotética que nos ayuda a evaluar a través de las respuestas, si se promovió o no en los estudiantes ciertos valores y actitudes frente a las implicaciones bioéticas de la manipulación del conocimiento científico. Debido a la naturaleza de esta pregunta, se tomaron como respuestas válidas todas aquellas respuestas que reflejaban una opinión.

Los resultados obtenidos mostraron que en el grupo SD el 100% de estudiantes externó una opinión, ya sea a favor o en contra de dicha situación, lo cual contrastó con el grupo S/S, ya que cerca del 33% de esa población estudiantil no le interesó o no supo contestarla (Gráfica 10).



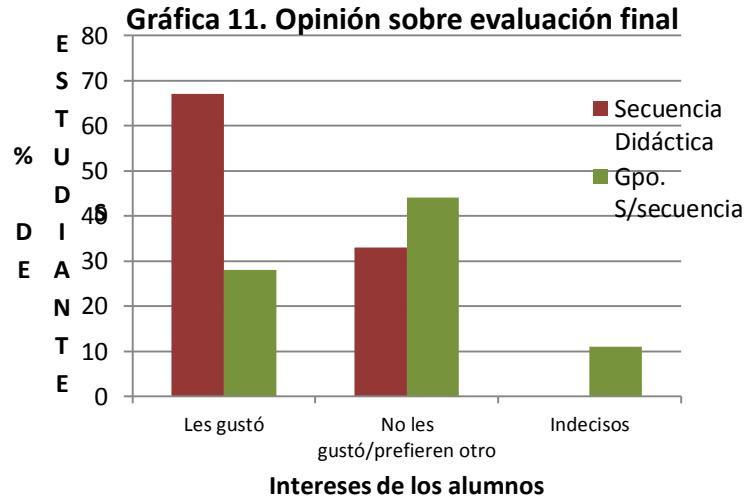
De acuerdo con lo investigado por Tirado y Márquez (2009), los estudiantes de bachillerato no tienen interés en temas científicos; sin embargo, estos resultados contrastan con lo obtenido por Pelcastre, Gómez y Zavala (2015). Lo que es evidente es que, aunque los estudiantes de bachillerato refieren una actitud positiva hacia la ciencia, tal actitud no es observable y congruente con lo que sucede dentro del salón de clase.

Dado que todos los estudiantes del grupo SD expresaron una postura ética, es posible asumir que las discusiones realizadas en sesiones previas, e incluso la lectura de la novela de Huxley, fueron recursos importantes para fomentar en cierta medida los objetivos actitudinales señalados en la secuencia didáctica. En contraparte, el grupo S/S tuvo estudiantes que no expresaron ninguna postura, quizá a la falta de estímulo de este tipo de contenido durante las clases, o como producto de una apatía en los estudiantes por contestar preguntas que implicaban la expresión escrita.

Por lo tanto, los resultados obtenidos después de la aplicación de la secuencia didáctica indican que los estudiantes pueden cambiar paulatinamente su actitud hacia los temas científicos, si la manera en que se les enseña es interesante y de su agrado. Cabe recordar que para que exista una enseñanza integral de la ciencia, es necesario que el profesor no descuide este tipo de contenido, y lo aborde aprovechando para ello una diversidad de temas y recursos, que puedan ser enfocados a la realidad cotidiana de los alumnos para que trasciendan fuera del aula, tal como lo propone el Modelo educativo del CCH.

Con el objetivo de obtener más información respecto a los intereses y actitudes de los estudiantes se analizaron los datos obtenidos del cuestionario de opinión. De manera particular, se puso mayor atención en los comentarios relacionados con el tipo de evaluación final empleado (uso de narrativa y cuestionario RIRC).

Como se puede observar en la gráfica 11, en el grupo SD el 67% estuvo de acuerdo y le gustó el tipo de evaluación final utilizada. Por el contrario, en el grupo S/S sólo cerca de una tercera parte refirió que le gustó ese tipo de evaluación. Cabe mencionar que, aquellos alumnos del grupo S/S que prefieren otro tipo de examen indicaron que les gustan específicamente exámenes de opción múltiple, lo cual coincide con el desempeño grupal para contestar este tipo de preguntas.



Para determinar si la diferencia en el desempeño de los estudiantes de ambos grupos es significativa, se procedió a realizar una prueba estadística. Debido a que los datos obtenidos en ambos grupos pueden contener valores atípicos o raros (denominados outliers), se realizó en primer lugar un test de Gnanadesikhan-Kettenring con el objetivo de detectarlos.

Como se ha señalado, tenemos dos grupos, los cuales presentan 4 medias correspondientes a las 4 categorías del cuestionario original RIRC. En este caso se denominará Grupo 1 al grupo de la Secuencia Didáctica y Grupo 2 al Grupo sin la Secuencia Didáctica.

El vector de las medias del Grupo 1 es:

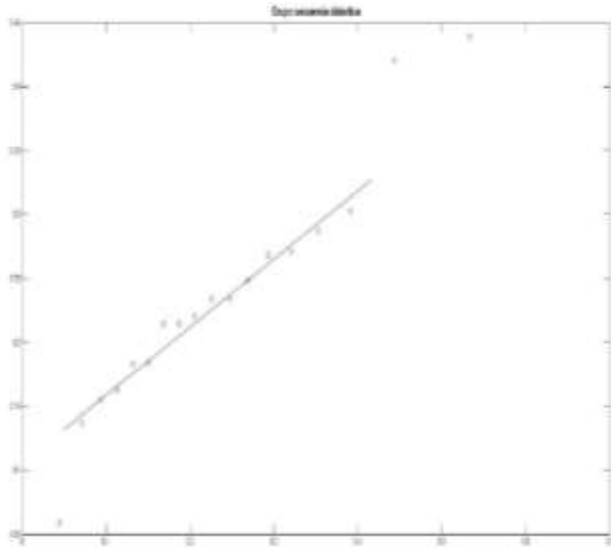
$$\bar{x}_1 = [3.1111 \ 2.4444 \ 3.1111 \ 1.1111]$$

La matriz de varianzas y covarianzas del Grupo 1 es:

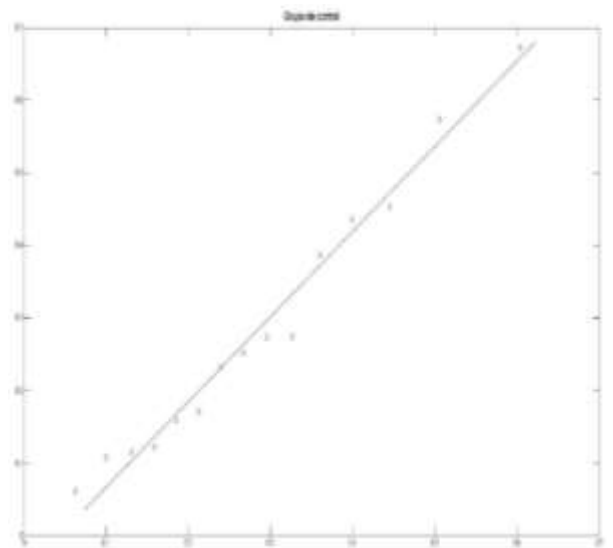
$$S_1 = \begin{pmatrix} 3.2810 & 0.0654 & 0.6928 & 0.3105 \\ 0.0654 & 0.2614 & -0.0523 & 0.0359 \\ 0.6928 & -0.0523 & 0.7222 & 0.1487 \\ 0.3105 & 0.0359 & 0.1487 & 0.3693 \end{pmatrix}$$

Con estos resultados se realizó el test de Gnanadesikhan-Kettenringe. Aunque la mayoría de los datos se ajustan a la pendiente, es posible detectar algunos outliers (Gráfica 12).

Gráfica 12. Test de Gnanadesikhan-Kettenring realizado al grupo secuencia didáctica



Gráfica 13. Test de Gnanadesikhan-Kettenring realizado al grupo sin secuencia didáctica.



Por otra parte, el vector de las medias del Grupo 2 es:

$$\bar{x}_2 = [3.1333 \ 2.4667 \ 2.4333 \ 0.6667]$$

La matriz de varianzas y covarianzas del Grupo 2 es:

$$S_2 = \begin{pmatrix} 3.5524 & -0.2095 & 0.6524 & 0.8333 \\ -0.2095 & 0.5524 & -0.0738 & -0.1905 \\ 0.6524 & -0.0738 & 0.6738 & 0.1726 \\ 0.8333 & -0.1905 & 0.1726 & 0.5238 \end{pmatrix}$$

Con estos resultados se realizó su correspondiente test de Gnanadesikhan-Kettenring, en el cual no se detectaron outliers, como se aprecia en la Gráfica 13.

Posteriormente, se realizó el test de Hotelling, el cual permite verificar si existe diferencia significativa en ambos grupos considerando las 4 medias. Para ello se construyó primero la matriz S_{pl} :

$$S_{pl} = \begin{pmatrix} 3.4036 & -0.0588 & 0.6746 & 0.5466 \\ -0.0588 & 0.3928 & -0.0620 & -0.0663 \\ 0.6746 & -0.0620 & 0.7004 & 0.1595 \\ 0.5466 & -0.0663 & 0.1595 & 0.4391 \end{pmatrix}$$

Con estos datos el estadígrafo de Hotelling queda:

$$T^2 = \frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^T S_{pl}^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2) = 10.4446$$

El valor crítico, al 95% de confiabilidad es:

$$T_{0.05,4,31}=12.123$$

Con base en estos resultados no puede rechazarse H_0 , es decir los grupos no son diferentes, lo cual puede deberse a la cantidad de outliers presentes en el grupo de la secuencia didáctica. Por lo tanto, se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de secuencia didáctica y el grupo control, lo que sugiere que la aplicación de la secuencia didáctica no hizo algún efecto positivo en los estudiantes de tal forma que afectara de alguna manera la contestación del cuestionario RIRC.

En este sentido es importante destacar que, si bien la secuencia didáctica no tuvo el impacto suficiente para mostrar diferencias significativas en el aprendizaje del contenido científico, comparado con otro estilo de enseñanza, tampoco tuvo un efecto en detrimento de la enseñanza y aprendizaje del tema, ya que como se observa en los resultados es posible visualizar el desarrollo de diversas habilidades y procesos cognitivos en los estudiantes.

Cabe mencionar que la actitud de los estudiantes, tanto del grupo piloto como del grupo SD fue de aprobación y agrado hacia las actividades didácticas en las que se utilizaban representaciones narrativas. En el caso del grupo S/S, fue valioso observar que no todos los estudiantes percibieron la evaluación final como una actividad desagradable. Algunos autores han mencionado que cuando los docentes abordan su enseñanza de forma tradicional y descriptiva los alumnos tienden a utilizar expresiones y adjetivos que demuestran insatisfacción como “dificultad para aprender”, “difícil”, “confuso, complejo” (Santos, S e Infante M, 2009). Por lo tanto, esta información en conjunto apoya que, aunque los estudiantes consiguen reproducir de forma adecuada el contenido con otros tipos de enseñanza, no perciben la experiencia y el aprendizaje de la misma manera que los estudiantes expuestos al enfoque narrativo.

Es importante recordar que en este trabajo se utilizó el diseño del cuestionario RIRC de Negrete (2008) con el objetivo de diseñar un instrumento de evaluación sumativa, acompañado de un texto de ciencia ficción. De acuerdo con los resultados similares obtenidos en los cuestionarios aplicados a ambos grupos, es posible suponer que, independientemente de la secuencia didáctica que emplee el profesor, las narrativas pueden servir tanto como recursos de enseñanza como instrumentos de evaluación. Como indica Chapela (2014), el objetivo de emplear ese tipo de literatura es contar con un apoyo educativo que permita generar diversas actividades didácticas. Por lo tanto, a partir de los resultados, es posible sugerir que las representaciones narrativas funcionan como un recurso didáctico útil durante la enseñanza de la ciencia, tal como lo han propuesto diversos autores (Aguirre de Ramírez, 2012; Barcelo, 1998; Chapela, 2014, Negrete, 2014 y Pérez et al, 2013).

5.3 Limitaciones del estudio y Propuestas

Es importante mencionar que durante la realización de este trabajo existieron diversas condiciones que no se pudieron controlar completamente, lo cual limitó en cierta forma el estudio.

Una de las principales limitaciones fue la cantidad de tiempo que se asigna a la enseñanza de las unidades temáticas. En este sentido, contar con seis horas para abarcar el tema de división celular y los aspectos generales de la reproducción, implicó elegir meticulosamente no solo el contenido declarativo a trabajar, sino el tiempo dedicado a las actividades didácticas. De manera adicional, la impuntualidad de algunos estudiantes contribuyó con una disminución en la cantidad de tiempo asignado para la enseñanza del tema, de tal forma que es posible que este factor tuviera un posible impacto en el alcance de los objetivos de aprendizaje.

En cuanto al rediseño de la secuencia didáctica piloteada, uno de los cambios que se hizo fue en el cuestionario tipo KPSI, sustituyendo algunos conceptos (su propósito inicialmente era diagnóstico). El motivo de este cambio se debió a la necesidad de contar con un instrumento que permitiera evaluar formativamente a los alumnos en la primera sesión, e indagar ideas previas del siguiente tema. Debido a la limitación del tiempo ya no pudo ser utilizado como prueba pre test y pos test, lo cual impidió tener una evidencia cuantitativa del impacto de la secuencia didáctica en los estudiantes.

Otra de las variables que fue difícil controlar fue la cantidad de estudiantes en el grupo de aplicación. Dado que la secuencia didáctica se llevó a cabo en el Turno Vespertino, y es común que los grupos tengan altos índices de inasistencia, ello provocó que la cantidad de estudiantes fuera pequeña, y que además fluctuara la cantidad durante las sesiones. En este contexto, durante las tres sesiones hubo estudiantes que no asistieron a alguna de ellas, motivo por el cual influye en la interpretación de los resultados. En cuanto al grupo que no tuvo la misma intervención didáctica, también pertenecía al turno vespertino y solo asistieron quince estudiantes el día de la aplicación de la prueba final. Desafortunadamente, no se pudieron integrar más estudiantes al grupo de comparación debido a que el profesor no tenía otro grupo con las mismas características (turno y semestre).

Cabe resaltar que en relación al espacio donde se llevaron a cabo las evaluaciones, la ubicación del mobiliario permitió una estrecha cercanía entre los estudiantes, lo cual pudo afectar la resolución de la prueba. Para disminuir la probabilidad de esta situación se vigiló la conducta de los estudiantes y se mostró firmeza al dar las indicaciones; desafortunadamente, en el grupo que no se le aplicó la secuencia didáctica, estas condiciones no pudieron igualarse debido a la flexibilidad que ofreció el profesor responsable.

Otra de las limitaciones tiene que ver con las preferencias hacia las actividades didácticas y los hábitos de lectura en los estudiantes; sin embargo, utilizar textos de divulgación científica acompañados de otros recursos didácticos permitió que la actividad lectora fuera de su agrado. Respecto a la lectura de la narrativa creada por ellos, con su respectiva argumentación, ésta abarcó alrededor de 35 minutos, lo cual propició en algunos estudiantes la pérdida de interés. También se observó que, en general, los estudiantes del grupo SD no mostraron el mismo nivel de interés o creatividad hacia las actividades de escritura, como el grupo piloto. Debido a ello las narrativas mostraron una trama menos elaborada, y más breve, comparada con el grupo piloto.

Respecto a la motivación en los estudiantes, se puede señalar que para la elección de actividades didácticas se contempló que tanto los textos de divulgación científica como las representaciones narrativas serían recursos atractivos. Sin embargo, no se contó con un instrumento que evidenciara la presencia de motivación en los estudiantes y, por ende, la importancia de ésta para lograr el aprendizaje en los estudiantes. Se sugiere diseñar un instrumento que pueda ser utilizado para evaluar la presencia de la motivación, y que además ayude a medir el impacto que tiene en la adquisición de conocimiento en los estudiantes.

A continuación se sugieren algunas propuestas para disminuir los efectos que tuvieron las limitaciones:

- Aunque la creación de narrativas fue una actividad que estimuló la creatividad y potenció el desarrollo de habilidades de escritura, es necesario adecuar la cantidad de tiempo empleado para su lectura y argumentación con el fin de no propiciar el aburrimiento en los estudiantes, de tal forma que la reducción del tiempo no impacte en la evaluación de ellas y en el entusiasmo de los estudiantes.
- Dado que las características propias de las narrativas permiten que los contenidos permanezcan durante mayor tiempo, sería valioso hacer un seguimiento en los estudiantes que trabajaron con la secuencia didáctica para valorar si este aprendizaje perdura a lo largo del tiempo.
- Debido al tema, se sugiere considerar la inclusión de actividades de laboratorio, ya que con ellas no solo se fortalecería la comprensión del contenido conceptual, sino que también se estimularía el desarrollo de habilidades y destrezas propias de la ciencia. Sin embargo, es importante resaltar nuevamente que el factor del tiempo limita la duración de la secuencia.
- Otro elemento importante que se debe considerar para interpretar mejor los resultados es conocer la planeación realizada por el profesor del grupo de comparación. Posiblemente, ello de evidencias que permitan indicar si los estudiantes del grupo al que se le aplicó la secuencia didáctica desarrollaron distintas habilidades de expresión

escrita, o simplemente la diferencia cualitativa se debió a otro tipo de factores, como los motivacionales por ejemplo.

- Finalmente se propone utilizar otros temas científicos, que se abordan en el programa de estudio, para evaluar la efectividad de las representaciones narrativas como recurso didáctico.

Conviene tener presente este conjunto de limitantes con el objetivo de que los docentes, que tengan el interés de llevar a cabo esta secuencia didáctica durante su práctica docente, la ajusten y con ello alcancen mejores resultados en el aprendizaje de los estudiantes.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con el análisis de los resultados obtenidos, las conclusiones que se derivan del trabajo son las siguientes:

La aplicación de cuestionarios KPSI permite fomentar habilidades de autoevaluación en los alumnos ya que les ayuda a darse cuenta de que lo que consideran que saben no siempre coincide con lo que escriben, e inclusive se dan cuenta de que manifiestan conceptos erróneos los cuales tienden a corregir (resultados observados en la prueba piloto).

