



Universidad Virtual

Escuela de Graduados en Educación

**Influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de la teoría de la
evolución por selección natural**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestría en Educación

presenta:

Martha Carballo y Melgarejo

Asesor tutor:

Mtra. Alma Rosa Gómez Serrato

Asesor titular:

Dr. Genaro Zavala Enríquez

Fortín de las Flores, Veracruz, México

Mayo, 2012

Dedicatorias

- Para Raúl, por su apoyo incondicional.
- Para Carolina y Lucía, por servir de ejemplo.
- Para Adela y Delfino, porque es una deuda pendiente.

Índice

Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Introducción	1
Capítulo 1. Planteamiento del problema	5
1.1. Marco contextual	5
1.2. Antecedentes del problema	7
1.3. Planteamiento del problema	13
1.4. Objetivos de la investigación	14
1.5. Hipótesis	15
1.6. Justificación de la investigación	16
1.7. Limitaciones y delimitaciones	17
Capítulo 2. Marco Teórico	19
2.1. Entendimiento conceptual	19
2.1.1. Teoría de la evolución, su importancia	24
2.1.2. Conceptos básicos sobre la teoría de la evolución	29
2.1.3. Preconcepciones sobre la teoría de la evolución	33
2.2. Aprendizaje Cooperativo	36
2.2. Investigaciones relacionadas	46
Capítulo 3. Metodología	59
3.1. Método de investigación	59
3.2. Población y muestra (Participantes)	62
3.3. Tema, categorías e indicadores de estudio	62
3.3.1. Trabajo cooperativo	63
3.3.2. Preconcepciones y aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural	66
3.4. Técnicas de recolección de datos	69
3.5. Prueba piloto	74
3.6. Aplicación de instrumentos	74
3.7. Captura y análisis de datos	75
Capítulo 4. Análisis de Resultados	78
4.1. Presentación de resultados	78
4.1.1. Preinstrucción	79
4.1.1.1. <i>Conocimientos y concepciones</i>	79
4.1.1.2. <i>Trabajo cooperativo</i>	84
4.1.2. Postinstrucción	87
4.1.2.1. <i>Conocimientos y concepciones</i>	87
4.1.2.2. <i>Trabajo cooperativo</i>	91
4.1.3. Comparación en conocimientos, concepciones y trabajo cooperativo antes y después de la instrucción	95
4.1.3.1. <i>Conocimientos y concepciones</i>	95
4.1.3.2. <i>Trabajo cooperativo</i>	100
4.2. Análisis e interpretación de los resultados	103

Capítulo 5. Conclusiones	111
Referencias	119
Apéndices	125
Apéndice A. Pasos para implementar situaciones de aprendizaje cooperativo	125
Apéndice B. Roles de los integrantes del equipo.....	126
Apéndice C. Material que se trabajará durante las sesiones.....	127
Apéndice D. Evaluación del trabajo cooperativo (percepciones y sentimiento de los estudiantes)	140
Apéndice E. Formato de auto y coevaluación	141
Apéndice F. Observaciones realizadas durante la instrucción mediante trabajo cooperativo	142
Apéndice G. Desarrollo del cuestionario	143
Apéndice H. Cuestionario	147
Currículum Vitae	151

Índice de tablas

Tabla 1. Instrumento de medición de las categorías e indicadores del trabajo cooperativo	72
Tabla 2. Instrumento de medición de las categorías e indicadores del aprendizaje del evolucionismo	73
Tabla 3. Resultados de las pruebas t independientes de los datos antes de la instrucción.....	84
Tabla 4. Resultados de las pruebas t independientes de los datos obtenidos en cada pregunta antes de la instrucción por los grupos experimental y de control.	85
Tabla 5. Resultados de las pruebas t independientes después de la instrucción.	91
Tabla 6. Resultados de las pruebas t independientes de los datos obtenidos en cada pregunta después de la instrucción por los grupos experimental y de control.....	92
Tabla 7. Resultados de la pruebas t pareadas comparando pre y postinstrucción.....	98
Tabla 8. Resultados de las pruebas t pareadas de los datos obtenidos en cada pregunta por el grupo experimental antes y después de la instrucción.....	99
Tabla 9. Resultados de las pruebas t pareadas de los datos obtenidos en cada pregunta por el grupo de control antes y después de la instrucción	101
Tabla 10. Resultado de la prueba t pareada respecto al trabajo cooperativo.	102
Tabla 11. Resultados de las pruebas t pareadas de los datos obtenidos en cada pregunta por el grupo experimental antes y después de la instrucción respecto al trabajo cooperativo	103

Índice de figuras

Figura 1. Resultados de los grupos experimental y control en cada pregunta	80
Figura 2. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control antes de la instrucción en las preguntas sobre conocimientos	81
Figura 3. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control antes de la instrucción en las preguntas sobre preconcepciones	82
Figura 4. Resultados obtenidos por los grupos antes de la instrucción.	83
Figura 5. Percepciones sobre el trabajo cooperativo antes de la instrucción.	86
Figura 6. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control en cada pregunta después de la instrucción.	88
Figura 7. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control después de la instrucción en las preguntas sobre conocimientos.	89
Figura 8. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control después de la instrucción en las preguntas sobre preconcepciones.	89
Figura 9. Resultados obtenidos por los grupos después de la instrucción.	90
Figura 10. Percepciones sobre el trabajo cooperativo después de la instrucción.	93
Figura 11. Resultados en conocimientos, preconcepciones y global pre y postinstrucción.	96
Figura 12. Resultados en conocimientos pre y postinstrucción de los grupos experimental y de control.	96
Figura 13. Resultados en preconcepciones pre y postinstrucción de los grupos experimental y de control.	97
Figura 14. Comparación en las percepciones de los estudiantes pre y postinstrucción ..	102

Influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural

Resumen

El entendimiento de la teoría de la evolución por selección natural es fundamental, no sólo para el aprendizaje de la Biología, sino también para conocer el carácter investigativo de las ciencias. Sin embargo, sus conceptos son complicados y los alumnos poseen concepciones erróneas sobre el tema, por lo que se requiere identificar métodos de enseñanza apropiados para entenderla y erradicarlas. Durante tres semanas, se investigó la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de la teoría y erradicación de preconcepciones con 48 alumnos de primero de secundaria divididos en dos grupos. Uno de ellos recibió instrucción mediante trabajo cooperativo (experimental) y el otro recibió instrucción tradicional (control). Se desarrolló un instrumento de 20 preguntas para identificar conocimiento de conceptos y concepciones prevalecientes en los estudiantes sobre la teoría de la evolución por selección natural. El instrumento que fue aplicado a ambos grupos antes y después de la instrucción. Además, al grupo experimental se le aplicó un instrumento de 10 preguntas desarrollado para identificar sus percepciones sobre el trabajo cooperativo, pre y post instrucción del tema. Se identificaron dos concepciones erróneas comunes a ambos grupos y dos más diferentes en cada uno. La instrucción propició la erradicación de una de estas últimas en cada grupo. El trabajo cooperativo permitió el aprendizaje de conceptos importantes de la teoría creando un agradable ambiente de trabajo en el aula.

Introducción

La comprensión de la teoría de la evolución es importante porque ésta contiene elementos fundamentales para el aprendizaje de la Biología. Al estudiar la teoría, los alumnos reconocen el carácter investigativo de las ciencias y la importancia de los descubrimientos científicos (Cavallo y McCall, 2008; Hernández y Ruiz, 2000; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Sin embargo, se ha reconocido que hay dificultad para la comprensión de la evolución. Esto sucede en estudiantes de diferentes niveles educativos: Secundaria, bachillerato y alumnos universitarios (Millán et al., 1997; Hernández y Ruiz, 2000; Kalinowski et al., 2010). Incluso, se ha detectado que profesionistas de las áreas de la biología, la medicina y maestros de ciencias tienen bajo entendimiento de los conceptos del evolucionismo (Nehm y Reilly, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002; Trani, 2004).

En los estudios encaminados a tratar de comprender las razones del escaso entendimiento de la teoría por parte de los estudiantes, se ha supuesto que sus preconcepciones sobre el tema influyen en la comprensión del mismo. Esta hipótesis ha sido corroborada y se ha llegado a comprobar que después de la instrucción, en cualquiera de los niveles, no se logra el entendimiento conceptual y las preconcepciones erróneas prevalecen (Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Kalinowski et al. (2010); Millán et al., 1997; Nehm y Reilly, 2007; Robbins y Roy, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Según Kalinowski, Leonard y Andrews (2010), a fin de corregir las concepciones erróneas de los estudiantes, primero deben identificarse, al igual que sus conocimientos previos. Después, se deben planear estrategias de enseñanza cuya finalidad sea lograr el

cambio conceptual. Por otra parte, Lin (2006) menciona que, cuando el aprendizaje cooperativo se utiliza en la enseñanza de las ciencias, se mejoran los procesos del pensamiento científico de los alumnos, y éstos pueden extender y reforzar sus conocimientos sobre un cierto tema.

Lin (2006) define al aprendizaje cooperativo como “un método instruccional en el cual los estudiantes trabajan en pequeños grupos para lograr una meta de aprendizaje común bajo la guía de un profesor” (Lin, 2006, p. 34), coincidiendo con Holubec (1991) y Köse, Şahin, Ergün, y Gezer (2010). Añade que, cuando este aprendizaje se usa en la enseñanza de las ciencias, los estudiantes pueden compartir ideas, se responsabilizan y comprometen con su aprendizaje y desarrollan procesos de pensamiento científico.