En las actividades que los estudiantes trabajaron de forma cooperativa, además de adquirir cierto contenido conceptual, pudieron desarrollar diversas habilidades y actitudes entre las que destacan: capacidad de discusión y llegar a acuerdos, muestras de respeto y tolerancia, actitud de responsabilidad y disposición para iniciar y concluir trabajos, entre otras. En contraparte, en algunas actividades que realizaron de forma individual no pudieron alcanzar los objetivos señalados. Aunado a lo anterior, los estudiantes manifestaron una actitud positiva frente a esta forma de trabajo, a pesar de que no eligieron a sus compañeros de equipo. Por lo tanto, la promoción de actividades cooperativas durante la enseñanza es importante, ya que ellas son un elemento que, además de facilitar el aprendizaje, resulta motivante en los estudiantes.

Respecto a las actividades que involucraban la expresión oral, éstas permitieron que los estudiantes pusieran en práctica habilidades de razonamiento verbal, descriptivas y argumentativas, tal como se observó durante la explicación de los esquemas y las narrativas. En consecuencia, fue posible percibir muestras de seguridad y confianza en los estudiantes, lo cual a su vez reditúa en un mejor desarrollo personal.

En cuanto al empleo de actividades de lectura y escritura (incluyendo las representaciones narrativas) se observó la presencia de diversas ventajas. Por un lado, la lectura de los artículos de divulgación científica y de la adaptación de una novela con contenido científico fomentó en los estudiantes la comprensión lectora. Esta actividad involucró a su vez diversos procesos cognitivos tales como análisis, comprensión, síntesis, recuerdo, interpretación, etc. Por otra parte, la creación de narrativas fomentó, y en algunos estudiantes potenció, su expresión escrita la cual también requiere de varios procesos cognitivos tales como: asociación y jerarquización de ideas, comprensión, argumentación, análisis, entre otros.

Además de lo anterior, es posible sugerir que las representaciones narrativas pueden ser útiles para acompañar instrumentos de evaluación en las clases de ciencia. En este contexto, los cuestionarios de evaluación diseñados con el método RIRC permitieron valorar contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, tal como se reflejó en el análisis de cada una de las categorías de esta prueba final. También es posible indicar que la aplicación de esta evaluación no depende de la intervención didáctica propuesta en este trabajo, tal como se

refleja en el promedio general del grupo sin secuencia didáctica. Sin embargo, resulta positivo encontrar una diferencia entre la calidad de las respuestas de los estudiantes, específicamente de las que corresponden con las preguntas abiertas (recuento, recuerdo y contextualización).

Apoyado del cuestionario de opinión, es posible asegurar que tanto la lectura de textos divulgativos (y la creación de narrativas a partir de este material), resultaron ser actividades didácticas que, además de las ventajas expuestas en los párrafos anteriores, favorecieron la disposición y el gusto por adquirir el conocimiento científico en los estudiantes. Por lo tanto, el empleo de textos y representaciones narrativas en el salón de clases incide en el factor motivacional de los estudiantes, promoviendo a su vez el aprendizaje del contenido científico.

En conclusión, la articulación lógica de las actividades utilizada en la secuencia didáctica favoreció el aprendizaje del tema de reproducción en los alumnos, promoviendo particularmente la expresión oral y escrita.

Finalmente, cabe mencionar que los recursos y materiales empleados fueron de bajo costo y de fácil implementación, por lo que se propone llevar a la práctica esta secuencia didáctica a otros bachilleratos, y en otros contextos socioculturales con sus respectivos ajustes, de tal manera que ello permita perfeccionar la práctica educativa.

7. REFERENCIAS

7.1 Bibliográficas

- Aguirre de Ramírez, R. 2012. Pensamiento Narrativo y Educación. Revista Educere. Año 16 No 53. Enero-abril, pp 83-92.
- Arends, R. 2007. Aprender a Enseñar. México. Edit Mc Graw-Hill. Pp 100.
- Barceló, M. 1998. Ciencia, Divulgación científica y ciencia ficción. Quark No 11 abril-junio.
- Bruner, J. 1989. Acción Pensamiento y Lenguaje. Madrid. Edit alianza Cap. 10.
- Bruner, J. 1998. Realidad mental y mundos posibles. Barcelona (España): Gedisa.
- Calcáneo, M. De la cueva, B. y Lozano, M. 2010. Libro de Texto para la Asignatura de Biología I. México. Universidad Nacional Autónoma de México. CCH, Plantel Naucalpan. Pp 138-167
- Campbell N y Reece J, 2007. Biología. Buenos Aires. Edit Panamericana, 7ª ed. Pp283,
- Carretero, M. 2002. Construir y Enseñar. Las ciencias experimentales. Argentina: Aique Grupo Editor 3ª Ed. 247 pp.
- Cuadras, C. 2007. Nuevos Métodos de Análisis Multivariante. España. Edit Manacor. p 28.
- Dewey, J. 1978. Democracia y educación. Madrid: Morata. Cap. 6, 7, 13, 14
- Díaz-Barriga, F. y Hernández, G. (1998). "Estrategias de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos" en Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una Interpretación constructivista. México, McGraw-Hill pp. 69-112.
- Durkheim, E. 2000. Educación y sociología. México: Colofón pp 53-95.
- Ferreira, R. y Espino, M. 2009. El ABC del Aprendizaje Cooperativo. Trabajo en equipo para aprender y enseñar. México: Edit Trillas. 2ª Ed. p27
- Flores, F. 2012. La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. pp 5-6, 23
- Fraile, A. 2010. La autoevaluación: una estrategia docente para el cambio de valores educativos en el aula. En Revista Ser Corporal Nº 3. Argentina. Grupo Editorial La Palestra.
- Frota, O. 1980. Principios Generales para la Enseñanza de la Biología. Un punto de vista. México: Serie Selecciones, Fac. de Ciencias UNAM. 108 p.
- Fuentes, N. 2006. Validación de una estrategia didáctica basada en ideas previas para la enseñanza de los procesos de reproducción a nivel bachillerato. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pp 22-54.
- García, M. 2009. Los talleres de divulgación científica como agentes para el desarrollo de una cultura científica. Tesis de Magister en Ciencia, Tecnología y Sociedad. Universidad Nacional de Quilmes. Argentina.
- Guerrero, R. 2002. La divulgación científica en el siglo XX: de Wells a Gould Science popularization in the 20th century: from Wells to Gould Quark, 26. Divulgadores de la ciencia: octubre-diciembre
- Hernández, G. 2008. Los constructivismos y sus implicaciones para la educación. Perfiles Educativos. Vol XXX, No. 22, pp 38-77
- Huxley, A. 1981. Un Mundo Feliz. España. Plaza & Janes Editores 11ª Ed.
- Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación. 2007. Resultados de las pruebas Programme for International Student Assessment 2006 en México.

- Johnson, D. Johnson, R. y Holubec, E. 1995. Los nuevos círculos de aprendizaje, cooperación en el salón de clase y en la escuela. E.U.A. Association for supervision and curriculum development (ASCD). pp. 1-13, 26-36
- Mc Ewan, H. y Egan, K. (1998). La narrativa en la enseñanza, el aprendizaje y la investigación. Argentina. Amarrortu Editores. pp 52.
- Marín, N. 2003. Visión Constructivista dinámica para la Enseñanza de las Ciencias. Revista Enseñanza de las Ciencias. España. Número Extra. Pp 43-45
- Mayr, E. 1997. This is Biology. The science of the living world. USA: Library of Congress Cataloging-in-Publication. pp xv.
- Ministerio de Educación y Cultura. 1996. Biología y Geología. Materiales Didácticos. Bachillerato 2. España: Autor. p 42
- Morales, P. 1995. Tipos de pruebas: los exámenes orales y las preguntas de respuesta abierta. Cuadernos del ICE. Núm 3. Universidad de Deusto, España. Pp 24.
- Negrete, A. 2008. La divulgación de la Ciencia a través de formas narrativas. México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM. p 45-46, 60, 112, 129-132.
- Negrete, A. 2014. La ciencia de contar cuentos y el método RIRC. México. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades, UNAM
- Pozo, J y Gómez, M. 2006. Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico. Madrid: Morata. Pp 84-125
- Reforma Integral de la Educación Media Superior en México. 2008. La creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de Diversidad.
- Sánchez, A. 2010. Introducción a la Comunicación escrita de la Ciencia. México: Edit. Universidad Veracruzana. Pp 24.
- Santrock, J. 2003. Adolescencia. España: Ed. McGrawHil.
- Sanz A, 2006. La educación lingüística y literaria en secundaria: materiales para la formación del profesorado. Vol I. La educación lingüística. España. Dirección General de Formación Profesional e Innovación Educativa.
- Sociedad Mexicana para la Divulgación de la Ciencia y la Técnica, A.C. 2013. La divulgación de la ciencia en México desde distintos campos de acción: Visiones, retos y oportunidades. México: Autor.
- Tobón, S. Pimienta, J. y García, J. 2010. Secuencias Didácticas: aprendizaje y evaluación de competencias. México: Pearson-Prentice Hall. Pp 20.
- Tonda, J. Sánchez, A. y Chávez, N (coordinadores). 2002. Antología de la divulgación de la ciencia en México. México. Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, p 148
- Vigotsky, L. 1978. De los procesos psicológicos superiores. Barcelona. Edit Grijalbo.

7.2 Electrónicas

- Arteaga, M. 2007, Cuentos con ciencia para la infancia de Venezuela. La tecnología multimedia como herramienta de aprendizaje. Revista UPEL Investigación y Postgrado. Vol.22, No. 2, 2007. Recuperado el 15-03-2015. Disponible en: <http://revistas.upel.edu.ve/index.php/revinpost/article/view/672>

- Cerejido, M. 2002. Formando investigadores pero no científicos. Revista de la educación superior No. 124. Volumen 31 Octubre – Diciembre. Publicaciones Anuies. Recuperado el 16-11-2014, Disponible en: <http://publicaciones.anuies.mx/revista/124>
- Chapela, A. 2014. Entre ficción y ciencia: el uso de la narrativa en la enseñanza de la ciencia. Educación Química. 25(1) México. UNAM. Recuperado el 07-10-2016. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v25n1/v25n1a1.pdf>
- Ertmer, P. y Newby, T. 1993. Conductismo, Cognitivismo y Constructivismo: Una comparación de los aspectos críticos desde la perspectiva del Diseño de Instrucción. Performance Improvement Quarterly, 6(4), 50-72. Recuperado el 16-11-2014, Disponible en: http://ares.unimet.edu.ve/programacion/psfase3/modII/biblio/CONDUCTISMO_%20COGNITIVISMO_%20CONSTRUCTIVISMO.pdf
- Gámez, I. 2012. Estrategias de motivación hacia la lectura en estudiantes de Quinto Grado de una Institución Educativa. Escenarios. Vol. 10, No. 2, Julio-Diciembre. pp 83-91. Recuperado el 10-10-2016. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4497298.pdf>
- García, F. y Domenech F. 2002. Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. En Revista Electrónica de Motivación y Emoción. Volumen 1, número 6. Recuperado el 04-02-2015. Disponible en: <http://reme.uji.es/>
- Gómez, A. Sanmartí, N. y Pujol, R. 2007. Fundamentación teórica y diseño de una unidad didáctica para la enseñanza del modelo ser vivo en la escuela primaria. Enseñanza de las Ciencias 25(3), p 326. Recuperado el 04-10-2016. Disponible en: www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/87930/216420
- González, A. 2010. Otra forma de entender la evaluación. Innovación y Experiencias Educativas. Febrero. No 27. Recuperado 15-03-2015. Disponible en: http://www.csi-csif.es/andalucia/modules/mod_ense/revista/pdf/Numero_27/ANABEL_GONZALEZ_CARMONA_02.pdf
- Iglesias, I. 2009. La creatividad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de ELE: caracterización y aplicaciones. ASELE, Actas X. Centro virtual Cervantes, España. Recuperado el 10-1-2016. Disponible en: http://cvc.cervantes.es/ensenanza/biblioteca_ele/asele/pdf/10/10_0937.pdf
- Jara, S. 2015. Validez y confiabilidad en la construcción de reactivos utilizados en pruebas de opción múltiple (POM). Recuperado el 13-10-2016. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282367035_VALIDEZ_Y_CONFIABILIDAD_EN_LA_CONSTRUCCION_DE_REACTIVOS_UTILIZADOS_EN_PRUEBAS_DE OPCION_MULTIPLE_POM
- Jiménez, J. 2008. Cuatro modelos de evaluación docente. Revista electrónica Psicología Científica.com. Abril. Recuperado el 12-03-2015. Disponible en: <http://www.psicologiacientifica.com/bv/psicologia-350-6-cuatro-modelos-de-evaluacion-docente.html>
- Linares, J. sf. El Aprendizaje Cooperativo. Consejería de Educación y Cultura de Murcia. Recuperado el 16-11-2014. Disponible en: <http://www.um.es/eespecial/inclusion/docs/AprenCoop.pdf>

- López, J. (2014). Cómo construir rúbricas o matrices de valoración. EDUTEKA. Recuperado 26-02-2015 de <http://www.eduteka.org/MatrizValoracion.php3>
- Martínez, J. y Laurido, C. 2012. Evaluación diagnóstica de conocimientos científicos en dos cursos de educación secundaria mediante un mismo instrumento de autoevaluación. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas Vol. 24, pp 90-96. Recuperado 15-03-2015 de: [http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/download/revistas/2012\(2\)/Art%209%20OK.pdf](http://www.asociacioncolombianadecienciasbiologicas.org/download/revistas/2012(2)/Art%209%20OK.pdf)
- Marchesi, A. 2005. La lectura como estrategia para el cambio educativo. Revista de Educación. Num. Extraordinario. P 22. Recuperado el 06-10-2016. Disponible en: <http://www.revistaeducacion.mec.es/re2005/re2005a005.pdf>
- Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades. Recuperado el 20-04-2015 de: <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/MODELO%20EDUCATIVO%20DEL%20COLEGIO%20DE%20CIENCIAS%20Y%20HUMANIDADES.pdf>
- Montanero, M. 2004. Cómo evaluar la comprensión lectora: Alternativas y limitaciones. Revista de Educación. No. 335 p 415. Recuperado el 05-10-2016. Disponible en: www.revistaeducacion.mec.es/re335/re335_26.pdf
- Parra, D. 2003. Manual de estrategias de enseñanza/aprendizaje. Sena, Antioquía, Colombia. Pp 7. Recuperado 16-03-2015 de: <http://www.cepefsena.org/documentos/METODOLOGIAS%20ACTIVAS.pdf>
- Pelcastre, L. Gómez, A. Zavala, G. 2015. Actitudes hacia la ciencia de estudiantes de educación preuniversitaria del centro de México. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias 12(3), pp 475-490 .
- Pérez, D. Pérez, A. y Sánchez, R. 2013. El cuento como recurso educativo. Revista de investigación Editada por Área de Innovación y Desarrollo, S.L. Recuperado el 19-04-2015 de: dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4817922.pdf
- Programa de Estudio de Biología I a IV. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Colegio de Ciencias y Humanidades. Área de Ciencias Experimentales. Recuperado el 19-04-2015 de: http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/plan_estudio/mapa_biologia.pdf
- Programa Sectorial de Educación 2013-2018. México. Recuperado el 16-11-2014. Disponible en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5326569
- REFORMA INTEGRAL DE LA EDUCACION MEDIA SUPERIOR EN MEXICO. La creación de un Sistema Nacional de Bachillerato en un marco de Diversidad. 2008
- Ruiz, D. 2012. La influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje del área de economía en la enseñanza Secundaria. Tesis doctoral. Universidad de Valladolid. España. pp 301-303. Recuperado el 10-10-2016. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/2729/1/TESIS286-130502.pdf>
- Salmeron, L. 2013. Actividades que promueven la transferencia de los aprendizajes: una revisión de la literatura. Revista de Educación, número extraordinario 2013. Recuperado el 16-10-2016. Disponible en:

<http://mobiroderic.uv.es/bitstream/handle/10550/34528/095034.pdf?sequence=1&isAllo wed=y>

- Santos, S. e Infante, M. 2009. Narrativas como recurso para la enseñanza de las ciencias: un caso con la historia de la tabla periódica. Enseñanza de las Ciencias, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 909-913 Recuperado el 03-10-2016. Disponible en : <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-909-913.pdf>
- Servicio de Innovación Educativa. 2008. Aprendizaje Cooperativo. Guías Rápidas sobre nuevas metodologías. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 16-11-2014. Disponible en: http://innovacioneducativa.upm.es/guias/Aprendizaje_coop.pdf
- Tamayo, O. 2006. Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. Revista Educación y Pedagogía, Medellín. Universidad de Antioquia, vol. XVIII, núm. 45, pp. 37-49. Recuperado el 06-10-2016. Disponible en: revinut.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/viewFile/6085/5491
- Tapia, J. 2005. Motivación para el aprendizaje: la perspectiva de los alumnos. Publicado en: Ministerio de Educación y Ciencia (2005). La orientación escolar en centros educativos. (págs. 209-242). Universidad Autónoma de Madrid, España. Recuperado el 10-10-2016. Disponible en: <http://cmapspublic3.ihmc.us/rid=1NRS79H37-6XKDFC-22R/aprender%20aprender.pdf>
- Técnicas didácticas. sf. Recuperado el 28-09-2015. Disponible en: <http://hadoc.azc.uam.mx/tecnicas/expositiva.htm>
- Tirado, F. y López, A. 1994. Problemas de la enseñanza de la biología en México. Perfiles Educativos, núm. 66, oct-dic. Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación México. Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal. Recuperado el 16-11-2014, Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13206607>
- Tirado, F. y Márquez, E. 2009. Percepción social de la ciencia y la tecnología de adolescentes mexicanos. Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad Portafolio CTS No 2. Recuperado el 16-11-2014, Disponible en: www.revistacts.net
- Vigotsky, L. 1995. Pensamiento y lenguaje, Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. España. Edit Fausto. Recuperado el 28-09-2015. Disponible en: <http://psikolibro.blogspot.com>

8. ANEXOS

ANEXO 1

(Del listado de opciones que se encuentra a continuación, se entregará a cada equipo solo una de ellas para que realice un modelo con plastilina de la división celular correspondiente y lo explique de forma oral)

Alumnos: _____

Fecha: _____

Opción 1

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una célula de la piel.

Opción 2

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una célula de la sangre

Opción 3

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de un óvulo

Opción 4

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de un espermatozoide

Opción 5

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de un grano de polen

Opción 6

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una célula de raíz (plantas).

Opción 7

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una célula del músculo.

Opción 8

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una célula en un pétalo.

Opción 9

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una célula del tallo de una planta.

Opción 10

Realiza un esquema donde representes y expliques el proceso que se lleva a cabo para la generación de una neurona

Junto con cada ejercicio se entregará la siguiente lámina de apoyo para que recuerden las similitudes y diferencias entre ambas divisiones celulares.

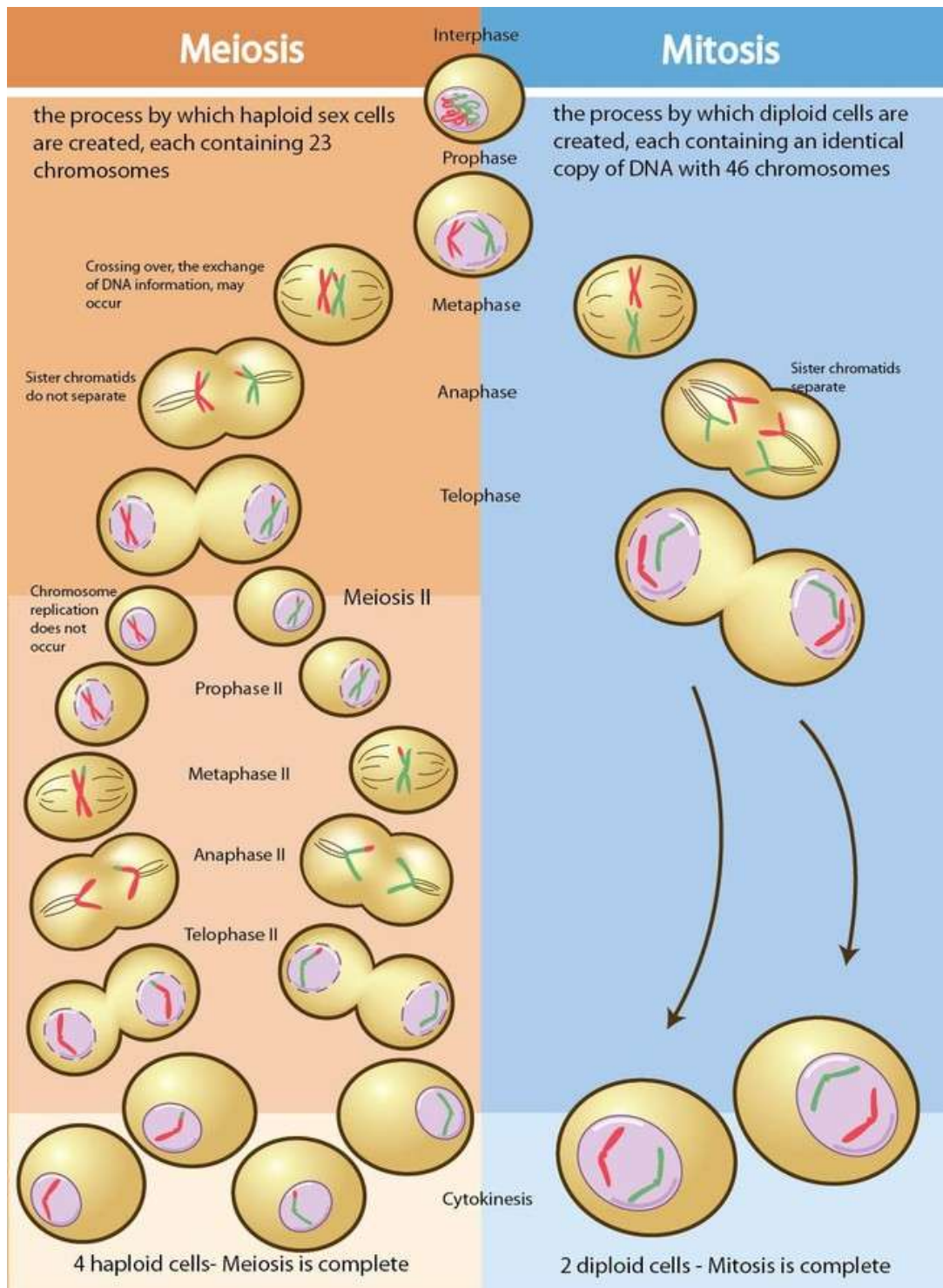


Ilustración de Kristie O'Neill, obtenida de College of Imaging Arts & Sciences

ANEXO 2

Cuestionario sobre el tema Reproducción (evaluación formativa).

Docente: Pilar Ortiz López. MADEMS BIOLOGÍA PRACTICA DOCENTE I

Nombre del alumno: _____ Grupo: _____ Fecha _____

Categorías

- 1 Lo desconozco
- 2 Sé algo
- 3 Lo puedo explicar a mis compañeros

I. A continuación se presentan algunos conceptos, utilizando las categorías anteriores, marca con una X en el recuadro que corresponde con tu nivel de conocimiento. En caso de marcar 2 o 3, escribe lo que sabes en la columna de conocimientos.

	CATEGORÍA			¿Qué conozco?
	1	2	3	
FASES EN COMUN QUE TIENEN MITOSIS Y MEIOSIS				
DIFERENCIA ENTRE MITOSIS Y MEIOSIS				
DIFERENCIA ENTRE HAPLOIDE Y DIPLOIDE				
GAMETOS				
DESCENDENCIA				
FECUNDACIÓN				
ÓRGANO REPRODUCTOR				
SEXO				
CLON				

II. ¿QUÉ ENTIENDES POR REPRODUCCIÓN Y QUIÉNES SE PUEDEN REPRODUCIR?

III. IMAGINA QUE FORMAS PARTE DE UN EQUIPO DE CIENTÍFICOS EN MÉXICO Y EN TU LABORATORIO ESTAN INVESTIGANDO SOBRE EL TEMA DE REPRODUCCIÓN. COMO TÚ ERES EL ENCARGADO DE PEDIR APOYO ECONÓMICO AL GOBIERNO, NECESITAS JUSTIFICAR PORQUÉ ES IMPORTANTE INVESTIGAR SOBRE ESTE TEMA. ¿CUÁLES SERIAN TUS ARGUMENTOS?

Las cabezas de la hidra

Animales que reconstruyen partes del cuerpo que han perdido por accidente o de las que se desprenden para liberarse de predadores.

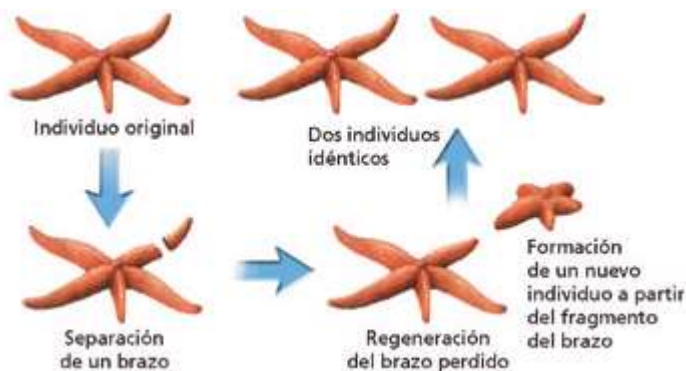
Regeneración

En la mitología griega, la hidra era un monstruo acuático que vivía en el fondo del lago de Lerna y cuidaba una de las entradas al más allá. Tenía la forma de una serpiente con muchas cabezas y la capacidad de regenerar dos por cada una que perdía. Hércules la mató en uno de sus trabajos, con la ayuda de un sobrino que quemaba el cuello de cada cabeza cortada para evitar que surgieran dos en su lugar.

En el siglo XVIII se comenzó a estudiar científicamente la regeneración de partes del cuerpo. René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) describió e ilustró en 1712 la de las patas de un cangrejo; Lazzaro Spallanzani (1729-1799) lo hizo en 1765 con las patas de una salamandra. Charles Bonnet (1720-1793) se ocupó en 1745 de la regeneración de la cabeza en lombrices y su tío, Abraham Trembley (1710-1784), publicó en 1744 un ensayo en el que detalló sus experimentos de regeneración con un pequeño y relativamente simple animal acuático del género Hydra (que, en realidad, no tiene cabeza sino una maraña de tentáculos alrededor de la boca, semejantes a microscópicas serpientes). Más adelante se observó que si se fragmentaba la hidra en forma transversal en dos o tres trozos, cada uno de estos podía crecer y convertirse en una hidra completa, dando lugar a individuos idénticos. A fines del siglo XIX se empezó a entender el fenómeno, cuando Thomas Hunt Morgan (1866-1945) demostró que unos gusanos de agua dulce llamados planarias podían reconstruir por completo su cuerpo a partir de pequeñas partes de él. Así se comenzó a observar que la capacidad de regeneración está ampliamente distribuida en el reino animal, aunque muestra notables variaciones.



Hidra. Mide unos 10mm. Foto Irene Deserti

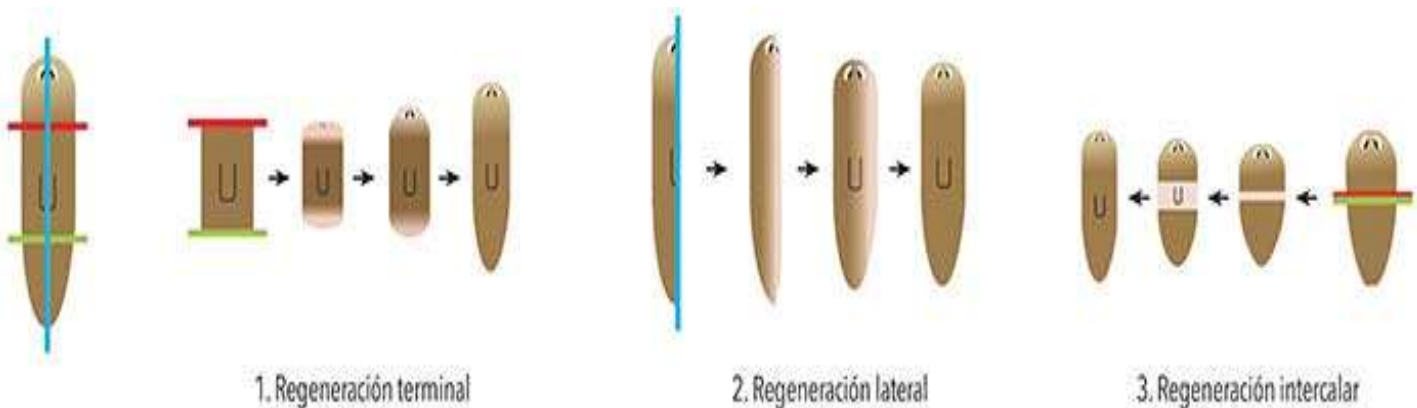


En realidad, los animales poseen la capacidad de reemplazar moléculas, células y tejidos como parte del mantenimiento de su cuerpo. Así, reparan tejidos sometidos a permanente desgaste, cicatrizan una herida y renuevan estructuras como la cutícula de los artrópodos, lo mismo que escamas, uñas, pelos, plumas y cuernos de los vertebrados. Sin embargo, algunos animales pueden reponer partes de órganos internos y hasta miembros completos e, incluso, reconstruir

una cabeza seccionada. En este sentido la regeneración no podría considerarse como un proceso de reproducción del individuo. Más bien podría ser un mecanismo de defensa que utilizan algunos animales. El perder una parte del cuerpo sería con la finalidad de no ser atrapado por un depredador. Posteriormente, la parte que se ha perdido del cuerpo es regenerada. Este sería el caso de la cola de lagartija o los brazos de la estrella de mar. En este último caso a veces puede surgir una estrella nueva a partir del brazo cortado, que será idéntica tanto morfológica como genéticamente al individuo original. Esto sólo ocurre si con la sección del brazo se arranca parte del disco oral del animal. Si es así estaríamos ante una auténtica reproducción asexual.

Otro ejemplo de organismos con este tipo de reproducción son varias especies de planarias, como *Schmidtea mediterranea*, que pueden regenerar su cuerpo completo a partir de pequeños fragmentos, como sus colas, pero otras tienen una menor capacidad de regeneración. Se dice que cuando una sustancia está muy concentrada en una región, por ejemplo en un extremo del cuerpo, y disminuye gradualmente hacia otras regiones, forma un gradiente de concentración. Si ese gradiente se asocia con la aparición de distintas estructuras en ambas regiones, se le puede denominar gradiente morfogenético (que da origen a la forma).

Debido a su extraordinaria capacidad para la regeneración y para la reproducción asexual, las planarias han sido empleadas como organismos modelo para estudiar los mecanismos celulares y moleculares que conducen a la regeneración de tejidos.



Las planarias pueden completar su cuerpo si eliminamos: (1) cabeza y cola; (2) un lado completo, y (3) la parte media. Las líneas de colores indican los respectivos cortes, algunos de los muchos que pueden hacerse con igual resultado. Adaptado de Adell T, Cebrià F y Saló E, 2010, 'Gradients in Planarian Regeneration and Homeostasis', Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, doi:10.1101/cshperspect.a000505.

Este método de reproducción asexual no es el único que tienen las planarias, pues también se reproducen sexualmente. Cabe resaltar que son organismos hermafroditas –poseen los dos órganos sexuales: masculino y femenino-. Sin embargo, las planarias no suelen autofecundarse, sino más bien el espermatozoide de un individuo se fusiona con el óvulo de otro (fecundación cruzada).

Es necesario recalcar que las planarias son importantes componentes de los ecosistemas límnicos, y que son organismos sensibles a contaminantes. Como podemos darnos cuenta, el uso de plaguicidas en el mundo aumenta en forma desproporcionada cada día. En este sentido, algunos organismos han sido utilizados como bioindicadores que nos ayudan a realizar una oportuna evaluación del riesgo ambiental de los ambientes acuáticos dulceacuícolas.

En el 2007, se llevó a cabo un estudio en Perú para detectar el efecto subletal de un insecticida (carbofurano) que se encuentra presente en ambientes dulceacuícolas, sobre la regeneración de la planaria de agua dulce *G. festae*. Los resultados mostraron que el desarrollo de las partes seccionadas en planarias mantenidas bajo este insecticida fue más lento en comparación con las que crecían en agua sin el insecticida.

De acuerdo a estos resultados podemos ver que la capacidad de regeneración de la planaria de agua dulce, *G. festae*, nos provee de una herramienta valiosísima para evaluar la ecotoxicidad de plaguicidas, como el carbofurano, en comparación con peces, invertebrados y algas dulceacuícolas, y actuar en consecuencia para contrarrestar la contaminación de estos ambientes acuícolas.

En cuanto a los mamíferos, la realidad es que la regeneración de apéndices o de partes mayores del cuerpo es bastante escasa, aunque algunos órganos internos, como el hígado, pueden reconstruirse parcialmente y el corazón de los ratones puede generar nuevas células cardíacas luego de una lesión del miocardio. Muchos mamíferos (incluso los humanos) pueden regenerar el extremo de sus dedos si subsiste parte de las uñas, específicamente parte del tejido epitelial que les subyace. Si bien ese proceso se conoce desde hace cuarenta años, solo hace poco se descubrió que comparte varias características con los que tienen lugar en planarias, cangrejos o salamandras, entre ellas la señal Wnt y la proteína FGF, así como la necesaria presencia de nervios cerca de la parte seccionada.

Si bien la capacidad de regeneración que se ha descrito generalmente se consideró una propiedad muy antigua en la evolución de los animales, dada su presencia en diversos grupos y la uniformidad de los mecanismos que la posibilitan, un reciente estudio del genoma de la salamandra *Notophthalmus viridescens* sugirió que la adquirió en tiempos evolutivos relativamente recientes, y que no la comparte por otros animales. Sobre un total estimado de unos 15.000 genes que codifican proteínas en esa salamandra, 826 son exclusivos de la especie y varios de estos se expresan con distinto nivel en tejidos regenerados y normales. Una conclusión arriesgada que se podría sacar de este descubrimiento es que algún día llegaría a ser posible despertar la capacidad de regeneración en los mamíferos, incluido el ser humano.

Referencias:

- Eduardo Spivak para Ciencia Hoy el 01/04/2014. Las cabezas de la hidra Publicado en Número 137
- Iannacone, J & Tejada, M. 2007. Empleo de la regeneración de la planaria de agua dulce *Girardia festae* (Borelli, 1898) (Tricladida: Dugesidae) para evaluar la toxicidad del carbofurano. *Neotropical Helminthology*, vol. 1, no. 1, pp. 7-13. Recuperado el 14-03-2015 de: <http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/neohel/v1n1/pdf/a02v1n1.pdf>
- Rosalino Vázquez Conde, Rosalino Vazquez Lopez. *Temas Selectos de Biología II*. México, 2014. Gpo. Edit Patria. Pp130

Partenogénesis, la reproducción aburrida



Uno de los fenómenos más raros de la naturaleza, aunque no tanto de la religión, y que más me llaman la atención, es que las hembras de algunas especies puedan quedar embarazadas sin la intervención del macho. Ese fenómeno se llama partenogénesis. La partenogénesis, es una forma de reproducción basada en el desarrollo de células sexuales femeninas no fecundadas, que se da con cierta frecuencia en gusanos planos, seres microscópicos como los rotíferos y los osos de agua, aunque también en crustáceos, insectos, anfibios y reptiles, más raramente en algunos peces y excepcionalmente en unas pocas aves.

La partenogénesis fue descubierta por Charles Bonnet pero fue Jan Dzierzon el primero en descubrir la partenogénesis de los zánganos de las abejas. Para ser un poco más claros, usted también puede llamarla "reproducción asexual" aunque algunos la llamen "sexual monogamética" pues se desarrolla a partir de una única célula sexual (gameto).

Los óvulos o gametos femeninos son células haploides (n), ya que tienen la mitad de los cromosomas comparados con el resto de células del cuerpo; de tal suerte que al fusionarse con un espermatozoide darán lugar a un cigoto con dotación completa ($2n$). Los individuos producidos por partenogénesis deberían ser haploides al provenir de un óvulo haploide, sin embargo hay casos en los que son diploides ($2n$) ya que se duplican los cromosomas del óvulo antes de empezar a dividirse o simplemente porque el óvulo deriva de una célula que no ha sufrido meiosis y por tanto posee ya dotación cromosómica diploide.