Considerando lo anterior, se realizó una investigación con alumnos de primero de secundaria de una escuela privada de la Ciudad de Córdoba, Veracruz, la cual estuvo guiado por la pregunta ¿Cuál es el efecto del trabajo cooperativo en el entendimiento conceptual de la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de primero de secundaria? Las preguntas específicas que se pretendieron contestar fueron: ¿Cuáles son las concepciones de los alumnos sobre el evolucionismo antes de la instrucción?, ¿Cuál es la influencia del trabajo cooperativo en la erradicación de las concepciones erróneas sobre la evolución?, ¿Cuál es la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de los conceptos claves del evolucionismo?

La investigación se realizó en septiembre del 2011 utilizando una metodología cuantitativa con un diseño cuasiexperimental. Participaron 48 alumnos divididos en dos grupos. Aleatoriamente se decidió cuál grupo recibiría instrucción tradicional (control) y cuál trabajaría cooperativamente (experimental), siendo el mismo instructor en ambos. En

el estudio se usaron instrumentos que fueron validados con una prueba piloto durante el mes de mayo del 2011. Ésta se realizó con dos grupos de seis alumnos cada uno escogidos aleatoriamente de entre los alumnos que cursaban el primer grado de secundaria y que recibieron instrucción tradicional sobre el tema.

Para conocer el nivel de conocimientos y concepciones de los alumnos, se elaboró un cuestionario autoadministrado de preguntas cerradas con 20 ítems de opción múltiple y tres respuestas. El instrumento se aplicó antes y después de la instrucción a los grupos experimental y control. A fin de identificar diferencia significativa entre los grupos antes de la instrucción y si algún concepto o concepción presenta mayor dificultad que otro, los resultados de cada pregunta, globales, de conocimientos y concepciones se compararon estadísticamente mediante pruebas t independientes. Los mismos análisis se hicieron con los resultados obtenidos después de la instrucción. Igualmente, se compararon, en cada grupo, los resultados antes y después de la instrucción, mediante pruebas t pareadas.

A fin de evaluar y comparar las percepciones de los estudiantes respecto al trabajo cooperativo, se elaboró un instrumento de 10 preguntas con escalamiento tipo Likert de tres categorías de respuesta. Se aplicó al grupo experimental antes y después de la instrucción y se compararon los resultados mediante una prueba t pareada. Además, en cada sesión se entregó a los estudiantes un formato de auto y co-evaluación, el cual debían llenar al finalizar la clase. Las observaciones y evaluación de la interdependencia positiva, cooperación intergrupo, conducta y habilidades de colaboración de los estudiantes y trabajo del grupo, se realizaron con un instrumento que fue utilizado por el instructor en cada sesión y para cada equipo. Se valoraron cualitativamente los datos obtenidos con estos dos últimos instrumentos.

En el primer capítulo del presente documento se presentan los antecedentes y se plantea el problema, situándose contextualmente. Igualmente se justifica y se indica el objetivo particular y los generales de la investigación, así como las hipótesis con base en las cuales se trabajó durante la misma, mostrándose sus limitaciones.

En el capítulo 2 se establece el marco teórico con base en el cual se desarrolló la investigación. Se presenta la importancia y conceptos de la teoría de la evolución y del aprendizaje cooperativo. Al final, se muestran algunas investigaciones relacionadas con estos temas.

En el tercer capítulo se detalla la metodología seguida durante la investigación, las características de los participantes y las categorías e indicadores del estudio. Se comenta la forma en que se desarrollaron y aplicaron los instrumentos empleados, así como el tipo de análisis que se hizo con los datos obtenidos con estos instrumentos.

En el capítulo 4 se presentan y analizan los resultados de la investigación, y se interpretan relacionándolos con el marco teórico y con las preguntas de investigación planteadas anteriormente.

Finalmente, en el capítulo 5 se mencionan las conclusiones a las que se llegó con el estudio. Se indican las limitaciones de éste y se dan algunas recomendaciones para estudios posteriores sobre la influencia del aprendizaje cooperativo en el entendimiento de la teoría de la evolución por selección natural.

Capítulo 1. Planteamiento del Problema

En el presente capítulo se muestran las características y la pertinencia del estudio sobre la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje del evolucionismo. Para esto, en la primera parte se mencionan las características de la escuela y de los estudiantes donde se realizó la investigación. A continuación, se argumentan las bases que la sustentaron, así como la necesidad de realizarla. Se especifican también las preguntas y objetivos que la dirigieron, al igual que la hipótesis de investigación. Por último, se comentan las limitaciones y delimitaciones del estudio.

1.1 Marco contextual

El estudio se realizó con los dos grupos de alumnos de primero de secundaria de una escuela privada situada en la Ciudad de Córdoba, Veracruz. La institución se fundó en el año de 1993, y aunque es una institución laica, se promueven valores cristianos. Actualmente tiene los niveles de preescolar, primaria, secundaria y bachillerato y cuenta con un total de 700 alumnos, de los cuales 150 están en el nivel de secundaria. Los estudiantes que asisten provienen de la clase media alta y clase alta, aunque también se tienen alumnos becados.

La alta calidad académica del instituto es reconocida en la localidad y a nivel nacional, ya que el tercer grado de secundaria del ciclo 2005-2006 obtuvo el séptimo lugar nacional en la prueba ENLACE (Evaluación Nacional del Logro Académico en Centros Escolares). En el reglamento de la escuela se menciona que su filosofía se basa en los siguientes puntos:

* **Alto Nivel Académico:** con un enfoque de enseñanza tradicional pero dirigida a la acción, de manera que el alumno comprenda y razone lo aprendido a la solución de

problemas de la vida diaria. Con personal docente capacitado e instalaciones físicas apropiadas.

* Bilingüe: con la finalidad de que al término de su etapa escolar, los educandos posean una base extra de éxito en su futuro, de acuerdo con las exigencias que privan en la vida profesional actual.

* Mixto: con la intención de lograr una formación y convivencia natural en un ambiente cuidado, de respeto mutuo, de conocimiento y comprensión del sexo opuesto, como una preparación remota para formar familias estables, integradas y capaces de ser felices en un ambiente de madurez y comprensión.

* Formación Integral: atendiendo al ser humano en su concepción total y cooperando con las familias que confían a sus hijos, el Instituto promueve todos aquellos valores espirituales, morales y sociales que, asimilados por la mente y el corazón de los educandos, los formen para su futuro como Agentes de Cambio, para la consecución de una sociedad cada vez más justa más culta, más responsable y más apegada a los principios cristianos del ser.

El enfoque de enseñanza de la institución es tradicional, sin embargo, se está en la mejor disposición de incorporar técnicas de enseñanza que permitan a los estudiantes alcanzar el aprendizaje. Así, en algunas materias de secundaria se utilizan libros electrónicos interactivos elaborados por docentes de la escuela y en el bachillerato, se imparten dos materias y se proporciona asesoría en línea. De acuerdo con el reglamento de la institución en la que se realizó el estudio, sus objetivos generales son:

1.- Alta exigencia académica, que permita a los egresados su ubicación en las mejores universidades y la terminación exitosa de sus estudios.

2.- Que los alumnos dominen uno o dos idiomas además del propio, lo que les permitirá avanzar con mejores condiciones en su vida estudiantil y laboral en un futuro.

3.- Que dominen las herramientas computacionales actuales.

4.- Que al egresar sean capaces de enfrentar con éxito la vida universitaria que asuman, no solo a través de un alto nivel académico, sino con las herramientas de solución de problemas que les posibiliten egresos exitosos de la universidad.

5.- Que asuman en la convivencia diaria todos los valores humanos necesarios para vivir con otros, que sean hombres y mujeres que conozcan la problemática de su comunidad y se comprometan en la tarea de mejorarla continuamente.

6.- Que logre el alumno la meta-habilidad del autoaprendizaje que les permitirá contar con una cultura amplia.

7.- Que tengan una conciencia ecológica que les posibilite ser promotores del cuidado y conservación de la naturaleza como condición necesaria para construir escenarios futuros habitables.

A continuación se presentan las dificultades detectadas en el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural. Igualmente, se muestra la relevancia de este tema en el aprendizaje de la Biología y de las ciencias en general.

1.2 Antecedentes del problema

Actualmente, la correcta comprensión de la teoría de la evolución es de suma importancia, ya que contiene elementos fundamentales para el aprendizaje de la Biología y de las ciencias en general. Cuando un estudiante comprende los conceptos claves del evolucionismo, está en posibilidad de entender otros temas biológicos, ya que éste los unifica y les da coherencia. De igual manera, con el estudio de la teoría, los alumnos

pueden reconocer el carácter investigativo de las ciencias y la importancia de los descubrimientos científicos (Cavallo y McCall, 2008; Hernández y Ruiz, 2000; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Incluso, para Dobzhansky (1973), el evolucionismo es el punto central del aprendizaje de la Biología. Para él, solo mediante el correcto aprendizaje de este tema es posible entender otros temas biológicos, por ejemplo la biodiversidad que ha existido y la actual, así como el hecho de que organismos muy diferentes, compartan características bioquímicas, especialmente metabólicas y genéticas.

Además, es conveniente comentar algunos de los propósitos de los cursos de ciencias en la educación secundaria (SEP, 2006a, p. 35), donde se persigue que los estudiantes:

*Amplíen su concepción de la ciencia, de sus procesos e interacciones con otras áreas del conocimiento, así como de sus impactos sociales y ambientales, y valoren de manera crítica sus contribuciones al mejoramiento de la calidad de vida de las personas y al desarrollo de la sociedad.