Cuando se produce la fusión de óvulo y espermatozoide ocurre un cambio en el potencial eléctrico de la membrana del óvulo y una serie de cambios químicos que hacen que el cigoto se divida y así dé lugar a un embrión. Pues bien, en la partenogénesis lo que se hace es imitar esos cambios. En algunos casos de peces, a los que nos referimos como geitonogamia, se requiere el contacto o la fusión con un gameto masculino, pero no se completa la fecundación, no contribuyendo con sus genes la célula masculina. ¿Cómo es esto? El pez macho libera sus células reproductoras en el agua y el simple contacto con el ovulo dispara la segmentación pero sin necesidad de intercambio cromosómico. Es decir el macho no aporta ninguna de sus características al embrión.

El producto, llamado partenote, no llevará cromosomas específicamente masculinos. Según la modalidad de la determinación del sexo, eso puede terminar limitando el sexo de los descendientes a sólo uno de ellos, como ocurre en las abejas y otros insectos, donde las hembras son procedentes de huevos fecundados pero los machos son partenogénéticos, es decir de huevos no fecundados.

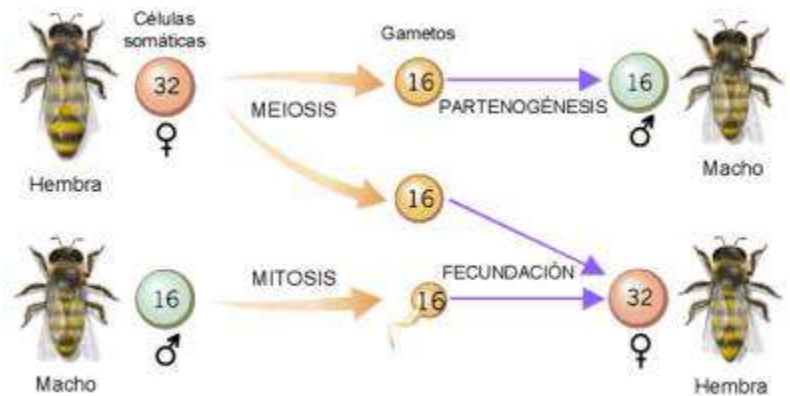
Veamos algunas características particulares de cada grupo:

En los rotíferos

Algunos animales acuáticos pequeños, rotíferos bdelloideos, son partenogénéticos y han sobrevivido durante millones de años sin sexo. Se deduciría entonces que la transmisión del ADN sin interferencias de pedazos fallados provenientes de la pareja hace que el mismo se mantenga sin diferencias en el transcurso del tiempo. Los rotíferos bdelloideos no parecen tener cambios genéticos.

En los insectos

Quizá el caso más famoso y estudiado de partenogénesis es el de los Himenópteros (abejas y hormigas) donde las hembras son diploides mientras que los machos son haploides y producidos por partenogénesis. Los huevos que pone la hembra reina darán lugar a los machos o zánganos si no son fecundados y a las hembras (obreras o reinas, según la alimentación que tengan después) si se fecundan. Otros ejemplos de partenogénesis en insectos son los Insectos Palo u Hoja, donde incluso se conocen especies que únicamente se reproducen partenogénicamente. En estas especies, el huevo se desarrolla indistintamente haya sido o no fecundado. Si se desarrolla partenogénicamente, da nacimiento exclusivamente a individuos machos; si es fecundado, nacen hembras. En otras especies, la reproducción partenogénica ocurre por influencias de las condiciones externas. Por ejemplo, los pulgones, parásitos de las plantas, se reproducen partenogénicamente cuando las condiciones son favorables y hay abundante alimento. De lo contrario, como al fin del verano y durante el otoño, producen machos y hembras que se reproducen sexualmente.



En los peces

Algunas especies raras de peces tropicales pueden alternar la reproducción sexual con la partenogénesis, por lo general la partenogénesis se da cuando escasean los machos, esto se ha observado en al menos una especie de esqualo, el llamado tiburón martillo (*Sphyrna mokarran*).

En los anfibios y reptiles

La partenogénesis de estos grupos es diferente a la de los insectos, siempre se encuentran poblaciones de hembras que se reproducen sin necesidad de ser fecundadas por machos. Se trata de un proceso de reproducción asexual. Estaríamos ante la presencia de clones genéticos, que no tendrían la posibilidad de variación genética alcanzada en la reproducción sexual, por lo tanto deberían estar imposibilitados a adaptarse genéticamente a los cambios ambientales salvo por efecto de mutaciones.

No siendo claro el estatus de estas "especies" es factible que tengan fases de reproducción sexual en algún momento histórico, mientras en otro se reproduzcan por partenogénesis.

En reptiles y anfibios los patrones de coloración y dibujos miméticos son similares para todos los individuos del clon.

Se da la partenogénesis con bastante frecuencia en algunas especies de gecko como el *Heteronotia binoei*; se conocen casos de partenogénesis en ofidios (víboras) como la *Ramphotyphlops braminus*. Excepcionalmente en varanos (Dragón de Komodo) como el *Varanus komodensis*.

En las aves

De las aves actuales se registran casos de partenogénesis en ejemplares de *Meleagris gallopavo* (Pavo salvaje), *Gallus gallus* (Gallo doméstico o Gallo Rojo) y algunas especies de codornices.

En los mamíferos

No se preocupe, aunque debamos desmentir al libro sagrado no se conocen casos de partenogénesis natural en mamíferos, sin embargo se ha inducido artificialmente con éxitos parciales o totales en distintas especies.

En 1936 Gregory Goodwin Pincus informó haber inducido partenogénesis en un conejo exitosamente. En abril de 2004, científicos de la Universidad de agricultura de Tokio emplearon partenogénesis para crear un ratón sin padre. Empleando genes targeting, fueron capaces producir un ratón bimaterno y posteriormente demostrar que los ratones sin padre tenían una mayor longevidad.

La partenogénesis inducida en ratones y monos suele resultar en un desarrollo anormal. Esto se debe a que los mamíferos poseen regiones de impronta genética, donde o bien el cromosoma materno o bien el paterno es inactivado en la progenie para que el desarrollo proceda normalmente. Un mamífero creado por partenogénesis tendría el doble de dosis de los genes de impronta materna, y carecería de la paterna, dando lugar a anomalías en el desarrollo.

Como consecuencia, la investigación en partenogénesis humana se enfoca en la producción de células madre para su uso en tratamientos médicos, y no como estrategia reproductiva.

Causas posible de la partenogénesis

Determinar cómo apareció la partenogénesis en los seres vivos es todo un desafío, pero lentamente la investigación científica va desvelando este misterio. Un agente causante de la partenogénesis es una bacteria que pertenece a la orden Rickettsiales denominada *Wolbachia* que induce a la partenogénesis de artrópodos y nemátodos; esta bacteria se especula que ingresó en el ADN (ácido desoxirribonucleico) de estos animales modificándolo. Las especies portadoras de *Wolbachia*, como es el caso de *Apis mellifera*, le deberían a esta bacteria la capacidad de desarrollar huevos no fecundados.

Referencias

- <http://mapyourinfo.com/wiki/es.wikipedia.org/Partenog%C3%A9nesis/>
- *Partenogénesis. Viviendo sin machos*, Víctor Tagua. www.hablandodeciencia.com



El cultivo moderno del anturio



Guadalupe López-Puc, Marco Antonio Ramírez-Mosqueda e Hilda Eulalia Lee Espinosa *Revista Ciencia* • julio-septiembre 2013

Introducción

La floricultura es una de las industrias más exitosas dentro del sector agropecuario. En países desarrollados se encuentra en constante transformación, gracias a las variaciones en el cultivo, manejo, tecnologías poscosecha y al uso de técnicas modernas para desarrollar nuevas variedades.

Los países con mayor superficie sembrada de plantas ornamentales son China e India.

El comercio internacional de la floricultura se organiza por regiones: los países de Asia y el Pacífico son los principales proveedores de Japón y Hong Kong; los países africanos y algunos europeos son los principales proveedores de Europa, y Estados Unidos es atendido principalmente por Colombia y Ecuador (Sarkar, 2011). Es en este mercado donde México tiene oportunidad de incrementar su participación.

El cultivo de tejidos

Debido al incremento en la demanda de plantas ornamentales, los países con mayor auge en el campo de la floricultura han desarrollado toda una industria que incluye el cultivo de tejidos vegetales, que es aplicado para multiplicar rápidamente las plantas ornamentales.

El cultivo de tejidos vegetales involucra diferentes técnicas de cultivo de material vegetal diverso: células, tejidos, órganos y plantas completas. Mediante éstas y otras técnicas es posible obtener plantas libres de patógenos en un medio nutritivo aséptico (estéril) en condiciones ambientales controladas. También se le conoce como cultivo *in vitro* de plantas, por llevarse a cabo en recipientes de vidrio. La industria de la floricultura basada en la propagación por cultivos *in vitro* se inició en los países desarrollados de Europa y Estados Unidos, y en la actualidad se ha extendido al resto del mundo, incluyendo a los países de América Latina, Asia y África. Las principales plantas que se multiplican masivamente por cultivo *in vitro* son las begonias, orquídeas, ficus, *Anthurium*, crisantemo, rosa, *Saintpaulia* y *Spathiphyllum*.

El anturio

Entre las plantas ornamentales, el género *Anthurium* es uno de los más sobresalientes. La característica del *Anthurium* son las flores, que son en realidad una inflorescencia subdividida en dos partes: una parte espata (hoja transformada) coloreada de manera viva brillante, que crece alrededor de una inflorescencia en espiga, llamada espádice, de forma cilíndrica con flores hermafroditas (presenta aparatos

femeninos y masculinos). El endemismo del género *Anthurium* en México es alto, con un total de 41 especies, de las cuales 26 son endémicas. Un gran número de variedades de anturio son producidas y comercializadas internacionalmente como flores de corte y plantas de maceta. Es por esto que la comercialización de anturio se considera una industria lucrativa, en la que Holanda es el mayor productor y vendedor del mundo de flores de corte, con el 68%, y tiene un amplio programa de mejoramiento, por lo que es la principal fuente de nuevos colores y cultivares. El competidor más cercano de Holanda es Colombia, que produce 16% de anturio. El resto del mercado lo cubren países como Taiwán, Singapur, Tailandia, Japón y Filipinas. En México la producción de anturio es poca. De hecho, el cultivo comenzó hace más de una década; actualmente se cultiva en Veracruz, Chiapas, Morelos y el Estado de México, entre otras entidades.



Diversidad de colores de *Anthurium andraeanum*.

¿Cómo se propaga el anturio?

La propagación de anturios se lleva a cabo principalmente por el método vegetativo, mediante la división de tallo, que consiste en separar de la planta madre los brotes o hijos que se forman junto a ella. El momento adecuado para realizar la separación es cuando los nuevos brotes forman hojas y presentan sus propias raíces; por este método se obtienen de uno a ocho hijuelos del tallo por año, dependiendo de la variedad y del manejo que se le dé a la planta. Los anturios también se propagan por semilla. En esta técnica se presiona con los dedos el fruto maduro, del cual se obtienen una o dos semillas. Éstas se colocan para su germinación sobre un sustrato en contenedores; por lo general, el tiempo para que germinen es de 15 a 25 días, y se mantienen en el mismo sustrato hasta los cuatro meses de edad. Posteriormente se trasplantan a macetas o bolsas con la finalidad de que se desarrollen; y se mantienen así de dos a tres años hasta obtener la primera flor. La propagación por semillas presenta varias desventajas: es lenta y poco eficiente debido a las escasas semillas que se obtienen; éstas pierden fácilmente su capacidad para germinar y no

pueden ser almacenadas por más de cuatro días; además, la descendencia presenta alta variabilidad genética que afecta negativamente su comercialización.

Actualmente, la mejor alternativa para la propagación e anturios es por cultivo *in vitro*, ya que constituye un método rápido y fiable, pues se obtienen grandes cantidades de plantas utilizando poco material, y además presentan las mismas características que el progenitor. Para tener una idea de la importancia de esta alternativa hay que mencionar que Holanda produce alrededor de 98% de plantas a través de este tipo de propagación, y además las comercializa como plántulas en muchos países (Hernández, 2004). El uso de esta alternativa surgió por la necesidad de cubrir la fuerte demanda de plantas de élite, que la propagación convencional no puede satisfacer a nivel comercial (Te-Chato y colaboradores, 2006).

¿Cómo se lleva a cabo el cultivo *in vitro*?

El cultivo *in vitro* consiste en el uso de una porción de una planta, a la que se denomina *explante*; por ejemplo, el ápice, una hoja o segmento de ella, segmentos de tallo, meristemo, embrión, nudo, semilla o antera. El explante se coloca en un medio nutritivo estéril (usualmente gelificado, semisólido) donde se regenerarán una o muchas plantas, dependiendo de la vía de propagación. La formulación del medio nutritivo depende de la vía de regeneración que se quiera obtener. La propagación por cultivo *in vitro* es un sistema de regeneración ideal para la propagación clonal, ya que ofrece la máxima estabilidad genética.

¿Por qué tienen las plantas la capacidad de regenerarse *in vitro*?

En 1902 Haberlandt reportó sus primeros experimentos encaminados a explorar la capacidad de las células vegetales para generar plantas completas, a la que se le dio el nombre de *totipotencialidad*. Según su visión, todas las células vegetales tienen la información genética necesaria para diferenciarse y formar una nueva planta. Ésta es la base del cultivo *in vitro* de células y tejidos vegetales. De hecho, desde niños sabemos que las plantas tienen la capacidad de crecer: los árboles pueden cortarse por el tronco al nivel de la tierra, pero observamos que posteriormente vuelven a crecer completamente, si sus raíces no se destruyen. Esta habilidad de las plantas para regenerarse es la que permite los cultivos de plantas *in vitro*.

Ventajas del cultivo *in vitro* vs cultivo convencional

A los métodos de cultivo *in vitro* se le han señalado varias ventajas: menor tiempo para obtener plantas, producción masiva de plantas clonales, multiplicación de plantas genéticamente modificadas, selección de plantas con resistencia a determinados patógenos o herbicidas y producción de plantas libres de patógenos.

Un hongo, el peor enemigo del plátano

José Enrique Trujillo-Sierra y Cecilia Mónica Rodríguez-García



La industria del banano ocupa uno de los principales lugares en la actividad económica mundial. El hongo *Mycosphaerella fijiensis* infecta al banano haciendo que produzca frutos escasos y de mala calidad, lo cual ocasiona pérdidas millonarias.

Actualmente los estudios de biología molecular y celular de este hongo se realizan con la finalidad de identificar los puntos débiles de su ciclo de vida y así plantear los mejores métodos para combatirlo o controlarlo.

Los hongos: ¿plantas o animales?

Aunque poseen características de ambos, los hongos no son ni plantas ni animales: están clasificados en un reino aparte, el llamado *fungi*, plural del latín *fungus*, seta, derivado a su vez del griego *sphongos*, esponja.

Los hongos son cosmopolitas ya que se encuentran en cualquier lugar del planeta. Existen varios tipos: comestibles, medicinales, alucinógenos y patógenos. Estos últimos ocasionan enfermedades a plantas o animales. En cuanto a su tamaño, pueden ser macroscópicos o microscópicos; ambos los observamos a simple vista. Los primeros frecuentemente tienen forma de sombrilla y los segundos tienen un aspecto parecido a manchas aterciopeladas, mejor conocidas como mohos, que se hallan sobre alimentos en descomposición y objetos de piel localizados en lugares húmedos y sombreados. Para ver su estructura completa se requiere un microscopio (Herrera y Ulloa, 1990).

¿Son importantes los hongos?

En el ámbito ecológico, son importantes porque establecen asociaciones de mutua ayuda con especies vegetales, como los hongos micorrízicos del género *Glomus* con las palmas de Yucatán (Carrillo y colaboradores, 2002).

En el ámbito económico, algunos hongos tienen gran impacto porque son utilizados en la industria farmacéutica para obtener antibióticos, como el hongo *Penicillium notatum*, productor de la penicilina. Otros, porque son fuente nutritiva de alimento y en su cultivo se utilizan subproductos agrícolas como el bagazo de henequén, en el cual crece el hongo rosado nativo de Yucatán, *Volvariella volvacea* (Ancona y Salmones, 1996).

Por último, encontramos a los hongos patógenos como *Mycosphaerella fijiensis*, que ocasiona graves pérdidas económicas en la producción agrícola, al producir la enfermedad llamada "Sigatoka negra", que infecta las hojas de la planta del plátano, sitio donde se elaboran azúcares y otros compuestos orgánicos necesarios para la formación del fruto. Como consecuencia, se obtienen frutos escasos y de mala calidad.

M. fijiensis y su camino en la selección natural

Mycosphaerella fijiensis ha adoptado dos tipos de reproducción: la sexual y la asexual. Con ello ha perpetuado su especie y mantenido su alta agresividad. En la reproducción sexual, el hongo posee ambos

sexos pero es incapaz de autofecundarse, por lo que necesita de otro hongo de su misma especie que sea compatible para reproducirse y formar su principal fuente de dispersión, las esporas conocidas como *ascosporas* (Conde y colaboradores, 2004).

Estas estructuras pueden esparcirse en un área de varios kilómetros con ayuda del viento y otras condiciones climáticas como temperatura, humedad e índice de lluvias. Por otro lado, en la reproducción asexual intervienen estructuras reproductivas conocidas como *conidióforos*, parecidas a pelos erectos, que emergen de los estomas (estructuras por donde respira la planta infectada) para producir las esporas conocidas como *conidios*, las cuales se dispersan a menor distancia que las *ascosporas* con la ayuda de lluvias y fuertes rocíos (Marín y colaboradores, 2003).

M. fijiensis y banano: una relación dañina

Ambos organismos entran en contacto desde que la espora, estructura sexual o asexual del hongo, se adhiere a la superficie inferior de la hoja (envés) del banano. Posteriormente, la espora germina, como si fuera una semilla; coloniza la superficie de la hoja, penetra por los estomas, invade su interior y exterior, crece y se reproduce, destruyendo las hojas para finalmente diseminarse en la misma planta u en otras.

Al dañar mecánica o químicamente las estructuras celulares, los hongos provocan una serie de síntomas característicos de una enfermedad. Por otro lado, las plantas en ocasiones pueden responder a la infección del hongo liberando sustancias tóxicas que detienen su crecimiento e invasión. Así pues, se establece una

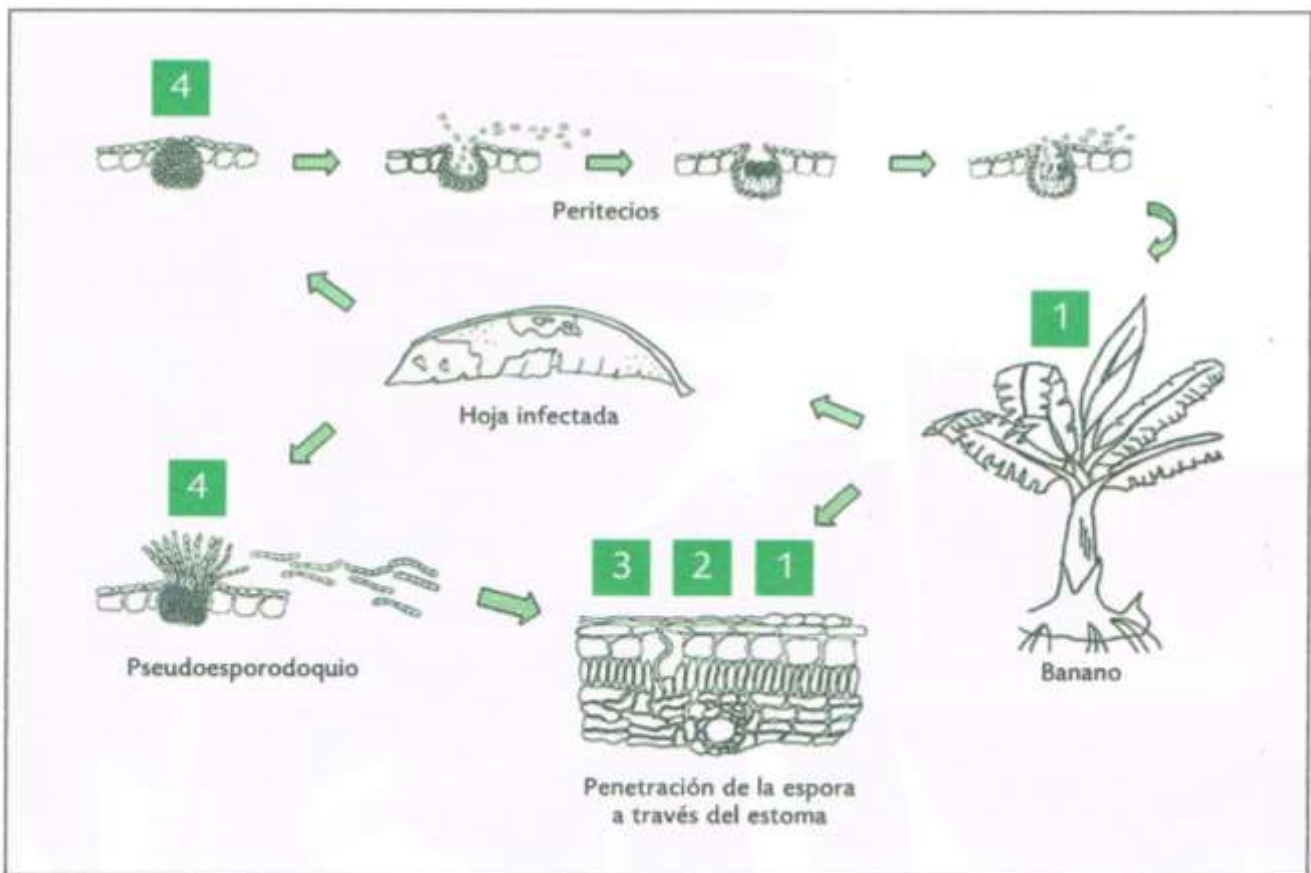


Figura 1. Ciclo de infección. 1) La espora (ya sea ascospora o conidio) se adhiere a la superficie inferior de las hojas jóvenes (parte abaxial) con ayuda del aire o la lluvia; 2) las esporas germinan produciendo un filamento, conocido como hifa, 3) las hifas penetran al azar los estomas, se ramifican e invaden el tejido, y 4) se forman en la cavidad subestomática estructuras reproductoras que posteriormente producirán las esporas de infección.

interacción celular y bioquímica que podemos seguir mediante estudios citológicos y bioquímicos.

A nivel celular, podemos observar cómo penetra el hongo en la planta, cómo crece dentro y fuera de ésta, y qué células de la planta son afectadas directamente por el crecimiento del hongo invasor. A nivel bioquímico, podemos saber cuáles son las sustancias tóxicas producidas por el hongo durante su invasión y cuáles por la planta en respuesta a dicha invasión.

Desafortunadamente, con este tipo de estudios no es posible deducir, a nivel genético, cuáles son los genes del hongo que le permiten reconocer a la planta y adherirse a su superficie, así como cuáles son los genes que le permiten penetrar en la planta e invadirla, y por último, qué genes de la planta se activan o inactivan ante la invasión del hongo.

La importancia de conocer la biología y la genética de cualquier hongo microscópico que ocasione daños a cultivos de importancia económica, como *M. fijiensis*, radica en que estos conocimientos nos permitirán identificar los puntos débiles del hongo para generar diversas estrategias de combate o control.

La batalla contra el enemigo nativo

Dentro del programa de plátano del Centro de Investigación Científica Yucatán (CICY), uno de los proyectos de investigación se enfoca al estudio de la interacción de *Mycosphaerella fijiensis* con el banano en su etapa inicial; esto es, desde que las esporas llegan a la superficie de la hoja del banano hasta la penetración del hongo en la planta.

El aislamiento y la identificación de los genes del hongo y del banano que se expresan en esta etapa inicial de la interacción nos permitirán realizar otros estudios para identificar, en parte, los puntos críticos del hongo en la etapa inicial infectiva (adhesión y penetración) y la respuesta de la planta ante dicho patógeno. Posteriormente, con la información generada podremos realizar estudios biotecnológicos para contrarrestar la enfermedad, como por ejemplo producir plantas de banano que puedan defenderse al ataque de *M. fijiensis*.

Bibliografía

- Ancona, L. y D. Salmenes (1996), "Uso del bagazo de henequén fermentado en el cultivo de *Volvariella volvacea*", *Revista mexicana de micología*, 12, 115-118.
- Carrillo, L., R. Orellana y L. Varela (2002), "Study of the mycorrhizal association in three species of native palms on the Yucatan peninsula, Mexico", *Palms*, 46(1), 39-46.
- Conde, L., B. Canto y A. James (2004), "La vida sexual de los hongos (y su clave molecular)", *Ciencia*, 55(4), 64-69.
- Herrera, T. y M. Ulloa (1990), "El Reino de los hongos", *Micología básica y aplicada*, Universidad Nacional Autónoma de México/Fondo de Cultura Económica, 2ª ed., México, 206-281.
- Marín, D. H., R. H. Romero, M. Guzmán y T. B. Sutton (2003), "Black Sigatoka: an increasing threat to banana cultivation", *Plant Dis*, 87(3), 208-222.

José Enrique Trujillo-Sierra egresó del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2, en Conkal, Yucatán, como licenciado en biología con especialidad en agroecología. Realizó su tesis de licenciatura en el Centro de Investigación Científica de Yucatán (CICY) con un tema relacionado con la línea de investigación sobre la interacción molecular planta-patógeno con el modelo *Musa acuminata-Mycosphaerella fijiensis*. Imparte clases de biología, ecología, química y geografía a nivel medio superior.
volvariella@hotmail.com

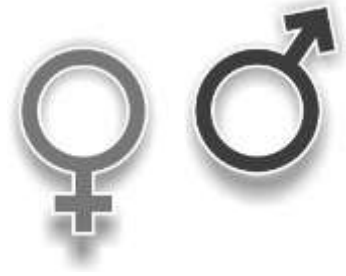
Cecilia Mónica Rodríguez-García egresó de la Universidad Autónoma de Chapingo como ingeniera agrónoma. Realizó su maestría en botánica en el Colegio de Postgraduados de Montecillos, y su doctorado en ciencias en el Institut Nationale Agronomique Paris-Grignon y en el INRA de Francia. Es investigadora del Centro de Investigación Científica de Yucatán y responsable del proyecto "Aislamiento e identificación molecular de genes que se expresan durante la infección temprana de la Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) en banano (*Musa acuminata*), cultivar enano gigante".

koyi@cicy.mx

Los animales que cambian de sexo

Sep 19, 2012 | Categoría: Curiosidades Biológicas | TAGS Acercaciencia, Animales, Hermafroditas Secuenciales, Protándrico, Protógino |

En el maravilloso y diverso mundo animal el universo de posibilidades que podamos imaginar siempre resulta pequeño a la hora de compararlo con la realidad. Por ello, hablar de cambio de sexo a lo largo de la vida de un animal no es algo fuera de lo común.



Los animales, en general, nacen con el sexo ya definido: macho o hembra. Sin embargo, existen varias especies que pueden cambiar de sexo, especialmente dentro del grupo de los peces, algunos moluscos, crustáceos, equinodermos y gusanos.

Símbolos de Hembra y Macho respectivamente.

Los individuos de estas especies se clasifican como un tipo especial de hermafroditas que, a lo largo de su vida, pueden cambiar de sexo dependiendo de cómo cambien los factores ambientales en donde se desarrollan.

Para entender un poco más sobre el tema, sería importante definir biológicamente qué es el sexo. En los animales pluricelulares, el sexo es el conjunto de caracteres estructurales y funcionales que distinguen al macho de la hembra. Ambos producen células sexuales (gametos). Las de los machos son pequeñas y se denominan espermatozoides y las de la hembra son algo mayores y se denominan óvulos. Además de las diferencias en los órganos reproductores, los individuos de los dos sexos pueden diferir en su forma externa o interna, en su morfología, fisiología y comportamiento.

Acorde a esta definición, podemos clasificar a los organismos en tres grandes grupos de acuerdo a los órganos sexuales que presentan y el tipo de gametos que éstos producen:

- *Macho: organismo que tiene órganos reproductivos que producen espermatozoides.
- *Hembra: organismo que tiene órganos reproductivos que producen óvulos.
- *Hermafrodita: organismo que posee ambos órganos reproductivos para producir respectivamente cada uno de los gametos.

Las especies animales que pueden cambiar de sexo a lo largo de su vida se clasifican dentro del grupo de los *hermafroditas secuenciales*. En estos animales, algunos de sus organismos nacen primero como machos y luego se convierten en hembras o viceversa. La mayoría de los hermafroditas secuenciales solo cambian de sexo una vez, aunque existen algunas especies que cambian de sexo múltiples veces.

Si el organismo nace primero como macho y después se transforma en hembra, se le cataloga como organismo protándrico. Si es al revés, se lo llama organismo protógino. En cualquiera de los dos casos el organismo cuenta con ambos sexos desde que nace.

El que un animal hermafrodita secuencial sea macho o hembra en alguna etapa de su vida, depende, en general, de los factores ambientales en los que se desarrolla, y también de ciertos esquemas de comportamiento y organización social.

Veamos algunos ejemplos:

Entre los peces suele ser común el cambio de sexo, y muchos ejemplos suelen encontrarse entre las especies que habitan los arrecifes. Algunas especies, por ejemplo, pueden cambiar de sexo de acuerdo a la estructura social de su población (número de machos en comparación al de hembras) en un momento dado.

Pez payaso (*Amphiprion ocellaris*).



El pez payaso *Amphiprion ocellaris*, conocido por inspirar a *Nemo*, el protagonista del film “Buscando a Nemo”, es una especie que cambia de sexo; es del tipo protándrica. Las colonias de estos organismos están formadas por machos de diverso tamaño y un animal más grande que es precisamente la hembra. Cuando la hembra muere, el macho de mayor tamaño toma su papel cambiando el sexo y uno de los machos inferiores toma el papel de macho reproductor.

Tordo limpiador (*Labroides dimidiatus*) (Sup). Fuente: David Harasti. **Viejita Azul** (*Thalassoma bifasciatum*) (Inf). Fuente: Tibor Marcinek.

Por otra parte, la mayoría de las especies protóginas las encontramos entre algunos peces que viven formando harenes, como el caso de varias especies de peces loro, el tordolimpiador (*Labroides dimidiatus*) o la viejita Azul (*Thalassoma bifasciatum*). El cambio de sexo en el tordo limpiador, por ejemplo, depende de ciertas pautas de conducta. Normalmente, un macho agresivo mantiene a un harén de hembras, y si el macho muere, la hembra dominante asumirá el papel de macho agresivo en cuestión de horas, aunque el cambio de sexo total tarda unos días.



Crepidula fornicata. Fuente: [sergei olenin](#).

Dentro de los moluscos, están las lapas zapatilla, un caracol marino de la especie *Crepidula fornicata*. Los individuos nacen como machos y luego pueden transformarse en hembras, dependiendo de su tamaño. Estos moluscos viven fijos a un sustrato de forma apilada, en una estructura en la que los ejemplares de abajo, los mayores, son hembras, y los de arriba, más pequeños, machos. Cuando la hembra muere, el macho más grande cambia su sexo y se convierte en la hembra del grupo.

Recientemente, un grupo de científicos ha descubierto que los miembros de una especie de bivalvos antárticos son capaces de cambiar de sexo. Se trata de *Lissarca*

miliaris, una especie de moluscos bivalvos que habita la Antártida. Los investigadores sugieren que los moluscos pueden cambiar entre los sexos para reproducirse de manera eficiente en el océano extremadamente frío.

Los resultados fueron publicados en la revista **Biología Polar** este mes. El equipo sugirió que los bivalvos se reproducen como machos, mientras que todavía se encuentran en las primeras etapas de desarrollo, pero cambian a órganos femeninos, una vez que son suficientemente grandes para criar un número significativo de huevos.

Dentro de los gusanos planos están *Hymanella retenuova* y *Paravortex cardii*, ambas especies protándricas.

Asteriana gibbosa



Dentro de los equinodermos, podemos citar a las estrellas de mar *Asterina panceri* y *Asteriana gibbosa*, especies del tipo protóginas.

Este listado de especies, es solo una pequeña muestra de todas las posibles que son capaces de experimentar este raro fenómeno de cambio de sexo.

También existen algunos casos en los que se propone que el cambio de sexo se da frente a una infección por bacterias, como por ejemplo el cambio de sexo que ocurre en los crustáceos isópodos conocidos

vulgarmente como cochinillas de la humedad.

Los tipos de mecanismos bioquímicos que impulsan la secuencia de cambios siguen siendo un misterio, pero suelen asociarse, al menos una parte de ellos, a las feromonas. Las feromonas son sustancias químicas secretadas externamente por los seres vivos con el fin de provocar comportamientos específicos en otros individuos de la misma especie.

Algunos investigadores consideran que todos estos procesos son producto de la evolución normal de ciertas especies, que bajo condiciones extremas buscan soluciones para asegurar nuevas generaciones.

Mientras que el fenómeno del cambio de sexo evidencia una clara ventaja adaptativa para las especies que lo experimentan, una de las grandes preguntas que se hacen los científicos es por qué este fenómeno es tan raro y ocurre solo en algunos grupos taxonómicos.

Bibliografía consultada:

- Biology today and tomorrow with physiology, 3th ed. C. Starr, C. A. Evers & L. Starr.
- Zoología General, 6ma ed. (1986). T. Storer, R. Usinger, R. Stebbins & J. M. Nybakken.
- Invertebrates – 2nd ed (2003) Richard Brusca & Gary Brusca.
- Cambio de sexo en algunas especies animales. [Alejandra Alvarado Zink](#). Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM.
- Sex change in *Crepidula fornicata*: Influence of environmental factors on reproductive success and the timing of sex change. [Dina Proestou](#), University of Rhode Island.

Texto Recuperado 09-03-2015 de <http://www.acercaciencia.com/2012/09/19/los-animales-que-cambian-de-sexo/#>

Hermosas que prometen sexo y luego... ¡nada!

José Ramón Alonso. Lun, 17 oct 2011

Las orquídeas son un grupo llamativo de seres vivos, las cuales destacan especialmente por la belleza de su flor. Forman la familia más numerosa de plantas con flor, con entre 22,000 y 26,000 especies. Para tener una idea, esta cantidad asombrosa es aproximadamente el doble de especies de las de aves, y cuatro veces el número de especies de mamíferos. Por si fuera poco, las orquídeas se han extendido por todos los continentes y podemos observar desde orquídeas diminutas en nuestros prados y en las cunetas de las carreteras hasta ejemplares de una belleza asombrosa en las selvas tropicales.



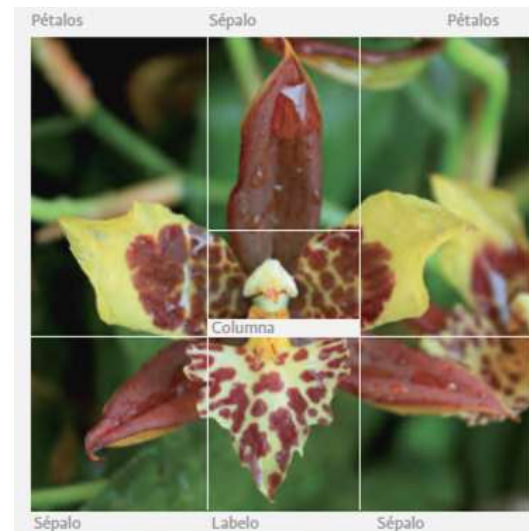
La orquídea tiene una interesante relación con el sexo. Para empezar el nombre viene del griego orquis (ὄρχις) que significa "testículo". Eso es así porque la raíz de bastantes orquídeas de las zonas templadas, tienen esa forma globular y ovalada, y en algunos géneros como, *Orchis* y *Ophrys*, tienen dos de esas raíces tuberosas, con lo que la semejanza es aún mayor. Una de estas estructuras es de reserva y ayuda a superar el invierno proporcionando nutrientes para el desarrollo de la otra, que es de donde surge el nuevo tallo. En la mitología griega, Orquis es el hijo de una ninfa, pero es un sátiro. En una fiesta, en honor del dios Dionisio (Baco), bebe demasiado e intenta violar a una sacerdotisa. Ella se defiende y pide ayuda a los animales salvajes del bosque, que le atacan y matan. Mirando su bello cadáver, ella pide a los

dioses que le vuelvan a la vida, pero éstos lo hacen solo a medias y le convierten en un vegetal, la hermosa orquídea.