*Avancen en la comprensión de las explicaciones y los argumentos de la ciencia acerca de la naturaleza y las aprovechen para comprender mejor los fenómenos naturales de su entorno, así como para ubicarse en el contexto del desarrollo científico y tecnológico de su tiempo. Ello implica que los alumnos construyan, enriquezcan o modifiquen sus primeras explicaciones y conceptos, así como que desarrollen habilidades y actitudes que les proporcionen elementos para configurar una visión interdisciplinaria e integrada del conocimiento científico.

*Identifiquen las características y analicen los procesos que distinguen a los seres vivos, relacionándolos con su experiencia personal, familiar y social, para conocer más de sí mismos, de su potencial, de su lugar entre los seres vivos y de su responsabilidad en la forma en que interactúan con el entorno, de modo que puedan participar en la promoción de la salud y la conservación sustentable del ambiente.

*Desarrollen de manera progresiva conocimientos que favorezcan la comprensión de los conceptos, procesos, principios y lógicas explicativas de la ciencia y su aplicación a diversos fenómenos comunes. Profundicen en las ideas y conceptos científicos básicos y establezcan relaciones entre ellos de modo que puedan construir explicaciones coherentes basadas en el razonamiento lógico, el lenguaje simbólico y las representaciones gráficas.

Más aún, dos de los propósitos del curso de Ciencias 1, el cual se imparte en primero de secundaria son (SEP, 2006b, p. 33):

*Identificar la ciencia como proceso histórico y social en actualización permanente, con los alcances y las limitaciones propios de toda construcción humana.

*Conocer más de los seres vivos, en términos de su unidad, diversidad y evolución.

Se pueden contrastar las ventajas referidas por diversos autores sobre el aprendizaje de la teoría de la evolución, con los propósitos de los cursos de Ciencias de la educación secundaria en México. Si se realiza esta comparación, se observa que el estudio del evolucionismo contribuye en varios aspectos al cumplimiento de estos propósitos, por lo que se considera fundamental la adecuada comprensión de este tema.

A pesar de la importancia antes mencionada, en diversos estudios realizados con estudiantes de diferentes niveles educativos, se ha reconocido que los alumnos tienen

dificultad para comprender los conceptos fundamentales de la teoría, identificándose las preconcepciones como una de las causas. Además, se ha comprobado que aún después de la instrucción, la mayoría de las concepciones prevalecen y no se logra el correcto entendimiento de los conceptos claves del evolucionismo (Bishop y Anderson, 1990; Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Hernández y Ruiz, 2000; Millán, Carmona y Zárate, 1997; Nehm y Reilly, 2007; Robbins y Roy, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Las observaciones anteriores coinciden con las realizadas por la tesista durante su práctica pedagógica. La teoría de la evolución se ha impartido durante 14 años en el curso de Biología a estudiantes de primero de secundaria. Incluso, en el año 2006 se implementó una reforma en la educación secundaria, pero el evolucionismo ha formado parte de este curso antes y después de la reforma (SEP, 2006a). Durante este tiempo se ha observado que, en general, los estudiantes aceptan la teoría, pero inician el estudio del tema con preconcepciones erróneas. Mientras se realiza la instrucción de forma tradicional, aparentemente los conceptos se van comprendiendo, y al finalizarla, son capaces de comentar aspectos generales de la teoría.

Sin embargo, conforme se avanza en el curso, cuando es necesario aplicar lo aprendido y relacionarlo con los nuevos temas, se ha notado que en realidad no hubo un adecuado entendimiento conceptual. La mayoría de los jóvenes son incapaces de identificar las consecuencias de la evolución. Incluso, si dos o tres meses después de haber visto el tema se les hace alguna pregunta relacionada al evolucionismo, en muchas ocasiones sus respuestas indican que las preconcepciones erróneas aún persisten. Se ha notado que éstas coinciden con las reportadas por Bishop y Anderson (1990): los cambios

se atribuyen a la *necesidad* de adaptarse, sin importar la variabilidad genética y las mutaciones, y el hecho de que los cambios sean graduales, pero que se presentan al mismo tiempo en todos los individuos de una población.

Según Kalinowski, Leonard y Andrews (2010), a fin de corregir las concepciones erróneas de los estudiantes, primero deben identificarse, al igual que sus conocimientos previos. A continuación, se deben planear estrategias de enseñanza cuya finalidad sea lograr el cambio conceptual. Respecto a una estrategia de enseñanza diferente a la instrucción tradicional, Lin (2006) menciona que, cuando el aprendizaje cooperativo se utiliza en la enseñanza de las ciencias, se mejoran los procesos del pensamiento científico de los alumnos, y éstos pueden extender y reforzar sus conocimientos sobre un cierto tema. Al compartir ideas, las exploran y definen, logrando un mejor entendimiento. Además, se promueve la participación de los estudiantes, quienes se responsabilizan y comprometen con su aprendizaje, al tiempo que desarrollan habilidades comunicativas.

Por ejemplo, Köse, Şahin, Ergün, y Gezer (2010) realizaron un estudio con el fin de evaluar el efecto del aprendizaje cooperativo en los logros y actitudes hacia la ciencia de estudiantes de educación secundaria. En esta investigación ellos pretendían conocer si hay diferencia significativa en los logros de los estudiantes y su actitud hacia la ciencia cuando la instrucción se realiza con aprendizaje cooperativo o con instrucción directa. El estudio se realizó durante la enseñanza del tema biológico Reproducción y Desarrollo de Organismos Vivos. Encontraron que cuando los jóvenes aprendían cooperativamente el incremento en su aprendizaje era mucho mayor que cuando recibían instrucción directa. Igualmente, el aprendizaje cooperativo demostró ser más efectivo que la instrucción directa para promover en los alumnos actitudes positivas hacia la ciencia.

Por otra parte, en la investigación realizada por Robbins y Roy (2007), trataron de identificar las concepciones sobre selección natural en estudiantes preuniversitarios. Durante el estudio, una vez que fueron identificadas, se trató de corregirlas mediante dos técnicas de aprendizaje activo, la instrucción basada en interrogantes, confrontando a los estudiantes con sus concepciones erróneas por medio de las evidencias científicas que prueban el evolucionismo, y la instrucción por pares en pequeños grupos de discusión. Ellos encontraron que, al utilizar estas estrategias, el 92% de los estudiantes explicaron correctamente la teoría de la evolución. Este incremento es muy alto, considerando que antes de la enseñanza, solo el 6% fue capaz de hacerlo.

De igual forma, Nehm y Reilly (2007) investigaron el efecto del aprendizaje cooperativo en la adquisición de conocimientos y erradicación de concepciones erróneas sobre la selección natural. Antes de la instrucción, identificaron las concepciones más comunes y el nivel de conocimiento de los estudiantes. Posterior a ésta, encontraron que los estudiantes que trabajaron cooperativamente, lograron erradicar más concepciones erróneas, así como también alcanzaron un mejor nivel de conocimientos sobre el tema, comparando con el grupo que recibió instrucción tradicional. Aclaran que, en ambos grupos, después de un año de instrucción persistía una o dos concepciones erróneas, aunque en el grupo de aprendizaje activo las presentaba el 70% de los estudiantes y en el de aprendizaje tradicional el 86%.

Como se puede observar, los resultados obtenidos por Robbins y Roy (2007) y por Nehm y Reilly (2007) coinciden con lo comentado por Kalinowski et al. (2010). Se confirma la necesidad de identificar las concepciones de los alumnos antes de la instrucción y, a partir de éstas, diseñar estrategias de enseñanza que permitan su

erradicación. De igual manera, en los resultados obtenidos por Köse et al. (2010) y por Nehm y Reilly (2007) se ratifica lo comentado por Lin (2006) respecto a las ventajas del aprendizaje cooperativo como estrategia de enseñanza de las ciencias.

Considerando la importancia del aprendizaje del evolucionismo por selección natural, así como la dificultad que éste conlleva, se decidió investigar sobre la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje del mismo. A continuación se presentan la pregunta general y las específicas que guiaron la investigación.

1.3 Planteamiento del Problema

Como se mencionó anteriormente, es de gran importancia el correcto aprendizaje de la teoría de la evolución para los estudiantes. Cuando lo obtienen, tienen la posibilidad de lograr una mejor comprensión de otros temas relacionados con la Biología y con otras áreas de la ciencia (Cavallo y McCall, 2008; Dobzhansky, 1973; Hernández y Ruiz, 2000; Ruthledge y Mitchell, 2002). También se señaló que su aprendizaje contribuye al cumplimiento de los propósitos de los cursos de Ciencias de la educación Secundaria en el país (SEP, 2006a, 2006b).

De igual forma, se mencionó el obstáculo que representan las concepciones de los jóvenes sobre el tema para este aprendizaje, y que durante la instrucción tradicional, normalmente los alumnos no comprenden los conceptos claves de la teoría (Bishop y Anderson, 1990; Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Hernández y Ruiz, 2000; Millán et al., 1997; Nehm y Reilly, 2007; Robbins y Roy, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002). Por lo tanto, es necesario encontrar estrategias adecuadas para que lo hagan.

Por otra parte, se han mencionado las ventajas del aprendizaje cooperativo como estrategia para que los alumnos puedan erradicar sus concepciones erróneas (Nehm y Reilly, 2007) y lograr un aprendizaje adecuado de diferentes temas científicos (Köse et al., 2010). Además de los beneficios que representa esta técnica de enseñanza en el desarrollo de otras habilidades, como las comunicativas y el desarrollo del pensamiento científico (Lin, 2006). Por consiguiente, se consideró importante investigar si el aprendizaje cooperativo influye en la comprensión del evolucionismo y erradicación de concepciones en estudiantes mexicanos de primero de secundaria.