En cuanto a nuestro país, desde hace mucho tiempo ya se conocían y eran apreciadas varias especies de orquídeas, como la vainilla, aunque también se sabe que las utilizaban como ornato.

Una de las peculiaridades de las orquídeas es lo sofisticado de su reproducción sexual. La flor contiene tanto el órgano sexual femenino como el masculino en la mayoría de las orquídeas, razón por la cual muchas resultan ser hermafroditas. La flor de la orquídea tiene simetría

bilateral con un pétalo muy modificado, llamado labelo, que se convierte en un potente atrayente de



muchos insectos y en una auténtica pista de aterrizaje para ellos. Este labelo puede envolver o enmarcar a una pieza central llamada columna, zona que contiene el estigma y los estambres, los auténticos órganos sexuales de la flor. Las semillas, especialmente pequeñas, hacen que a simple vista y en conjunto tengan aspecto de arenilla muy fina, de ahí el nombre de “semillas de polvo”.

Uno de los géneros más sugerentes es *Ophrys*, la llamada orquídea de las abejas. La estrategia reproductora de esta planta es el “engaño sexual” o “seudocópula”. Distintas especies de *Ophrys* tienen distintos himenópteros polinizadores, parientes de la abeja, el abejorro, y la avispa. Estas plantas no ofrecen néctar o polen como recompensa para atraer a los insectos, sino que les prometen “sexo”. En este caso, su labelo ha adoptado —tras cientos de miles de años de evolución— la apariencia vista desde arriba de una abeja hembra. La planta va más allá pues imita también el olor de las feromonas que emite el insecto hembra y el propio tacto de la espalda de la abeja sobre la que supuestamente se posa el incauto... el engaño está preparado.



Cuando el pobre himenóptero aterriza en lo que considera una hembra de su especie, intenta copular con ella y “se pone a realizar unos movimientos vigorosos y prolongados de cópula”. Esos movimientos y su propio peso hacen que la columna de la orquídea, la zona que contiene el estigma y los estambres, se doblen sobre el insecto. Al contactar con él, los estambres le colocan sobre su cuerpo dos sacos de polen, que quedan fijados por una sustancia pegajosa. Pero, si al pobre insecto ya lo habían engañado antes, y lleva polen sobre sí, entonces el estigma (órgano reproductor femenino) al tocar esos granos de polen, éstos pasarán de una planta a otra, gracias al insecto, por lo que la reproducción sexual de la orquídea se habrá consumado.

La orquídea no le da un poco de néctar para compensarle el *coitus interruptus*. Parece que frustrar al pobre bicho es parte de la estrategia de la orquídea pues, después de terminar de forma abrupta la seudocópula con la planta que le ha engañado, no lo intenta con otra orquídea de las proximidades, sino que permanece volando un rato, hasta que se calma o se le olvida cómo le han timado, o encuentra algo que parece distinto y lo intenta de nuevo. Eso hace que se favorezcan los cruces entre plantas alejadas unas de otras, lo que favorece la diversidad genética. También se cree que esa otra orquídea, con mayor diversidad genética que la anterior, tendrá un aspecto y un olor ligeramente diferentes, y

ahora el pobre bicho como tantos machos, —sin señalar a nadie— “pensará”, ésta no me va a engañar. Por así decirlo, las imperfecciones en copiar el aspecto del insecto hembra son un factor clave del éxito de la orquídea para seducir y timar varias veces al insecto macho. En este contexto, la reproducción sexual lograda de esta manera resulta ventajosa porque aumenta la diversidad genética al no aparearse orquídeas “hermanas” o emparentadas genéticamente.

Las ventajas de este tipo de polinización es que las pocas veces que el polinizador visita la flor, la orquídea le impregna una cantidad enorme de polen en una masa única de modo que, cuando vaya a otra flor, puede fecundar de una sola vez, miles de óvulos, lo que implica y explica que las semillas de las orquídeas sean diminutas. Finalmente, en bastantes especies de orquídeas, si no son visitadas por ningún insecto, la flor se cierra sobre sí misma y se autopoliniza, con lo que no se pierde todo el esfuerzo biológico gastado en conseguir esa estructura reproductora: la flor.

Por otro lado, si pensamos que es un mecanismo tan bueno, porqué no hay tantas orquídeas de la misma especie. La explicación es porque si fueran más abundantes su propio esquema de engaño se volvería contra ellas. Si un insecto visita flor tras flor y no saca nada de ellas, ni néctar ni sexo, terminará por abandonar esa flor, que terminará perdiendo su ventaja evolutiva, por lo tanto el sistema solo funcionará si el engaño es ocasional.

No es que las orquídeas hayan elegido por sí mismas este camino para tener éxito, las orquídeas no buscan engañar porque no tienen consciencia. Han tenido éxito porque en todas las variaciones en que un ser vivo puede mutar, la suya tuvo premio. Los puntos de partida fueron sencillos, la simetría bilateral (la gran mayoría de los animales terrestres tienen simetría bilateral) por lo que tiene más posibilidades de asemejarse a un insecto y obtener, por lo tanto, una gran diversidad genética conseguida mediante la reproducción sexual. Si lo pensamos bien, las orquídeas han sido capaces de desarrollar una enorme variedad de aspectos, incluyendo formas, colores, olores, texturas, etc. y han tenido éxito las que se asemejan a las tres motivaciones más básicas para un animal: comida, refugio y sexo.

Recuperado el 13 de octubre de 2015. Disponible en: <http://jralonso.es/2011/10/17/hermosas-que-prometen-sexo-y-luego-nada/>

Fuentes adicionales consultadas:

- Menchaga R, 2011. Manual para la propagación de orquídeas. CONAFOR-SEMARNAT. México.
- Mendoza L, 2010. Semillas, testa, embriones y otras cosas. México. Recuperado el 14 de octubre de 2015. Disponible en: <http://orquideas-katia.org/ESP/SALAS/CONFERENCIAS/SEMILLAS-TESTA.htm>

El ajolote de Xochimilco

Alejandro Molina Vázquez. Revista CIENCIAS 98, ABRIL-JUNIO 2010

Desde el principio, la historia de nuestra nación ha estado vinculada a la del *axolótl*, ajolote en su forma castellanizada; pero en la actualidad, ¿qué tanto sabemos del ajolote de Xochimilco? Se trata de una salamandra (clase Amphibia, orden Urodela) perteneciente a la familia *Ambystomatidae* (del griego *stoma*, hocico y *amblys*, agudo), la cual está conformada por treinta especies, y cuya distribución se circunscribe al continente americano, desde el sur de Alaska, este de Canadá, gran parte de Estados Unidos y ocho estados de la República Mexicana, hasta la meseta central. Hoy día, *Ambystoma mexicanum* es endémico de la zona lacustre de Xochimilco y Chalco-Tláhuac, en la ciudad de México.

El nombre vernáculo con que se conoce en nuestro país tiene un origen prehispánico. Al ajolote se le consideraba como una remembranza de la deidad Xólotl de quien toma su nombre en náhuatl: *Axolotl*, que significa 'monstruo del agua'. Aún hoy día se encuentra inmerso en nuestra cultura, como parte de nuestra gastronomía

(preparado como tamal o metlaxpique), de la medicina tradicional (como unguento o jarabe) y de las artes plásticas (como lo ilustra el mural-graffiti realizado por el grupo de neomuralistas urbanos Colectivo Neza Arte Nel), aunque esto pasa muchas veces desapercibido.



El ajolote de Xochimilco fue descrito como especie por primera vez por Shaw y Nodder en 1798, y se distingue de otros anfibios por retener caracteres larvarios en estado adulto y durante todo su ciclo de vida, rasgo que lo restringe a un estado acuático. Este fenómeno biológico es conocido como neotenia. Dicho de otra forma, esta especie no sufre metamorfosis en estado silvestre, y llegada la madurez sexual mantiene características propias del estadio larvario, como las agallas, una cola serpenteante, la ausencia de párpados, un sistema de excreción amoniotélico y un sistema óseo constituido preponderantemente por tejido cartilaginoso.

A esta especie en particular sí se le puede inducir la metamorfosis en cautiverio al suministrarle hormona tiroidea (tiroxina), como lo mostró Ortega, por lo que se le clasifica como un organismo neoténico estricto-inducible, ya que si bien no sufre metamorfosis en condiciones naturales, mantiene la potencialidad latente de transformarse —a diferencia de otras especies consideradas neoténicas estrictas.

En cuanto a su reproducción, *A. mexicanum* posee caracteres sexuales secundarios inconspicuos, como lo reportó Vergara, lo que significa que no existe dimorfismo sexual, es decir, que en la época reproductiva difícilmente se puede diferenciar a simple vista machos y hembras. No obstante, aparecen sutiles características anatómicas, ya que los machos adultos muestran un marcado ensanchamiento de los labios de la cloaca, mientras que las hembras adultas pueden tener el cuerpo más robusto por el incremento en el tamaño de los ovarios y los oviductos o, en su defecto, por la presencia de huevecillos.

Esta especie se reproduce sexualmente y posee fecundación interna, es decir, existe intercambio de material genético cuando los espermatozoides fecundan los óvulos. Sin embargo, como en la mayoría de los anfibios, estas salamandras no poseen órganos copuladores. La fecundación se lleva a cabo después de un vistoso ritual de cortejo, que sucede exclusivamente en el agua durante la época reproductiva y se le conoce como el vals, ya que el macho, al ser atraído por estímulos olfativos producidos por la hembra, la empieza a seguir, efectuando círculos consecutivos a lo largo de la columna de agua por tiempo indefinido, y una vez que lo logra, deposita en el sustrato del lecho del cuerpo de agua su espermatóforo —una pirámide de unos cuantos milímetros de altura constituida en su base por material gelatinoso y en cuya punta se ubican los espermatozoides—, sobre la cual la hembra se posiciona para recogerlo con sus cloacas e introducirlo a una espermateca, donde posteriormente los espermatozoides se liberan para fecundar los óvulos. En promedio, una hembra grávida deposita 400 huevecillos por puesta, como lo reportó Heraclecky.

En condiciones experimentales, las hembras alcanzan la madurez sexual entre los 12 y 18 meses de edad, como lo mostró Armstrong, algunos meses después que los machos, y su vida reproductiva óptima tiene una duración de cinco a seis años, pues al incrementarse la edad, la calidad de los gametos va disminuyendo y se reduce el número de puestas. Si a una hembra fecundada en condiciones experimentales se le suministra hormona gonadotropina coriónica, puede ovopositar hasta 1 800 huevos. Bajo condiciones óptimas en el laboratorio, la vida media de *Ambystoma mexicanum* en su forma neoténica es de 10 a 12 años y de 25 como máximo, sin embargo, en condiciones naturales la edad máxima alcanzada es de tres años.

Su conservación

Esta especie se encuentra en una zona considerada entre las más densamente pobladas del mundo. Varios autores coinciden en señalar que la población de este anfibio pasa por una grave crisis desde hace décadas, y su disminución se atribuye principalmente a la contaminación de su hábitat por las aguas residuales, la destrucción de algunos canales por desecación y relleno de los mismos para utilizarlos como tierras de cultivo, la introducción de fauna y flora exótica y, finalmente, la captura clandestina que ejerce presión sobre las poblaciones remanentes.

Debido al grave deterioro de su hábitat, desde 1994 *A. mexicanum* se encuentra listado en la Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-1994 bajo la categoría de "en protección especial" como medida precautoria para su conservación. Entre los primeros autores en reportar el deterioro de la población se encuentran Calderón y Rodríguez, quienes en 1986 reportaron que la disminución poblacional se había iniciado aproximadamente en 1976, y más recientemente, investigaciones científicas realizadas por investigadores del Instituto de Biología de la UNAM han mostrado el deterioro de su población y que, de no mejorar su situación, en los próximos cinco años podría extinguirse definitivamente.

Las razones para conservar ésta especie son muchas, entre ellas destacan, a) médicas: diversos estudios han determinado que esta salamandra posee la capacidad de regenerar cualquier tipo de tejido, incluyendo el cardíaco y el neuronal, característica que ya se investiga para que se implemente paulatinamente en tratamientos en el ser humano; b) biológicas: aunque poco conocido por la sociedad en general, el ajolote de Xochimilco es una de las especies más representativas de México, y ningún país debe permitirse perder parte de su biodiversidad, ya que cada una de las especies que la conforman constituye un patrimonio biológico invaluable para sus ciudadanos; c) culturales: al perder esta especie también perderíamos un representante vivo de nuestras raíces prehispánicas, que son parte de nuestra identidad como mexicanos.

Debemos hacernos responsables de nuestra biodiversidad no sólo por los beneficios que de ella podemos obtener a corto o largo plazo, sino porque somos una especie consciente de las consecuencias negativas que nuestras acciones han tenido sobre los ecosistemas que habitan los demás.

La actual problemática ambiental de la zona lacustre de Xochimilco es un claro ejemplo de cómo la implementación de políticas públicas con buenas intenciones pero sin tomar en cuenta criterios biológicos puede tener graves consecuencias para un ecosistema. En este sentido urge implementar programas para mantener controladas las poblaciones de las tres especies exóticas invasoras (lirio acuático, peces tilapias y carpas), con el propósito de detener que continúe la degradación de la zona lacustre y el desplazamiento de especies de flora y fauna nativa, en la cual se incluye el ajolote de Xochimilco y todo lo que éste significa.



Alejandro Molina
Facultad de Ciencias,
Universidad Nacional Autónoma de México.

DE LA VISTA NACE EL AMOR

ANITA HOFFMANN

Quizá muchos de nosotros no sabíamos de la existencia de arácnidos totalmente ciegos, como los palpígrados, esquizómidos, ricinúlidos, muchos pseudoescorpiones y algunas especies cavernícolas de escorpiones y amblipígidios. Otros, aunque no tienen ojos, conservan todavía vestigios de ellos, representados por manchas oculares. Sin embargo, la mayor parte de los arácnidos poseen ojos sencillos u ocelos, cuya visión es muy deficiente y posiblemente lo único que logren percibir sean los cambios de intensidad de la luz.

De acuerdo con su posición hay dos tipos de ojos: los ojos medios y los ojos laterales. Varios arácnidos poseen ambos, como los escorpiones, que presentan un par de ojos medios y de dos a cinco pares de ojos laterales.

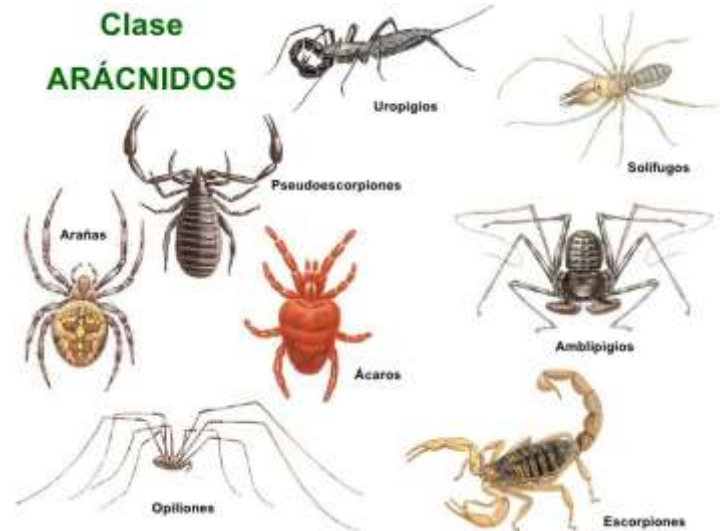
Por lo que se refiere a las arañas, se trata de un caso especial que debe manejarse aparte, por el gran desarrollo que han tenido los ojos en muchas de ellas. En general puede decirse que su visión es superior a la del resto de los arácnidos. Por lo que respecta a especies de Salticidae, la visión es tan perfecta que no sólo compite entre las mejores de los artrópodos, sino, incluso, de los invertebrados, ya que distinguen tanto formas como colores.

Las Salticidae constituyen un grupo muy grande de arañas que comprende a más de 4 000 especies. En México se han encontrado unas 200; sin embargo, tanto en este país como a nivel mundial el número de especies debe ser mucho mayor, pues, en general, han sido poco estudiadas, sobre todo en el trópico, donde son más abundantes.

El hombre identifica de inmediato a estas pequeñas arañas por los saltos rápidos que dan hacia cualquier dirección, lo que les ha valido el nombre que tienen. Con frecuencia penetran en las casas buscando moscas, uno de sus manjares predilectos; por esta razón resultan benéficas para el ser humano, ya que ayudan a combatir a tan dañinos insectos.

Se les encuentra en todo el mundo, aunque, como ya se dijo, las formas más llamativas por sus brillantes colores se concentran en las regiones tropicales. Viven entre las hojas secas o corteza floja de los árboles, entre la hierba o pasto alto, en matorrales y arbustos, bajo o sobre piedras y rocas; en general les gustan mucho las áreas asoleadas.

Su tamaño es más bien pequeño, entre 2 a 15 mm, aunque la mayor parte queda entre 4 a 8 mm. Muchas especies tienen colores opacos, en diversos tonos de gris o castaño, con ornamentaciones en blanco y negro, pero también hay numerosas especies que



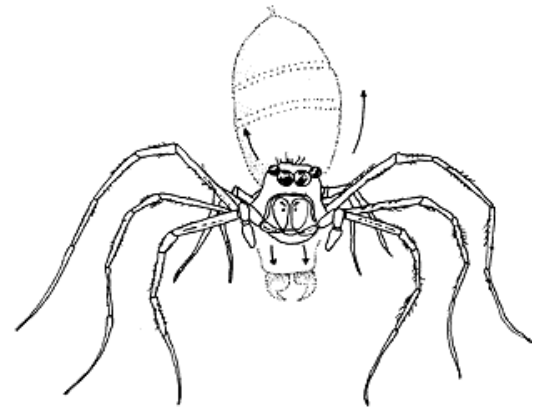
ostentan colores llamativos en rojo, naranja, amarillo, castaño, verde y azul, además del negro y el blanco, que contrastan mucho junto a los otros tonos; algunas muestran reflejos metálicos. Varios de estos colores se presentan bajo la forma de rayas, bandas, puntos o manchas diversas, que son vistas por los ojos de estas arañas y que tienen una función biológica muy importante tanto en el reconocimiento de las especies como en la atracción de los sexos.