En consecuencia, la pregunta general que guió la presente investigación es: ¿Cuál es el efecto del trabajo cooperativo en el entendimiento conceptual de la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de primero de secundaria? Las preguntas específicas que se pretendieron contestar fueron:

- 1) ¿Cuáles son las concepciones de los alumnos sobre la teoría de la evolución por selección natural antes de la instrucción?
- 2) ¿Cuál es la influencia del trabajo cooperativo en la erradicación de las concepciones erróneas sobre la teoría de la evolución por selección natural?
- 3) ¿Cuál es la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de los conceptos claves de la teoría de la evolución por selección natural?

Una vez que se plantearon las preguntas de investigación, se definieron los objetivos de la misma. En la siguiente sección se presentan el objetivo general y los específicos que se trataron de cumplir durante el estudio.

1.4 Objetivos de la Investigación

El objetivo general de la investigación fue: Valorar la eficacia del aprendizaje cooperativo en la erradicación de las concepciones erróneas sobre la teoría de la evolución por selección natural y en el aprendizaje de ésta en estudiantes de primero de secundaria. Los objetivos específicos fueron:

- 1) Identificar las concepciones erróneas sobre la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de primero de secundaria con el fin de que puedan ser corregidas durante la instrucción.
- 2) Identificar si hay diferencia entre la instrucción mediante aprendizaje cooperativo y tradicional en la erradicación de concepciones sobre la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de primero de secundaria.
- 3) Identificar si hay diferencia entre la instrucción mediante aprendizaje cooperativo y tradicional en el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de primero de secundaria.

Tomando en cuenta los objetivos antes presentados, así como las preguntas de la investigación, se desarrolló la hipótesis bajo la cual se realizaría el estudio. Esta hipótesis se presenta en el siguiente apartado.

1.5 Hipótesis

En el presente estudio la hipótesis fue: El trabajo cooperativo permite un mejor aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural y la erradicación de concepciones erróneas sobre ésta en estudiantes de primero de secundaria, en comparación con lo conseguido por la instrucción tradicional.

Por otra parte, ya se mencionaron las dificultades que representa el correcto aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural, siendo las preconcepciones

un obstáculo importante para el mismo. Se comentó también de la importancia del evolucionismo en el aprendizaje de la Biología y de otras disciplinas científicas. Aunado a lo anterior, en la siguiente sección se presentan otros fundamentos que justifican el estudio aquí presentado.

1.6 Justificación

Pareciera que el bajo entendimiento de la teoría de la evolución es un fenómeno generalizado en diferentes niveles educativos, llegándose a presentar incluso en profesionistas del área de ciencias o de la educación. Esto representa un problema, porque el evolucionismo es un tema fundamental de la biología, tanto para el entendimiento de diferentes mecanismos biológicos, como para la comprensión de procesos científicos (Cavallo y McCall, 2008; Dobzhansky, 1973; Hernández y Ruiz, 2000; Ruthledge y Mitchell, 2002).

En México, desde la educación primaria se inicia la instrucción sobre esta teoría. Al ingresar a la secundaria, en el curso de Ciencias 1-Biología, uno de los primeros temas es la Teoría de la evolución de Darwin (SEP, 2006b). Posteriormente, los alumnos vuelven a recibir instrucción sobre el tema en el cuarto semestre de bachillerato, es decir, durante el segundo año del mismo (SEP-DGB, 2009).

Para la mayoría de los jóvenes, esta es la última oportunidad para entender los conceptos del evolucionismo, a menos que estudien una carrera relacionada con el área de la biología, no volverán a recibir instrucción al respecto. Esto se debe a que, a partir del quinto semestre, los estudiantes eligen un área de estudio con base en la carrera que deseen cursar, y aunque elijan el área denominada Químico-Biológicas, ya no recibirán

instrucción sobre la evolución. En éste último caso, al cursar las materias del área, deberán aplicar los conceptos básicos de este tema (SEP-DGB, 2011).

Sin embargo, ya se comentó que, en general, con la instrucción actual no existe un adecuado entendimiento de los conceptos claves de la evolución. Además, las concepciones de los estudiantes sobre ésta también obstaculizan su comprensión (Bishop y Anderson, 1990; Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Hernández y Ruiz, 2000; Millán et al., 1997; Nehm y Reilly, 2007; Robbins y Roy, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Por lo tanto, es conveniente conocer las preconcepciones erróneas más comunes sobre la evolución y encontrar las estrategias de enseñanza adecuadas para corregirlas (Kalinowski et al., 2010). De igual manera, la instrucción debe servir para que los estudiantes logren el entendimiento conceptual de la teoría de la evolución. Debido a las bondades del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de las ciencias (Köse et al., 2010; Lin, 2006; Nehm y Reilly, 2007), se consideró útil investigar su influencia en la comprensión del evolucionismo por parte de los alumnos mexicanos de primero de secundaria.

Para realizar dicha investigación, se tomaron en cuenta las limitaciones de la misma, las cuales son presentadas en la siguiente sección. Igualmente, se mencionan las delimitaciones del estudio.

1.7 Limitaciones y delimitaciones

Una importante limitación del estudio es que la investigación se realizó con una población reducida y con un diseño cuasiexperimental. Aunque los resultados obtenidos pudieran ser un buen indicador del uso del trabajo cooperativo en la comprensión del

evolucionismo, difícilmente son un reflejo de la realidad del país. Además del tamaño de la población, ésta presenta características económicas y sociales muy particulares, que incluso son menos representativas de la realidad nacional.

Por otra parte, el estudio se realizó en el mes de Septiembre del 2011 con 48 alumnos de primero de secundaria de la ciudad de Córdoba, Ver. Se trabajó con dos grupos, cada uno de 24 alumnos, en uno de ellos se utilizó el trabajo cooperativo durante la instrucción, y en el otro, ésta se ejecutó de la forma usual. En ambos grupos, el instructor fue el mismo y la instrucción se efectuó en el mismo salón de clases.

Se considera que es importante realizar estudios que orienten e impulsen a los docentes a implementar estrategias de enseñanza que incrementen el aprendizaje de los alumnos. Debido a que se ha comprobado la influencia benéfica del trabajo cooperativo en el aprendizaje de diferentes áreas y temas de estudio, es pertinente investigar su efecto durante la instrucción de un tema fundamental de la Biología, la teoría de la evolución.

Capítulo 2. Marco Teórico

En el presente capítulo se presentan algunas características del aprendizaje de conceptos, especialmente en el área de las ciencias. Se menciona la dificultad que entraña dicho aprendizaje debido a la existencia de preconcepciones erróneas, las cuales no se erradican fácilmente. Igualmente, se comenta la importancia del entendimiento de la teoría de la evolución, ya que éste es un tema fundamental en el estudio de la biología, puesto que unifica sus conceptos.

A continuación, se muestran los conceptos clave del evolucionismo, así como las concepciones erróneas que han sido identificadas sobre éste. Se indica la necesidad de encontrar estrategias que permitan el adecuado aprendizaje de la evolución. Se reconocen las características y beneficios del aprendizaje cooperativo como técnica de enseñanza, considerando que esta metodología puede ser útil para la instrucción de la teoría de la evolución. Por último, se muestran algunas investigaciones realizadas respecto a la detección de preconcepciones sobre evolucionismo y sobre los efectos del aprendizaje cooperativo cuando se utiliza como técnica pedagógica.

2.1 Entendimiento Conceptual

Gil (1993) comenta que durante muchos años el objetivo de la enseñanza fue la transmisión de conceptos. Aparentemente, este objetivo se cumplía, sin embargo, cuando se trataban de aplicar éstos conceptos a situaciones cotidianas o a la solución de problemas, era notorio que la gran mayoría de los alumnos no comprendían los conceptos básicos. Además, los errores conceptuales que se observaban, eran ideas parecidas que se presentaban en diferentes niveles educativos y que incluían a algunos profesores.

Redish (1994) menciona que difícilmente los estudiantes logran comprender los conceptos que se les enseñan, la gran mayoría los comprende a medias o no los entiende. Esto representa un problema, porque la sociedad actual requiere que sean muchas las personas que entiendan ciencias, debido al papel que tiene la tecnología en ésta. No basta que haya unos pocos individuos capacitados tecnológicamente. La ciencia debe construir una imagen clara y coherente de lo que está pasando en el mundo real para la mayoría.

La situación antes mostrada, trajo como consecuencia que en los últimos 40 años se realizaran una gran cantidad de investigaciones que se centraron en varios puntos. El primero, conocer los mecanismos del aprendizaje de conceptos (Scott, Asoko y Leach, 2007). El segundo, identificar las causas de los errores conceptuales, especialmente en el área de ciencias (Gil, 1993). El tercero, reconocer e identificar las preconcepciones erróneas de los estudiantes (Treagust y Duit, 2008). Por último, diseñar estrategias de enseñanza que permitieran un buen entendimiento (Redish, 1994).

En sus inicios, las investigaciones sobre el aprendizaje de conceptos, estuvieron influenciadas por la Teoría de Equilibración de Piaget (Scott et al., 2007; Treagust y Duit, 2008), y por las ideas de David Ausubel (Scott et al., 2007; Treagust y Duit, 2008). Para Piaget, las personas poseen estructuras conceptuales y para cambiarlas utilizan dos procesos asociados, la asimilación y la acomodación. La primera es la interpretación de la información y la segunda es la forma en que la estructura cognitiva se reorganiza para que la información adquiera sentido. Los estudios de las concepciones se centraron en los pensamientos de los estudiantes sobre los fenómenos científicos (Scott et al., 2007; Treagust y Duit, 2008). Según Ausubel, la principal influencia para el desarrollo de

conceptos (especialmente en ciencias) es la existencia de preconcepciones en los estudiantes (Scott et al., 2007; Treagust y Duit, 2008).

Según Redish (1994), los estudios sobre cómo aprenden y entienden las personas son complicados, porque abarcan áreas como la antropología y la neurofisiología. Sin embargo, en las últimas décadas se han tenido avances. Se sabe que los procesos cognitivos son confusos y las operaciones lógicas no son modelos apropiados para la forma de pensar de las personas. Además, se ha reconocido la influencia de las preconcepciones en el aprendizaje de los estudiantes. “Cualquier discusión sobre el cambio conceptual necesita considerar la naturaleza de las concepciones” (Treagust y Duit, 2008, p. 298). Añaden que las concepciones de los estudiantes son representaciones internas construidas a partir de entidades externas proporcionadas por maestros o libros de texto. Si se considera al aprendizaje como un cambio conceptual, es necesario que los aprendices realicen las representaciones que les permitan entender los conceptos difíciles.

Para Redish (1994), las preconcepciones son modelos mentales de los alumnos que les permiten entender el mundo físico y no deben sorprender a los profesores, porque las han construido con base en sus experiencias. Al contrario, una parte importante del trabajo del docente es identificarlas y tratar de cambiarlas, aunque es sumamente difícil hacerlo. Para lograrlo, éste debe cambiar el modelo mental existente en el estudiante por uno nuevo, y solo es posible, si el nuevo modelo crea conflicto con las predicciones basadas en el modelo anterior y además es entendible, plausible y útil.

Además de la dificultad que representa el aprendizaje de conceptos, para Gil (1993) son dos las causas que han originado su bajo entendimiento, y éstas están relacionadas entre sí. La primera es la existencia de preconcepciones y la segunda el tipo

de enseñanza. Las preconcepciones son esquemas conceptuales espontáneos, cuya existencia, en la actualidad no se puede negar. Sin embargo, la existencia de las preconcepciones no justifica los resultados tan mediocres obtenidos en la comprensión de conocimientos científicos con la enseñanza actual. Al contrario, el problema radica en el desconocimiento de los docentes de su existencia y el creer que es suficiente transmitir conocimientos ordenadamente, esperando que los alumnos los comprendan.

Incluso los libros de texto utilizados tradicionalmente no prestan atención a las preconcepciones de los estudiantes. Esto es evidente porque no incluyen actividades para que el docente pueda detectarlas al inicio del tema. Tampoco las tienen al final, para ver si se ha logrado una comprensión real de los nuevos conceptos y si han cambiado las concepciones iniciales. Es beneficioso desarrollar estrategias de enseñanza que se basen en las preconcepciones, muestren el proceso de elaboración del nuevo conocimiento y se compruebe si se logra el aprendizaje con la nueva metodología (Gil, 1993).

Para Scott et al. (2007) las creencias individuales acerca del mundo natural se construyen, más que se reciben. Hay coincidencias en cómo los individuos perciben el mundo natural y estas percepciones tienen gran influencia en los aprendizajes siguientes. Por consiguiente, el conocimiento científico no puede ser transferido durante la enseñanza y las concepciones previas pueden dificultar el aprendizaje. De estos puntos se puede partir para identificar la dificultad del aprendizaje de las ciencias, y por consiguiente, para identificar las técnicas de enseñanza adecuadas. Estas últimas deberán incluir varias estrategias a fin de conseguir el entendimiento.

De acuerdo a Gil (1993) las preconcepciones o concepciones previas (ideas nativas, teorías ingenuas), son ideas que existen en los niños incluso antes del aprendizaje escolar

que provienen de experiencias y observaciones cotidianas. Pareciera que están dotadas de cierta coherencia interna y coinciden con concepciones que han existido a lo largo de la historia del pensamiento. Gil (1993) y Scott et al. (2007) mencionan que son comunes a estudiantes de diferentes edades, culturas y medios sociales, muy resistentes al cambio, no se modifican fácilmente e influyen en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Respecto a la enseñanza de las ciencias en general, y de la teoría de la evolución en particular, Nelson (2007) comenta que el tiempo que dura un curso nunca es suficiente para cubrir todos los aspectos científicos relevantes. Por consiguiente, los docentes tienden a tratar de cubrir el programa, sin dedicar tiempo para conocer las creencias previas de los estudiantes y sin tomarlas en cuenta. Como resultado, las preconcepciones erróneas persisten después de la instrucción. Conviene más que el profesor identifique primero las concepciones del alumno y trate que éste las compare con mejores esquemas fundados científicamente. De esta forma, es más fácil lograr el cambio conceptual.

Kalinowski et al. (2010) consideran que la principal dificultad para el entendimiento de la teoría de la evolución, son las preconcepciones de los estudiantes sobre este tema. Aunque estén de acuerdo con el evolucionismo, lo relacionan con observaciones cotidianas y lo explican con base en éstas. Como sus concepciones son lógicas y posibles, es muy difícil cambiarlas y son muy resistentes a la instrucción. Según estos autores, las personas aprenden integrando el nuevo conocimiento a los ya existentes, lógicamente, si éstos son erróneos, la nueva información será entendida.

La única forma de corregir las concepciones erróneas de los estudiantes, es diseñando un tipo de instrucción específica para hacerlo, y aún así, es muy difícil lograr un éxito total. De cualquier manera, debe intentarse, ya que es más fácil que los alumnos

cambien sus concepciones, si las estrategias de enseñanza se elaboran con esa finalidad. Para conseguir lo anterior, el primer paso a seguir por el docente es identificar los conocimientos previos y concepciones erróneas de los estudiantes, y, a partir de éstos, diseñar su metodología para la instrucción (Kalinowski et al., 2010).

Teniendo en cuenta el obstáculo que representan las preconcepciones para el aprendizaje de conceptos, en los siguientes apartados se presentan los principales conceptos de la teoría de la evolución por selección natural, así como las preconcepciones más comunes sobre ésta. Antes de esto, se muestra la importancia de la teoría, tanto para el entendimiento de otros temas de Biología, como para la comprensión del carácter investigativo de las disciplinas científicas.

2.1.1 Teoría de la evolución, su importancia.

En la actualidad, la teoría de la evolución es un principio unificador de la Biología y un punto central del aprendizaje de esta disciplina (Bishop y Anderson, 1990; Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Ruthledge y Mitchell, 2002; Ruthledge y Warden, 1999, 2000). Para Dobzhansky (1973) “Nada tiene sentido en la biología excepto a la luz de la evolución” (Dobzhansky, 1973, p. 125). Además, este autor comenta que solo mediante esta teoría es posible explicar la gran diversidad de estructuras y formas vivientes. Tan solo, entre plantas y animales, se han estudiado entre 1.5 y 2 millones de especies, y probablemente es mayor el número de las que faltan por estudiar. ’

La diversidad biológica se observa en el tamaño, ya que existen desde organismos microscópicos hasta animales de 30 m de longitud, como la ballena azul. También, se nota en la gran variedad de ambientes donde existen organismos, capaces de vivir y de obtener alimentos de ese medio. Esta biodiversidad solo se puede entender y visualizar

mediante la selección natural, ya que “el medio ambiente presenta cambios para las especies vivientes, a los cuales éstas pueden responder mediante cambios genéticos adaptativos” (Dobzhansky, 1973, p. 126). Si los cambios no son exitosos, la especie puede extinguirse, como lo muestran los fósiles existentes.

También, mediante la evolución se explica el hecho de que diferentes organismos compartan múltiples características, especialmente bioquímicas. Por ejemplo, el código genético de los ácidos desoxirribonucleico (ADN) y ribonucleico (ARN) se presenta en todos los organismos existentes, y en todos ellos funciona de la misma manera. Las proteínas que componen a los seres vivos están formadas por los mismos 20 aminoácidos y los procesos metabólicos celulares son similares en todas las especies, confirmándose que los seres vivos provienen de un antepasado común (Dobzhansky, 1973).

Solamente si se comprenden los conceptos básicos del evolucionismo, es posible entender la gran biodiversidad que existe actualmente, los diferentes rasgos y comportamientos de los organismos y las diferentes formas de vida. También, el entendimiento de esta teoría posibilita al estudiante la comprensión de otros temas biológicos, ya que les proporciona las herramientas conceptuales para entenderlos, los unifica y les da coherencia (Cavallo y McCall, 2008; Hernández y Ruiz, 2000; Ruthledge y Mitchell, 2002; Ruthledge y Warden, 1999, 2000; Trani, 2004).

Ya se comentó la importancia de una adecuada comprensión del evolucionismo en el estudio de la Biología. Es necesario aclarar que el adecuado entendimiento de la teoría de la evolución no solo es importante en el estudio de esta disciplina. Contiene elementos fundamentales para el aprendizaje de las ciencias en general, ya que permite a los alumnos reconocer el carácter investigativo de éstas y la importancia de los

descubrimientos científicos. Por consiguiente, su enseñanza y correcto aprendizaje en cualquier nivel de estudios es de gran trascendencia (Cavallo y McCall, 2008; Hernández y Ruiz, 2000; Ruthledge y Mitchell, 2002; Ruthledge y Warden, 2000).