El aspecto característico de estas arañas se debe, fundamentalmente, al gran tamaño y disposición de los cuatro ojos anteriores, dispuestos en una línea más o menos curva, los dos centrales son extremadamente grandes y sobresalen un poco hacia delante. Aunque su campo visual no es muy amplio, esto se compensa por el movimiento de la retina que, gracias a músculos especiales, puede dirigir la vista en forma independiente hacia distintas direcciones. De esta manera llegan a percibir, con toda claridad, tanto a sus posibles presas como a sus enemigos y a sus compañeros sexuales.

Estas arañas, como todas, secretan hilos de seda que no utilizan propiamente para la captura de sus presas, pero que, por lo demás, desempeñan un papel importante en diversos aspectos de su vida. Así, todas se sujetan siempre a un hilo de seguridad para no caerse al vacío; con los filamentos de seda los machos tejen la red del esperma, y las hembras sus ovisacos, donde son depositados los huevos; por último, con los hilos construyen sus nidos o refugios, donde la temperatura y la humedad se mantienen más constantes. Los nidos les sirven además para ovipositar, para guardar sus ovisacos y proteger a la cría de posibles depredadores y en ocasiones, incluso, para aparearse. Las paredes de estos refugios están construidas con varias capas de seda y pueden tener dos o tres entradas; se encuentran siempre en lugares protegidos, debajo de hojas, de piedras, de la corteza floja de los árboles, etc.

Araña macho haciendo movimientos de cortejo (familia Salticidae)

El más interesante cambio de comportamiento de estas arañas como consecuencia de su agudeza visual, se relaciona con los movimientos que hacen y las actitudes que ostentan cuando se encuentran frente a otros individuos de la misma o diferente especie. Primero, toman una posición de alerta, para cambiar en seguida a una de defensa o de agresión. Si se trata de individuos de la misma especie, en caso de encontrarse con una pareja sexualmente madura, la posición amenazante del macho se tornará en otra de cortejo, mientras la hembra permanecerá en atenta observación. Todas estas actitudes, movimientos y posiciones son muy variados y caracterizan a las diferentes especies. Además, la agudeza visual es tan perfecta en estas arañas que, experimentalmente, se ha logrado comprobar cómo un macho, al ver a una hembra de su misma especie en una pantalla de televisión, empieza a cortejarla en su forma acostumbrada. Después de la última muda, el macho adquiere un colorido específico, mucho más pronunciado que en la hembra; la longitud de sus queléceros será también mayor que la de ella. Estos dos elementos serán ampliamente aprovechados por el macho durante el cortejo, en el que la vista, como ya se vio, adquiere una importancia primordial, ya que de ella dependerá que la hembra acepte que el macho se acerque y la fecunde. Esto no siempre es fácil de lograr y hay ocasiones en que el macho tendrá que desplegar todos sus atractivos y su destreza para



convencerla. Parado delante de ella iniciará un cierto rito de señales consistentes en movimientos hacia los lados, balanceos del cuerpo, vibraciones, levantará y bajará alguno de sus apéndices, al mismo tiempo que trata de mostrar ampliamente sus ornamentaciones y colorido. Igual que un pavorreal macho levanta su cola frente a la hembra para ostentar sus brillantes y hermosos colores y ornamentaciones; así, poco a poco se irá acercando a ella, a veces dándole ligeras palmaditas con alguna pata estirada, con el objeto de apaciguarla. Finalmente, la hembra permitirá que el émbolo del pedipalpo del macho penetre en su epiginio o abertura genital, para depositar el esperma. Por regla general, esta acción la efectuará primero un pedipalpo y después el otro. Una vez que termina el proceso de la fecundación, el macho se retirará y podrá volver a repetir el acto con una o varias hembras más. Al contrario de otras arañas, la hembra no se comerá al macho después del apareamiento.

El doctor Robert Jackson, de Nueva Zelanda, que lleva estudiando a estas arañas por muchos años, asegura que en algunas especies los cortejos pueden ser muy complicados, interviniendo no sólo el sentido de la vista, sino también el del tacto y en ocasiones también las sensaciones vibrátiles y olfatorias. Se ha comprobado que las hembras secretan feromonas que atraen a los machos y que éstos son capaces de reconocer de inmediato. Hay casos en que un macho encuentra una hembra juvenil que todavía no está sexualmente madura; éste, entonces, construirá un nido sobre la guarida de la hembra y esperará allí con toda paciencia a que ella alcance la madurez deseada. En gran parte de estas especies el apareamiento tiene lugar dentro del refugio de la hembra.

Aproximadamente un mes después del apareamiento, la araña empezará a poner sus huevos en pequeños montoncitos, que guardará en un ovisaco. Éste, dependiendo de las especies, quedará dentro del nido o la araña lo pegará en algún lugar protegido. Las Salticidae suelen ovipositar varias veces, siendo los huevos de tamaño grande y pocos en número. La madre casi siempre se queda junto a sus huevos, cuidándolos de los depredadores, hasta que las pequeñas arañitas empiezan a emerger. Estas ninfas disfrutarán todavía del nido por dos o tres semanas más, consumiendo durante ese tiempo el vitelo que aún traen consigo. Después de la primera muda habrán completado su desarrollo y estarán más fuertes, por lo que ya podrán empezar a cazar sus propias presas. Poco a poco comenzarán a dispersarse, teniendo la capacidad de saltar desde que son pequeñas.

Todo lo que hasta aquí se ha dicho de las Salticidae las cataloga, sin lugar a duda, como las arañas más evolucionadas. Esto se debe fundamentalmente al gran desarrollo que han alcanzado los ojos y en cómo han provocado cambios en su comportamiento, especialmente en el apareamiento. En este último proceso, el órgano de la vista adquiere tal importancia durante el cortejo que bien puede afirmarse que en estas arañas "de la vista nace el amor".

El Maravilloso Mundo de los arácnidos. Colección La ciencia para todos, Fondo de Cultura Económica. Cap 10.

Recuperado 06-03-2015

http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/116/html/sec_14.html

ANEXO 4

PREGUNTAS DE APOYO PARA GUIAR LA COMPRESIÓN DE CADA TEXTO DIVULGATIVO

<p>✓ Las cabezas de la hidra</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es la regeneración? 2. ¿A qué tipo de reproducción puede dar lugar la regeneración? 3. ¿Cuáles son las características morfológicas y genéticas de los organismos producidos por regeneración? 4. ¿Qué utilidad tendría saber sobre regeneración en los animales? 	<p>✓ Los animales que cambian de sexo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuáles son los tipos de sexo que podemos encontrar en los animales? 2. ¿Qué organismos pueden experimentar cambio de sexo y qué tipo de reproducción emplean? 3. ¿Bajo qué condiciones ocurre lo anterior? 4. ¿Cuáles serían las ventajas del cambio de sexo?
<p>✓ Partenogénesis la reproducción aburrida</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es la partenogénesis? 2. ¿En qué condiciones ambientales se presenta con más frecuencia la partenogénesis? 3. ¿Qué tipo de sexo presentan las abejas y qué características genéticas tiene cada sexo? 4. ¿Cuáles serán las ventajas y desventajas de la partenogénesis? 	<p>✓ Hermosas que prometen sexo y luego... ¡nada!</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué significa que las orquídeas sean hermafroditas? 2. ¿Cuáles son los órganos sexuales de la orquídea? 3. ¿Cómo se lleva a cabo la polinización en las orquídeas mencionadas en el texto? 4. ¿Qué ventaja obtienen las orquídeas al reproducirse de la manera descrita en el texto?
<p>✓ El cultivo moderno del anturio</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué es el cultivo de tejidos? 2. ¿Cuáles son los tipos de reproducción en el anturio? 3. ¿Cuál es el método más utilizado para propagar el anturio y por qué? 4. ¿Cómo son los organismos obtenidos por cultivo <i>in vitro</i>, en comparación con el organismo del que proceden? 	<p>✓ El ajolote de Xochimilco</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tipo de reproducción presenta el ajolote de Xochimilco? 2. ¿Cómo es la morfología de los sexos y cómo es el cortejo? 3. ¿Cómo es la fecundación? 4. ¿Cuál es la importancia del conocimiento sobre la reproducción del ajolote?
<p>✓ Un hongo el peor enemigo del plátano</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué son los hongos y cuál es su importancia? 2. ¿Qué tipo de reproducción tiene el hongo que se menciona en el texto? 3. ¿Qué son las esporas? 4. ¿Cuál será la importancia de conocer la forma de reproducción de los hongos? 	<p>✓ De la vista nace el amor. (El maravilloso mundo de los arácnidos, Cap 10)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Qué tipo de reproducción tienen las arañas? 2. ¿Qué función tienen los hilos de seda? 3. ¿qué utilidad tiene su agudeza visual? 4. ¿cómo es el cortejo y la fecundación de las salticidae?

ANEXO 5

RUBRICA PARA EVALUAR TEXTOS NARRATIVOS CON CONTENIDO CIENTÍFICO (Diseño de Ortiz, P)					
DOMINIO	ASPECTOS	PORCENTAJE	NIVELES		
			Adecuado	Regular	Requiere Apoyo
ESTRUCTURA DE LA NARRATIVA	ESCENARIO (LUGAR, TIEMPO Y PERSONAJES)	15 %	Se presenta información más o menos detallada sobre el lugar y tiempo donde ocurren los sucesos, así como los personajes que intervienen en la historia (en particular el personaje principal).	Solo presentan algunos elementos del escenario, sobre todo del personaje principal	Es confuso y falta información para comprender la historia.
	ESTRUCTURA DEL TEXTO (INICIO, DESARROLLO Y FINAL)	15 %	Aparecen claramente el inicio, desarrollo y desenlace. Existe una secuencia de acontecimientos eslabonados.	Aparecen al menos dos elementos de la estructura. Se puede percibir una secuencia	No se perciben elementos de la estructura.
CONTENIDO CIENTÍFICO	COMUNICACIÓN CIENTÍFICA	25 %	Se puede distinguir claramente que en la narrativa existe un propósito claro de comunicar contenido científico	Mantiene el propósito de comunicar contenido científico en la mayor parte del texto	Es difícil distinguir que existe un propósito de comunicar contenido científico en la narración
	INFORMACION RELEVANTE SOBRE EL TEMA DE REPRODUCCIÓN	25 %	Utiliza las 4 preguntas que se le sugirieron para transmitir contenido científico y añade más información importante	Sólo utiliza 2 o 3 contenidos sobre el tema de reproducción	Solo menciona el tema de reproducción y lo demás es información irrelevante.
TRABAJO EN EQUIPO	CREATIVIDAD Y TRABAJO	10 %	Todos los integrantes del equipo participan en la construcción de la narrativa. Cada uno integra ideas	No todos los miembros participan, o sólo contribuyen en caso de que se les pida.	La mayor parte del trabajo es llevada a cabo por uno de los integrantes
	ACTITUDES DE TOLERANCIA Y RESPETO	10 %	Muestran disposición y tolerancia hacia los demás.	A algunos integrantes les cuesta trabajo aceptar las ideas de los demás	Existe poca tolerancia y/o respeto.

Aldous Huxley *Un mundo feliz*

(ADAPTACIÓN DEL CAPÍTULO I, CON FINES DIDÁCTICOS, REALIZADA POR ORTIZ, P)

Bernard, como todas las mañanas, se disponía a realizar su recorrido por las Salas de Condicionamiento. A pesar de pertenecer a la casta más alta, por su aspecto físico, más bien parecía ser parte de una casta de menor nivel. Quizá ese era el motivo por el cual su semblante casi siempre mostraba un tono de frustración. Estaba ensimismado, revisando y haciendo algunas anotaciones en su bitácora, cuando de pronto la puerta de la Sala se abrió dando paso al Director de Incubación y Condicionamiento, el D.I.C., seguido por un nutrido grupo de estudiantes.

Y ésta —señalando el DIC— es la Sala de Fecundación. Dentro de la sala se podía observar, inclinados sobre sus instrumentos, cerca de trescientos Fecundadores entregados a su trabajo en un absoluto silencio. Era un raro privilegio encontrarse al D.I.C, pero al Director siempre tenía un especial interés en acompañara los nuevos alumnos a visitar los diversos departamentos.

-¡Bernard, qué gusto verte!- dijo el Director con franca hipocresía. -Acércate, al grupo le ayudará mucho que le compartas un poco sobre tu amplia experiencia. Bernard no pudo evitar la invitación y se unió al grupo procurando permanecer en alguna de las orillas.

—Mañana empezarán ustedes a trabajar en serio —añadió el DIC, sonriendo con sencillez un tanto amenazador—. Alto y más bien delgado, muy erguido, el director se adentró por la sala. Tenía el mentón largo y saliente, y dientes más bien prominentes. ¿Viejo? ¿Joven? ¿Treinta? ¿Cincuenta? ¿Cincuenta y cinco? El progreso tecnológico era tal que resultaba difícil distinguir su edad.

—Empezaré por el principio —dijo el Director.

—Esto —indicó el Director, con un movimiento de la mano— son las incubadoras.



—Y abriendo una puerta aislante les enseñó hileras y más hileras de tubos de ensayo numerados. —Aquí podemos ver la provisión semanal de óvulos. Están conservados a la temperatura de la sangre. En cuanto a los gametos masculinos —y al decir esto abrió otra puerta— éstos deben ser conservados a treinta y cinco grados de temperatura, en lugar de treinta y siete, debido a que la temperatura de la sangre esteriliza.

Bernard observaba como los lápices de los alumnos corrían



ilegiblemente por las páginas, tratando de anotar atropelladamente una breve descripción del moderno proceso de fecundación.

El DIC primero les habló de la cirugía que les practicaban a las mujeres, y sobre la técnica de conservación que aplicaban en los ovarios extirpados, de tal manera que estos pudieran seguirse desarrollando. Les enseñó cómo se inspeccionaban los óvulos buscando posibles anormalidades; y cómo después eran trasladados a un recipiente poroso, el cual sumergían en un caldo que contenía espermatozoides en libertad. Una vez que pasaba diez minutos, el recipiente era extraído del caldo y su contenido volvía a ser examinado. Si algunos de los óvulos seguían sin ser fecundados, nuevamente los sumergían y, si era necesario, una vez más. Después, los óvulos fecundados eran colocados en incubadoras. Aquellos embriones que habían sido elegidos como Alfas y Betas permanecían ahí, hasta que eran definitivamente embotellados. En cambio los Gammas, Deltas y Epsilones eran retirados al cabo de sólo treinta y seis horas, para ser sometidos a un método llamado Bokanowsky.

—El método de Bokanowsky —recalcó el director. Y los estudiantes subrayaron estas palabras.

—En esencia —concluyó el D. I. C.— la bokanowskificación consiste en una serie de paros del desarrollo. Detenemos el crecimiento normal, y paradójicamente, el óvulo reacciona echando brotes. Los lápices seguían corriendo.



El director señaló una ancha cinta que se movía con gran lentitud. En ella se desplazaba un portatubos completamente cargado el cual, posteriormente, atravesaría una gran caja de metal. El director explicó que los tubos de ensayo tardaban ocho minutos en atravesar aquella cámara metálica. Bernard sabía que ocho minutos de rayos X era lo máximo que los óvulos fecundados podían soportar y que unos pocos morían.

En seguida se los llevaban a unas incubadoras, donde los óvulos empezaban a desarrollarse; después de dos días, se les sometía a un proceso de congelación y se detenía su crecimiento. Dos, cuatro, ocho, los óvulos, a su vez, echaban nuevos brotes; después se les administraba una dosis casi letal de alcohol; como consecuencia de ello, volvían a subdividirse —brotes de brotes de brotes— y después se les dejaba desarrollar en paz, puesto que una nueva detención en su crecimiento solía resultar fatal.

Pero, a aquellas alturas, un sólo óvulo fecundado se había convertido en un gran número de embriones que oscilaba entre ocho y noventa y seis, un prodigioso adelanto con respecto a la Naturaleza. Mellizos idénticos, pero no



en ridículas parejas, o de tres en tres, como en los viejos tiempos vivíparos, cuando un óvulo se dividía accidentalmente de vez en cuando.

Bernard veía cómo el Director estaba extasiado y abría los brazos como distribuyendo generosas dádivas.

Pero uno de los estudiantes fue lo bastante estúpido para preguntar en qué consistía la ventaja. Bernard hizo una mueca y volteó disimuladamente para ver la reacción del DIC.

—¡Pero, hijo mío! —exclamó el director, volviéndose bruscamente hacia él—. ¿De veras no lo comprende? ¿No puede comprenderlo?—Levantó una mano, con expresión solemne—. El Método Bokanowsky es uno de los mayores instrumentos de la estabilidad social.

—¡Noventa y seis mellizos trabajando en noventa y seis máquinas idénticas! —La voz del director casi temblaba de entusiasmo—. Si pudiéramos bokanowskificar indefinidamente, el problema estaría resuelto. Resuelto por Gammas en serie, Deltas invariables, Epsilones uniformes. Millones de mellizos idénticos. El principio de la producción industrial aplicado, por fin, a la biología.

—Pero, por desgracia —añadió el director—, no podemos bokanowskificar indefinidamente. Al parecer, noventa y seis mellizos era el límite, y setenta y dos un buen promedio.

Bernard se apresuró a abrir la puerta y los dirigió a la Sala de Envasado. Saltaban a la vista unos frascos que se deslizaban sobre otra cinta transportadora, la procesión avanzaba lentamente. Uno a uno, los embriones pasaban de sus tubos de ensayo a unos recipientes más grandes; herencia, fecha de fecundación, grupo de Bokanowsky al que pertenecía, todos estos detalles pasaban del tubo de ensayo al frasco.

Mr Foster, un experto fecundador, tomó la palabra y les habló de las pruebas de sexo llevadas a cabo en los alrededores del metro doscientos. Explicó el sistema de etiquetaje: una T para los varones, un círculo para las hembras, y un signo de interrogación negro sobre fondo blanco para los destinados a hermafroditas.

—Desde luego —dijo Mr. Foster—, en la gran mayoría de los casos la fecundidad no es más que un estorbo. Sabemos que el ovario de una sola mujer bastaría para nuestros propósitos, sin embargo conviene dejar un buen margen de variación genética y seguridad. Por esto permitimos que hasta un treinta por ciento de embriones hembra se desarrollen normalmente, nos interesa poder elegir a placer.

—Por supuesto, nosotros no nos limitamos sólo a incubar embriones, cualquiera podría hacerlo— añadió Mr Fóstter, y dirigiéndose hacia Bernard lo animó a hablar.

Bernard, haciendo un esfuerzo por disimular su apatía, señaló —También predestinamos y condicionamos a los críos como seres humanos socializados, como Alfas o Epsilones, como futuros obreros o futuros...—Iba a



decir futuros Interventores Mundiales, pero rectificando a tiempo, dijo— ... futuros Directores de Incubadoras. El director agradeció el cumplido con una sonrisa. De pronto pasaron por el metro 320 del Estante nº 11. Un joven Beta-menos, un mecánico, estaba atareado con un destornillador y una llave inglesa.

—Está reduciendo el número de revoluciones por minuto —volvió a tomar la palabra Mr. Foster— por lo tanto, hay menos aportación de oxígeno al embrión. No hay nada como la escasez de oxígeno para mantener a un embrión por debajo de lo normal, dijo frotándose las manos.

—¿Y para qué quieren mantener a un embrión por debajo de lo normal? —preguntó un estudiante ingenuo. Nuevamente exclamó el director rompiendo un largo silencio.—¡Estúpido!, ¿No se le ha ocurrido pensar que un embrión de Epsilon debe tener un ambiente Epsilon y una herencia Epsilon también? Evidentemente no se le había ocurrido. Quedó abochornado.

—En los Epsilones —dijo Mr. Foster, muy acertadamente— no necesitamos inteligencia humana.

—Ahora, observen: condicionamiento con respecto al calor —explicó Mr. Foster. Túneles calientes alternaban con túneles fríos. El frío se aliaba a la incomodidad en la forma de intensos rayos X. En el momento de su decantación, los embriones sentían horror por el frío. Estaban predestinados a emigrar a los trópicos, a ser mineros, tejedores de seda al acetato o metalúrgicos.

—Nosotros los condicionamos de modo que tiendan hacia el calor —concluyó Mr. Foster—. Mientras que Bernard y sus queridos colegas de allá arriba les enseñarán a sus mentes a apoyar el criterio de su cuerpo.

—Y éste —intervino el director sentenciosamente—, éste es el secreto de la felicidad y la virtud: amar lo que uno tiene que hacer. Todo condicionamiento tiende a esto: a lograr que la gente ame su inevitable destino social.

Y ahora —prosiguió Mr. Foster—, me gustaría enseñarles algún condicionamiento interesante para intelectuales Alfa-más.

Pero el director había consultado su reloj —Las tres menos diez —dijo—Me temo que no habrá tiempo para los embriones intelectuales. Debemos subir a las Guarderías antes de que los niños despierten de la siesta de la tarde.



ANEXO 7

Cuestionario para la lectura del libro *Un Mundo Feliz*, Aldo Huxley, Cap 1 (Evaluación sumativa).

ALUMNO: _____

GRUPO: _____

FECHA _____

1. Haz un recuento de la historia. Procura emplear la mayor cantidad de términos biológicos que recuerdes.

2. En el texto mencionan que existe una Sala de Fecundación. ¿qué significa fecundación y cómo se lleva a cabo en esta historia?

3. Durante el recorrido el Director les mostró incubadoras donde mantienen a los gametos bajo condiciones especiales. Por lo tanto, lo que les mostró en ese momento fueron:
 - a) Ovarios y espermatozoides.
 - b) Óvulos y embriones.
 - c) Óvulos y espermatozoides

4. Si un solo óvulo fecundado da origen a muchos embriones ¿cómo son éstos entre sí?
 - a) Idénticos
 - b) Algo parecidos, como si fueran hermanos.
 - c) Distintos

5. Explica qué tipos de reproducción identificas en esta historia. Justifica tu respuesta.

6. ¿Cuáles eran los sexos que existían?

7. En la historia permiten que un 30% de hembras se desarrollen de manera normal. Es decir, no obtienen clones (denominados mellizos) a partir de ellas. ¿Cuál será el motivo?
 - a) No necesitan muchos óvulos
 - b) Necesitan conservar variabilidad genética
 - c) Sus experimentos podían fallar

8. En la historia lograban „producir“ hasta noventa y seis *mellizos* a partir de un solo óvulo fecundado. De los tipos de reproducción que conoces explica a cuál se parece.

9. En el libro original de *Un Mundo Feliz*, en el capítulo 8, mencionan que existe una “Reserva de salvajes” (una isla con humanos que no están actualizados en tecnología). En esta población todavía existen embarazos naturales y no están categorizados por grupos sociales. Jhon es un habitante de esta reserva, que se traslada al mundo “civilizado”, y al conocer este mundo le agrada la tecnología y las comodidades. ¿cuál crees que sea su reacción al darse cuenta del proceso por medio del cual “cultivan” seres humanos, y del hecho de que existan castas bajas (épsilon) en grandes cantidades de clones idénticos destinados a servir a los demás?
10. Imagina que en la historia se propaga una enfermedad grave provocada por una población de bacterias muy agresiva que no pueden controlar. ¿Qué personajes, de la población humana, serían probablemente los principales afectados dentro de la historia? Argumenta tu respuesta.
11. Supongamos que tú formas parte de un importante grupo de investigadores, perteneciente al área de Reproducción. El gobierno de tu país está decidido a no otorgar más apoyos económicos para llevar a cabo proyectos de investigación científica. Además de que tu puesto laboral está en riesgo, necesitas convencerlos de que la Actividad Científica es necesaria para la comunidad ¿En qué consiste tu proyecto de investigación, y por qué sería importante que te apoyaran?

ANEXO 8
CUESTIONARIO DE OPINION

(RESPECTO A LAS ACTIVIDADES DIDÁCTICAS UTILIZADAS EXCLUSIVAMENTE PARA ABORDAR EL TEMA DE REPRODUCCIÓN)

Contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué te parecieron las actividades y cómo te sentiste?

2. ¿Consideras que aprendiste algo nuevo?

3. ¿Qué actividades te parecieron mejor y por qué? También señala aquellas que no te gustaron y por qué

4. ¿Qué opinas sobre el tipo de evaluación final empleado (“examen”)? ¿Preferirías otro tipo de examen, cuál?

5. ¿Consideras que el profesor te ayudó lo suficiente, qué propondrías para aprender mejor?

6. ¿Los objetivos de las clases y las indicaciones sobre las actividades fueron claras?

7. ¿Qué opinión te merece el ambiente de trabajo que se dio en estas sesiones?

8. ¿Estás de acuerdo con la forma de evaluación que determinó el profesor?

9. ¿La metodología que empleó el profesor facilitó el aprendizaje y la comprensión de los temas?

10. Del 1 al 5 qué calificación le asignarías al profesor de acuerdo con todo lo analizado _____

EVIDENCIAS: Narrativas (Grupo Piloto)

Equipo A

La vida en rosa

En el planeta de xochimilco en el año 2000 existió Axolotl III es un ajolote príncipe de 12 meses de edad único hijo, del rey Axolotl II.

Un día el rey le llamo a su hijo para decirle que está en edad de procrear y el quiere nietos, solo que existía un problema: el príncipe prefería ajolotes machos con labias de la clase anchas y no ajolotes con cuerpo ideal es decir que era gay, debido a que sus gustos solo lo atraían los machos.

Al enterarse de esto el rey entra en pánico debido que para tener nietos se necesitaba un ajolote hembra para la reproducción sexual y fecundación.

El rey muy indignado obligo al príncipe a que tuviera hijos y le explicó de que forma lo iba a conseguir.

- Rey: hijo, hoy te voy a enseñar el "vals".

- Príncipe: Que es eso papá?

- R: muy fácil hijo, es un vals ritual en el cual vas a ser atraído por estímulos olfativos producidos por una hembra, después comenzarás a seguirla efectuando círculos consecutivos a lo largo de la columna de agua por tiempo indefinido.

- P: y para que es eso?

- R: De esta manera depositarás en el orificio del pecho del cuerpo de agua tu espermatozoa, es una pirámide muy pequeña constituida con en su base por material gelatinoso y en la punta se ubican espermatozoides sobre la cual la hembra se posiciona para recogerla con sus cloacas introduciendo a una espermateca donde posteriormente los espermatozoides se liberan para fecundar a los óvulos.

Al escuchar eso el príncipe salió corriendo del reino.

Al encontrarse afuera del reino se cayó con una botella de vidrio rota, por suerte tenía la capacidad de regenerar cualquier tejido. Al estar en el exterior se dio cuenta que ya no existían muchos de su especie debida a la contaminación, por eso decidió regresar al reino para reproducirse, ya que sabía que su especie era uno de los representantes de México. Tiempo después tuvo 400 hijos y el rey fue muy feliz.

Felipe Marquez

Erick Tirxmaurice Ramirez

Ma. Fernanda Ortiz Rodriguez

Había una vez en un reino muy, muy lejano un amor entre un plebello y la princesa.

El plebello era leñador, un día trabando en el bosque se encontró panal de abejas, y observó detenida y cuidadosamente. Pudo observar, el cortejo entre un macho y la abeja reina...

El lechero que era amigo del leñador lo encontró observando el panal, y el leñador le explicó lo que estaba sucediendo:

El macho quería tener hijos de la realeza, con sangre azul. Solo quería copular con la abeja reina y dejarla con sus hijos zanganos.

Pero la abeja reina fue muy inteligente y no le entregó nada de ella y decidió ser madre soltera.

El lechero quedó sorprendido con lo que el leñador le contó entonces ocasiona que le dejara caer la leche y manchara la ropa del leñador.

¡Oh! pero la leche de las botellas que llevaba, ¡no piensen mal!

Después el leñador llegó al palacio de la princesa y ella le preguntó que le había pasado, ¿por qué tenía una mancha en la ropa? El le contó todo lo que había visto ese día. La princesa se conmovió y le confesó su amor al leñador.

Se casaron y fueron felices... ¿por siempre?

El señor de los hongos

Había una vez ^{un hongo} llamado *Mycosphaerella-Fijiensis* la cual ~~que~~ ^{quería} invadir una penca de plátanos ^{con} grande y ^{maderos}, esto se transporta a través del aire, la lluvia y otros cambios climáticos.

Al lograr llegar a la penca efectúa su primera etapa la cual es adhesión y penetración al lograr infectar un plátano se reproduce sexual y asexualmente, a través de lograr infectar toda la penca a través de sus esporas.

Este hongo provoca grandes pérdidas millonarias en el mercado al ver esto los humanos llamaron a unos científicos de Yucatan para que estos estudiaran a este hongo que les causaba muchas pérdidas, y poder crear una protección contra esta.

El científico Jorge decidió ~~van~~ crear varias soluciones para reducir este impacto, pero observó que las reacciones en el plátano perjudicaban de igual manera la producción.

Así que tuvo la ingeniosa idea de sacar la cura a través de una hongo en forma de hongo, ya que descubrió que el antídoto estaba ahí.

Al final Jorge recibió un premio nobel por su ingenio, y el plátano continuó con su exitosa carrera en el mercado.

Ivan Aguilar Hernández

Juan Pablo Palma Alvarez

Gutierrez Capistran Diana Karen
Morales Reyes Eunice Galileo

La triste historia de Pepe

Habia una vez, en el vasto reino del oceno una pequeña comunidad de tenderlimpudores donde había un macho agresivo e imponente cuyo nombre era Pepe.

Pepe era seguido por un gran número de bellas hembras, en total diez, entre ellas sobresalían dos: Felita y Elera. Ellas eran enormemente hermosas.

Un día mientras nadaban tranquilamente apareció Toño, la simpática mamá pez de la región.

Pepe y Toño tuvieron un gran enfrentamiento, por la bella pecesita Felita. Pepe ~~era~~ tras una gran lucha logró hacerle a Toño pero quedó gravemente herido y después de dos horas de sufrimiento finalmente murió.

Las pecesitas se encontraban a la merced del mar, pero tenían un gran secreto, podían transformarse en machos.

Felita y Elera tuvieron un gran enfrentamiento para decidir quien sería el macho dominante ahora.

Después de poco tiempo Elera volvió a Felita, dejando a Felita vivir.

Elera se convirtió en el nuevo macho agresivo seguido por 9 pecesitas. Aunque el cambio total duró un día.

Santaolaya Ramirez Mariana
Cropeza Villanueva Adolfo:

26-10-2019

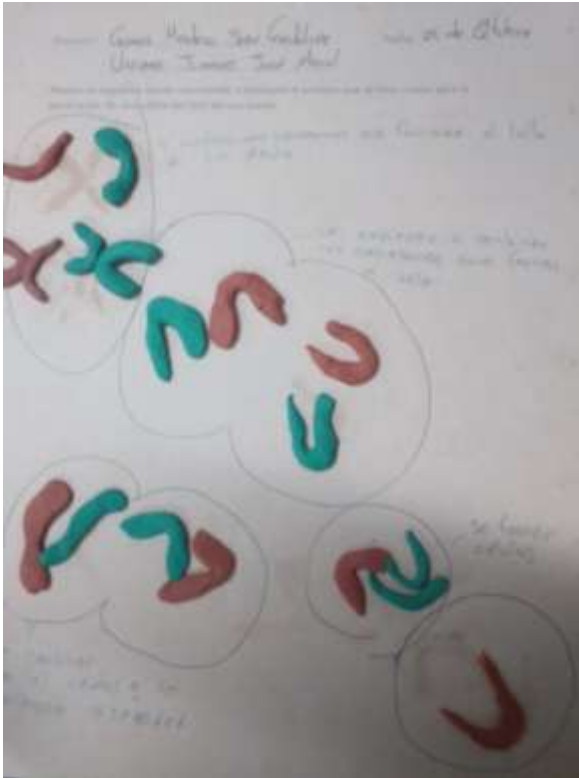
367 "A"

LA ESTRELLA QUE DESCUBRIÓ ALGO NUEVO

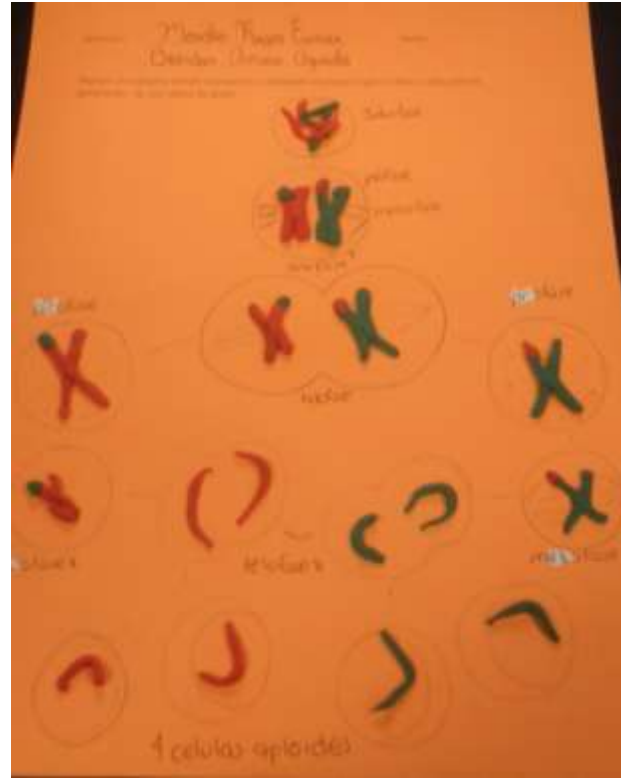
Había una vez en un arrecife una estrella de mar que estaba tranquilamente reposando en una piedra, de la nada apareció un buzo y la tomó, ella se asustó mucho en eso el buzo tomó su cuchillo y partió uno de sus brazos a la mitad, la soltó y se fue. todos los peces del arrecife se acercaron preocupados porque ella estaba llorando ya que estaba muy triste por que perdió su brazo, estaban todos los peces consolándola cuando de pronto algo empezó a salir de la mitad de su brazo y se dieron cuenta que le estaba creciendo un nuevo brazo que era idéntico al anterior, todos estaban felices por que la estrella había sanado y estaba como nueva.

ANEXO 10

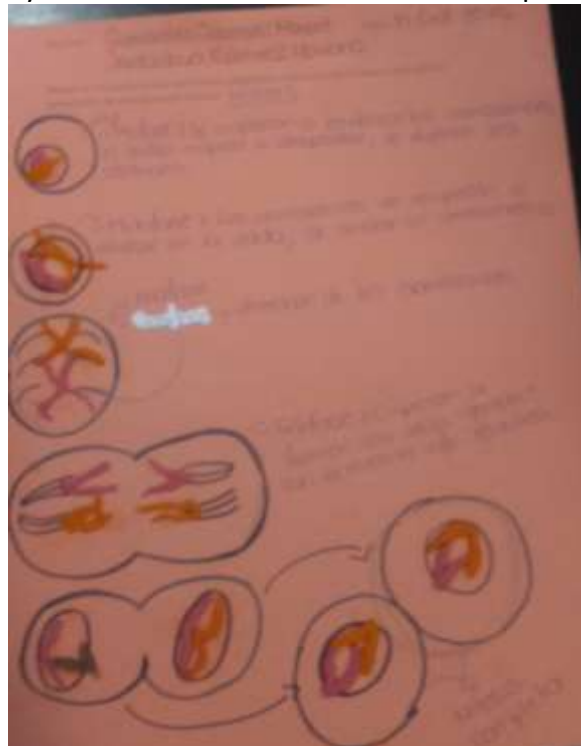
EVIDENCIAS: Modelos de plastilina realizados en pareja



Desempeño: Requiere Apoyo



Desempeño: Bueno



Desempeño: Excelente