Otros autores van más allá, al asegurar que la “evolución epitomiza lo que es la ciencia, es decir, la teoría se sostiene por datos empíricos y explicaciones respaldadas por éstos” (Cavallo y McCall, 2008, p. 522). Lo anterior se debe a lo establecido por la teoría y a su relevancia social. Respecto al primer punto, mediante la teoría de la evolución es posible entender que la ciencia es tentativa y dinámica, que se desarrolla, cambia y progresa conforme aparecen nuevos conocimientos. En relación con la relevancia social, la teoría tiene implicaciones espirituales y filosóficas, relacionadas con el propósito de la existencia del ser humano y de cómo se interpreta su comportamiento. Sin embargo, es conveniente separar los propósitos espirituales y filosóficos de la vida humana, del hecho de que ésta haya surgido gracias a un proceso evolutivo (Cavallo y McCall (2008).

De igual forma, Dobzhansky, (1973) comenta que el evolucionismo no es opuesto a la fe religiosa. Para él, es un error confundir las Sagradas Escrituras con los textos de Biología. El conflicto surge cuando se intenta que los símbolos de éstas signifiquen algo diferente para lo que fueron creados. Solo es posible entender la biodiversidad si Dios creó a los seres vivos por medio de la selección natural: La evolución es el método utilizado por Dios para crear a los seres vivos. Los antievolucionistas pretenden que las lagunas del evolucionismo prueben la prueba de la falsedad de la teoría. Al contrario, son oportunidades para seguirlo investigando y estudiando, pero sin dudar de su existencia.

Por otra parte, se ha reconocido que hay dificultad para la comprensión del evolucionismo. Esto sucede en estudiantes de diferentes niveles educativos que incluyen

a la educación secundaria, el bachillerato y alumnos universitarios (Millán et al., 1997; Hernández y Ruiz, 2000; Kalinowski et al., 2010). Incluso, profesionistas de las áreas de la biología, la medicina y maestros de ciencias tienen bajo entendimiento de conceptos básicos del tema (Nehm y Reilly, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002; Trani, 2004).

Cuando son los docentes los que no aceptan o no entienden el evolucionismo, difícilmente se puede esperar que transmitan de manera correcta la teoría. Para Nehm y Shonfeld (2007) esto es un verdadero problema, porque en la actualidad, la evolución juega un papel fundamental en el desarrollo de nuevas disciplinas científicas importantes para la vida cotidiana. Los profesores son el puente entre el entendimiento científico de la evolución y la ignorancia.

Son varias las causas de la escasa comprensión del evolucionismo por parte de los maestros. Para Ruthledge y Warden (1999) se debe a que los textos escolares no cubren adecuadamente el tema, y a las actitudes de los maestros respecto a éste, lo cual se refleja en su instrucción. Ruthledge y Warden (2000) comentan que, para que un maestro pueda entender y enseñar correctamente la teoría, primero debe aceptarla. Desafortunadamente, ellos encontraron que hasta un 50% del grupo de profesores de biología que encuestaron, no aceptan la teoría de la evolución o tienen dudas sobre algunos de sus puntos.

Ruthledge y Mitchel (2002), al igual que Trani (2004), mencionan que las creencias religiosas de los profesores tienen gran influencia en la aceptación de la teoría y, por consiguiente, en la forma de enseñarla. Además, Hernández y Ruiz (2000) refieren que, en muchos casos, los docentes no recibieron la instrucción adecuada sobre el tema y no lo entienden. Nelson (2007) dice que existe otro grupo de docentes que aceptan y entienden la teoría, pero que carecen de las herramientas y estrategias necesarias para enseñarla.

Algunos profesores creen que, en realidad, no es importante la enseñanza del evolucionismo, porque solo es una teoría y no una ley. Es decir, una de las primeras barreras que tiene que superar la teoría de la evolución está en su nombre. Las personas tienden a aceptar fácilmente las leyes, ya que las consideran hechos comprobados. Pero no le dan la misma importancia a las teorías porque las consideran especulaciones (Kugler, 2002; Nehm y Schonfeld, 2007). Dobzhansky (1973) comenta que, aunque puedan existir dudas razonables sobre algunos aspectos de la evolución, como los mecanismos que la causan, no se debe dudar de ésta. Es un hecho que la evolución ha existido, aunque haya personas que se resistan a las evidencias que así lo muestran.

Por otra parte, se han realizado diferentes estudios encaminados a tratar de comprender las razones del escaso entendimiento de la teoría por parte de los estudiantes. En algunas de estas investigaciones, se ha supuesto que las preconcepciones de los estudiantes sobre el tema, influyen en la comprensión del mismo. Esta hipótesis ha sido corroborada y se ha llegado a comprobar que después de la instrucción, en cualquiera de los niveles, no se logra el entendimiento conceptual y las preconcepciones erróneas prevalecen (Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Millán et al., 1997; Nehm y Reilly, 2007; Robbins y Roy, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Hernández y Ruiz (2000) comentan que probablemente sean tres las principales causas del bajo entendimiento del evolucionismo: “la capacidad cognitiva de los estudiantes, las deficiencias en el enfoque didáctico y la gran complejidad de la teoría” (Hernández y Ruiz, 2000, p. 93). Respecto a la complejidad de la teoría, no se puede hacer mucho, puesto que ésta no se puede cambiar. Se considera que las otras dos causas

tienen relación: Con un enfoque didáctico adecuado y el uso de estrategias de enseñanza convenientes, es posible potencializar al máximo la capacidad cognitiva del estudiante.

Considerando lo anterior, en el siguiente apartado se presentan los conceptos básicos del evolucionismo y, posteriormente, las preconcepciones más comunes sobre este tema. Finalmente, se mencionan las características del trabajo cooperativo, el cual puede ser una estrategia de enseñanza-aprendizaje que permita la comprensión de la teoría de la evolución por selección natural.

2.1.2 Conceptos básicos sobre la teoría de la evolución.

Solomon, Berg, Martin y Ville (1998), definen la evolución “como los cambios genéticos que sufre una población de organismos en el transcurso del tiempo” (Solomon et al., 1998, p. 391). Entendiéndose que los cambios ocurren a través de muchas generaciones y se presentan en las características de una población. Según Hernández y Ruiz (2000) estos cambios se deben a “la producción azarosa de la variación, dada por mutaciones o recombinación genética, y al mantenimiento de ésta mediante el mecanismo de selección natural” (Hernández y Ruiz, 2000, p. 93). Es decir, la variación puede aparecer, pero será el medio ambiente quien determine si ésta prevalece o desaparece.

Con el fin de entender la Teoría de la evolución de Darwin, es necesario definir los conceptos especie, población y adaptación. Solomon et al. (1998) mencionan que difícilmente se puede encontrar una definición de especie que no tenga limitaciones en algún aspecto. Sin embargo, una definición funcional es “grupo de organismos más o menos distintos capaces de intercruzarse en la naturaleza pero que están aislados en forma reproductiva de otras especies” (Solomon et al., 1998, p. 424). Definen población como “los miembros de una especie que habitan en una misma área” (Solomon et al.,

1998, p. 9) y adaptación como una “modificación evolutiva que mejora las oportunidades de supervivencia y de éxito reproductivo” (Solomon et al., 1998, p. 396).

Darwin (2010) basó su teoría de la evolución por selección natural, considerando cuatro puntos, la sobreproducción de individuos de una especie, las diferencias que existen entre éstos (variabilidad), la lucha por la existencia y la supervivencia del más apto. La sobreproducción de individuos se entiende por el hecho de que, en cualquier especie, nacen más individuos de los que pueden sobrevivir hasta la edad adulta, y así, poder reproducirse. Considera a la variabilidad como el que todos los individuos de una misma especie presentan rasgos diferentes, aunque sean mínimos. Algunos de éstos pueden ser desfavorables en cierto ambiente, ocasionando que el individuo no sobreviva el tiempo suficiente para dejar descendientes, por consiguiente, ese rasgo no continuará en la especie. Otros rasgos son benéficos para ese medio, permitiéndole al individuo sobrevivir hasta la madurez, reproducirse y transmitir sus características a su progenie.

Así mismo, Darwin (2010) menciona que la lucha por la existencia está relacionada con la sobreproducción de individuos. En condiciones propicias, una población se reproduce hasta que escasean los recursos para sostenerla y los individuos compiten para obtenerlos. En consecuencia, solo sobreviven los más aptos, es decir, aquellos que poseen las mejores características para ese medio ambiente. Los que sobreviven, llegan a la edad adulta y se reproducen, heredando sus descendientes los rasgos benéficos. El resultado de este proceso es la adaptación de la población al ambiente, y, con el transcurrir de varias generaciones, acumulándose diversas adaptaciones, se formarán nuevas especies.

Para Hernández y Ruiz (2000) hay dos puntos fundamentales en el evolucionismo. Primero, aunque las variaciones se presentan en los individuos, las que evolucionan son

las poblaciones. Segundo, pueden surgir variaciones espontáneamente, pero es el proceso de selección natural el que permite que algunos organismos de la población se adapten. Por otra parte, Solomon et al. (1998) aclaran que Darwin desconocía los mecanismos de transmisión de caracteres hereditarios, aunque reconoció su importancia en la variabilidad. Tampoco existía en esa época el concepto de mutación, con el cual se hubiera podido explicar la aparición espontánea de alguna variación.

Solomon et al. (1998) comentan que actualmente se utilizan los términos neodarwinismo o teoría sintética de la evolución para explicar los mecanismos evolutivos y la formación de nuevas especies. Estas expresiones surgen entre 1920 y 1940, al combinarse la teoría de Darwin con las leyes de la herencia de Mendel. Hernández y Ruiz (2000) añaden que, en esas décadas, los genetistas británicos Fischer y Haldane y el estadounidense Wright, demostraron que las ideas de Darwin y Mendel eran complementarias. En 1937, T. Doszhansky explicó el proceso evolutivo en términos genéticos, integrando la selección natural de Darwin con la genética de Mendel. Gracias a estas contribuciones, y a las realizadas por Mayr, Huxley, Simpson y Stebbins, en 1947, en un congreso realizado en Princeton, surge el neodarwinismo.

La teoría sintética de la evolución propone que la variabilidad de los individuos se debe a mutaciones espontáneas de los genes, sin propósitos adaptativos, pero que aportan variedad genética, así como a la recombinación genética durante la reproducción sexual. El efecto benéfico o no de estos cambios es aleatorio, siendo la selección natural la que actúa sobre esta variabilidad genética y dirige el proceso evolutivo. Además, el punto central de la evolución son las poblaciones y no los individuos, considerando que las especies son un conjunto de poblaciones que interactúan con el medio físico, con

organismos de otras especies y entre organismos de su misma especie (Bishop y Anderson, 1990; Hernández y Ruiz, 2000; Solomon et al. 1998).

Son muchas las pruebas que sustentan al evolucionismo, y de diferentes tipos. Tal vez la más directa sean los fósiles, los cuales prueban la existencia de organismos diferentes a los actuales. Incluso, en algunos casos se pueden deducir las relaciones evolutivas entre organismos ya extintos y los modernos. Otras pruebas son aportadas por la biogeografía, ya que las regiones aisladas geográficamente durante largo tiempo, poseen grupos de organismos específicos. Además, las islas oceánicas poseen especies animales y vegetales propias, aunque parecidas a las de la tierra firme más cercanas, mostrando la acción de la selección natural (Solomon et al., 1998)

Para Doszhansky (1973), la anatomía comparada y la embriología son importantes pruebas del origen evolutivo de los seres vivos que existen actualmente. Él, al igual que Solomon et al. (1998) mencionan que la anatomía comparada muestra semejanzas en los órganos de seres vivos muy diferentes (por ejemplo los huesos de todos los vertebrados), lo que hace suponer que tuvieron un antepasado común. De igual forma, el desarrollo embrionario entre diferentes vertebrados es similar. Además, existen pruebas bioquímicas, donde se incluyen el código genético y la secuencia de aminoácidos en las proteínas, como se mencionó anteriormente.

A pesar de la importancia de la teoría de la evolución por selección natural, y de que actualmente se conocen los mecanismos que la rigen, existen diversas preconcepciones sobre la misma. Como ya se mencionó, éstas dificultan el aprendizaje de este tema. En el siguiente apartado se mencionan las preconcepciones más comunes que han sido identificadas sobre el evolucionismo.

2.1.3 Preconcepciones sobre la teoría de la evolución.

Kalinowski et al. (2010) comentan que a pesar de la importancia que tiene el evolucionismo para el aprendizaje de la biología, aún no se ha logrado que los estudiantes la entiendan, especialmente el proceso de selección natural. Aparentemente es un tema que no presenta gran dificultad, sin embargo se ha demostrado que no se consigue un entendimiento adecuado. Continúan diciendo que se han mencionado diferentes causas del escaso entendimiento de la teoría, pero, para ellos, la principal causa son las preconcepciones de los alumnos. Respecto a éstas, se han realizado varios estudios a fin de identificar las existentes en estudiantes de diferentes niveles, así como de profesores de biología. A continuación se muestran los principales hallazgos.

Bishop y Anderson (1990) encontraron que son tres las principales concepciones erróneas de estudiantes preuniversitarios. La primera se relaciona con el origen y permanencia de nuevos rasgos en las poblaciones. Como ya se mencionó, el origen se debe a cambios aleatorios en el material genético, y su permanencia o desaparición, a la selección natural. Sin embargo, los alumnos no reconocen la diferencia entre la aparición de los rasgos en la población y su permanencia, pensando que es un solo proceso el que causa la aparición de las características. Para ellos, la razón del cambio de los rasgos solo se debe al medio ambiente.

Bishop y Anderson (1990) continúan diciendo que los estudiantes creen que el desarrollo de las nuevas características se debe a tres causas. Los organismos necesitan desarrollarlas para sobrevivir, las desarrollan porque usan ciertos órganos o las pierden al dejar de usarlos, o simplemente, se adaptan al medio ambiente, sin explicar el proceso. La

mayoría de los alumnos no considera las mutaciones o la recombinación genética como origen de la aparición de nuevos rasgos.

La segunda preconcepción encontrada por Bishop y Anderson (1990) se refiere al papel que juega la variabilidad en una población. Los estudiantes piensan que la evolución es un proceso que moldea a las especies, sin considerar que las poblaciones evolucionan debido a la aparición de ciertas características en algunos de sus miembros, que les proporcionan ventajas reproductivas sobre los demás. La tercera preconcepción está relacionada con la proporción de individuos que adquiere ciertos rasgos. La evolución se efectúa cuando las nuevas características, a través de las generaciones, se presentan en un número cada vez mayor de individuos. Los alumnos creen que lo que va cambiando lentamente a través de las generaciones son los propios rasgos, debido a las necesidades (o falta de ellas) de los organismos.

Aunado a lo anterior, Bishop y Anderson (1990) encontraron dos términos -aptitud y adaptación- utilizados comúnmente para describir la evolución, que son malentendidos por los estudiantes, porque los relacionan con el lenguaje cotidiano. En el evolucionismo, adaptación se refiere a un fenómeno poblacional, por el cual las poblaciones cambian a través de las generaciones debido a la selección natural. Los estudiantes piensan que son los individuos los que se adaptan, debido a la influencia del medio, y que lo hacen durante su tiempo de vida. En la evolución, aptitud, se refiere a la capacidad genética de los individuos para producir descendientes con características favorables. Los alumnos creen que la aptitud se relaciona con mayor fuerza, tamaño, longitud o inteligencia.

Hernández y Ruiz (2000) y Kalinowski et al. (2010) coinciden con Bishop y Anderson (1990), mencionando que los estudiantes piensan que son los individuos (no las

poblaciones) los que evolucionan, debido a que durante su tiempo de vida adquieren características que transmiten a sus descendientes. Los alumnos creen que los cambios se deben a que el organismo usa o deja de usar alguna parte de su cuerpo, a que necesita o desea cambiar (en un acto voluntario), o bien que el ambiente es el responsable de los cambios, dejando de lado la variabilidad genética. Los primeros autores añaden que, frecuentemente, los estudiantes tienen problemas con el concepto de adaptación, al que relacionan con aclimatación, y para comprender las escalas de tiempo.

Gregory y Ellis (2009) encontraron que las principales concepciones erróneas en estudiantes preuniversitarios estaban relacionadas al pensamiento teleológico, coincidiendo con lo mencionado por Meinardi y Adúriz-Bravo (2002). Otra preconcepción encontrada por los primeros autores, es el creer que la evolución es un proceso progresivo y direccionado.

Las concepciones erróneas identificadas por Nehm y Schonfeld (2007) en maestros de biología, son el creer que el evolucionismo aún necesita ser demostrado, porque es una teoría y no una ley. También, que las mutaciones son dañinas, y por consiguiente no pueden originar rasgos favorables, y que los seres humanos convivieron con los dinosaurios. Encontraron una concepción que no había sido reportada anteriormente, al creer que la pérdida de algún rasgo causa que otro u otros se intensifiquen y que estas características se transmitan a las siguientes generaciones. Además de estas concepciones, los autores detectaron que los profesores encuestados poseían las mismas concepciones erróneas mencionadas por Bishop y Anderson (1990).

Como se observa, hay coincidencias respecto a la problemática que representa el aprendizaje de las ciencias. Se sabe que es difícil el aprendizaje de conceptos científicos

debido a las diferentes estructuras mentales involucradas. Esto se ve agravado por la existencia de las preconcepciones y por el tipo de enseñanza que habitualmente se realiza. Es muy difícil que se logre un aprendizaje y entendimiento reales si solo se transmiten las ideas. Es necesario encontrar estrategias que permitan identificar las preconcepciones sobre el tema y, partiendo de éstas, realizar la instrucción de tal forma que se propicie el aprendizaje significativo.

Por otra parte, si se considera la importancia del evolucionismo y los problemas que se presentan, tanto para su correcta enseñanza, como para su adecuado aprendizaje, surge la necesidad de buscar estrategias de enseñanza aprendizaje que le permitan al docente proporcionar una adecuada instrucción. Solo así, el estudiante podrá entender la teoría y gozar de los beneficios que conlleva esta comprensión. A continuación se presentan las características del aprendizaje cooperativo, el cual puede ayudar en la comprensión de diferentes temas científicos, siendo uno de ellos el evolucionismo.

2.2 Aprendizaje Cooperativo

El trabajo y aprendizaje en conjunto ha sido una estrategia muy utilizada, aunque solo en los últimos tiempos ha empezado a ser tema de investigación (Collazos y Mendoza, 2006). Sin embargo, “se ha demostrado que los estudiantes aprenden más, les agrada más la escuela, establecen mejores relaciones con los demás, aumenta su autoestima y aprenden tanto valores como habilidades sociales más efectivas”(Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 101) al trabajar en grupo, en comparación a cuando lo hacen de forma individual o competitiva.

En contraposición con los últimos dos aprendizajes, se encuentran los de tipo cooperativo y colaborativo. Según Johnson, Johnson y Smith, (1998) en el aprendizaje

cooperativo “cada estudiante alcanza su meta de aprendizaje si y solo si los otros miembros del grupo alcanzan las suyas. Los estudiantes trabajan juntos en grupos pequeños para garantizar que todos los miembros del grupo logren un criterio predeterminado” (Johnson et al., 1998, p. 28). Añaden que el aprendizaje cooperativo se relaciona con el colaborativo y que este último “enfatisa el aprendizaje natural (en contraposición a la formación que resulta a partir de situaciones de aprendizaje altamente estructuradas) que se produce como un efecto de la comunidad en la que los estudiantes trabajan juntos en grupos no estructurados” (Johnson et al., 1998, p. 28).

Según Prince (2004), el aprendizaje cooperativo, colaborativo y el basado en problemas, son aprendizajes activos, cuya característica común principal es el compromiso del alumno con el proceso. Para él, aprendizaje colaborativo es cualquier estrategia donde los estudiantes trabajan juntos y el cooperativo es un tipo de éste, donde los estudiantes se evalúan individualmente.

Aunque en ocasiones los aprendizajes de tipo cooperativo y colaborativo son tratados como sinónimos en la literatura, hay diferencias significativas entre ellos (Alcover y Gil, 2002; Peña, Pérez y Rondón, 2010). En el aprendizaje cooperativo el profesor tiene control sobre las interacciones del grupo y sobre los resultados esperados, y las tareas se dividen entre los integrantes. En el colaborativo, los alumnos diseñan sus interacciones y controlan sus decisiones, creándose interdependencias entre ellos (Collazos y Mendoza, 2006; Peña et al, 2010). Cuando se trata de adquirir conocimiento científico, es recomendable el aprendizaje cooperativo. En cambio, si se pretende adquirir conocimiento comunicativo, se recomienda el aprendizaje colaborativo, ya que éste enfatiza procesos como escuchar, respetar, y cuestionar a otros (Alcover y Gil, 2002).

Lin (2006) define al aprendizaje cooperativo como “un método instruccional en el cual los estudiantes trabajan en pequeños grupos para lograr una meta de aprendizaje común bajo la guía de un profesor”, coincidiendo esta definición con la de Holubec (1991) y Köse et al. (2010). Menciona que las características de este tipo de aprendizaje son la interdependencia positiva entre los integrantes del equipo para alcanzar la meta, las interacciones cara a cara, la evaluación individual de los integrantes, el desarrollo de habilidades para enseñarse y alentarse unos a otros, así como la auto y co-evaluación.

Dadas las definiciones anteriores, para fines de esta investigación se utilizará el término aprendizaje cooperativo. Como se mencionó anteriormente, éste implica aprendizaje en grupo donde cada quien tiene tareas definidas y el profesor controla las interacciones entre los integrantes y los resultados esperados, con evaluaciones individuales. Cabe mencionar que el aprendizaje cooperativo es una forma de aprendizaje colaborativo; mientras que ambos son tipos de aprendizaje activo. Se decidió utilizar este método de instrucción debido a la edad y grado académico de los estudiantes con los que se realizaría el estudio, los cuales trabajan mejor cuando se les dirige en sus actividades.

Gómez (2007) menciona que el aprendizaje cooperativo no es un método, es un enfoque pedagógico-didáctico donde docentes y alumnos trabajan juntos, compartiendo capacidades y cualidades, y asumiendo tareas precisas para lograr metas comunes. El hecho de ser un enfoque, implica que no hay una sola manera de utilizarlo, al contrario, pueden usarse diferentes estrategias, técnicas y recursos metodológicos estructurados. Comenta que la finalidad de este tipo de aprendizaje es “contribuir al desarrollo conceptual, procedimental y actitudinal de todos los alumnos aprovechando la riqueza interaccional de entornos sociales” (Gómez, 2007, p. 189).

Johnson y Johnson (2009) indican que el aprendizaje cooperativo se basa en la teoría de la interdependencia social y que, para que sea efectivo se deben considerar cinco variables. Díaz-Barriga y Hernández (2002) indican que estas variables son la interdependencia positiva, la promoción de la interacción cara a cara, responsabilidad y valoración personal, habilidades interpersonales y de manejo de grupos pequeños y el procesamiento en grupo. Añaden que el docente deberá manejarlas exitosa y positivamente a fin de que en un grupo se logre un verdadero trabajo cooperativo. De esta forma, los estudiantes podrán obtener los beneficios motivacionales, emocionales y de aprendizaje que éste conlleva.

Para Díaz-Barriga y Hernández (2002), la piedra angular del aprendizaje cooperativo es la interdependencia positiva. Comentan que ésta se refleja en el hecho de que el trabajo grupal termina hasta que todos los miembros del equipo entienden y concluyen la actividad. Para Johnson y Johnson (2009), hay interdependencia positiva cuando los individuos sienten que la única manera de alcanzar sus metas es si los otros miembros del grupo también las consiguen. Según ellos, además de la interdependencia positiva, para que exista la cooperación, se necesitan un rendimiento de cuentas individual y grupal, promoción de la interacción, usar apropiadamente las habilidades sociales y el procesamiento grupal.

Johnson y Johnson (2009) añaden que, aunque el aprendizaje cooperativo era prácticamente desconocido a mediados del siglo XX, ha sido una práctica instruccional sumamente exitosa en los últimos 60 años. Su éxito se debe a que este tipo de aprendizaje se fundamenta en principios teóricos muy claros, principalmente en la teoría de la interdependencia social. Comentan que las raíces de esta teoría se remontan a la escuela

de psicología Gestalt, donde se propone que las personas perciben los eventos como un todo. Al hacerlo, desarrollan puntos de vista organizados y significativos del mundo. En esta corriente se considera que los grupos son entidades dinámicas donde los miembros se hacen interdependientes cuando persiguen metas comunes, surgiendo entre ellos un estado de tensión que los motiva a lograrlas.

Al crearse interdependencia positiva en el grupo, surgen los procesos psicológicos de sustituibilidad, catexis positiva e inducibilidad. Mediante el primero, las acciones de una persona pueden sustituir las de otra, gracias a la segunda, la persona dirige energía psicológica positiva hacia otras personas u objetos. La inducibilidad se refiere a la posibilidad de inducir y dejarse inducir por otros. Por lo tanto, es de suma importancia promover la interdependencia social positiva en los grupos (Johnson y Johnson, 2009).

Ferreiro (2007) comenta que el aprendizaje cooperativo es necesario para aplicar exitosamente otras alternativas educativas, como los proyectos o la enseñanza basada en problemas. Según él, este aprendizaje se basa en tres puntos fundamentales, la participación, la mediación pedagógica y a la cooperación entre las personas para aprender en clase. La primera se refiere al hecho de la necesidad del estudiante en participar en su proceso de aprendizaje, considerando sus actividades internas y externas para hacerlo y el proceso comunicativo que implica. Aclarando que esta actividad debe ser guiada y orientada, pero con compromiso y responsabilidad de parte del alumno.

Ferreiro (2007) menciona que la mediación pedagógica se fundamenta en el concepto de mediación de Vygotsky, quien plantea que los niños tienen dos niveles de desarrollo, el real y el potencial. Este último se manifiesta cuando el niño se enfrenta a una tarea que no puede realizar por sí solo, pero es capaz de realizarla con la ayuda de

alguien más capaz, el mediador. Cualquier persona que favorece el aprendizaje de otra es un mediador, y los docentes deben ser los mediadores por excelencia. Para lograrlo deben establecer relaciones de reciprocidad con el alumno, tener muy claras las metas y el proceso para llegar a ellas, darle sentido a la tarea y hacerles ver a los alumnos que pueden hacer las cosas.

Además, Ferreiro (2007) indica que la cooperación entre iguales se refiere a las relaciones que se establecen para aprender y a las habilidades sociales que se desarrollan y que contribuyen al crecimiento emocional y afectivo del estudiante. Este punto adquiere especial importancia porque si se quiere educar en valores, deben fomentarse y promoverse las relaciones cooperativas entre iguales.

Por otra parte, interesa señalar los beneficios obtenidos mediante el aprendizaje cooperativo. Díaz-Barriga y Hernández (2002), comentan que el trabajo cooperativo influye de manera positiva en el rendimiento académico de los estudiantes, en cualquier área de estudio, ya que facilita procesos cognitivos como manejo de controversias, solución de problemas y regulación por medio del lenguaje. Influye también en las relaciones socioafectivas, incrementándose el respeto mutuo, la solidaridad, la autoestima, la motivación y la capacidad de adoptar perspectivas diferentes a las propias.

Según Parrat-Dayán (2007), debido a que el aprendizaje cooperativo se realiza entre pares, se favorece la adquisición de conocimientos, el desarrollo intelectual y de actitudes sociales positivas, del respeto mutuo y de la solidaridad. Además, los contextos cooperativos siguen el desarrollo del niño, facilitándolo. También, “permiten la construcción de una perspectiva propia y la capacidad de poder colocarse en la perspectiva del otro” (Parrat-Dayán, 2007, p. 15) y estimulan la autonomía del sujeto. La

autora coincide prácticamente en todos los puntos con lo expuesto por Díaz-Barriga y Hernández (2002) respecto a los beneficios en las relaciones socioafectivas.

Lin (2006) refiere que los propósitos del aprendizaje cooperativo son desarrollar las habilidades comunicativas, incrementar la tolerancia y mejorar el rendimiento de los estudiantes. Añade que, cuando este tipo de aprendizaje se utiliza en la enseñanza de las ciencias, los estudiantes pueden compartir ideas y definir las, logrando un mejor entendimiento. Además, se responsabilizan y comprometen con su aprendizaje, al tiempo que desarrollan habilidades comunicativas y procesos de pensamiento científico. Nehm y Reilly, 2007 comentan que el aprendizaje activo, especialmente el cooperativo, disminuye los aspectos competitivos que se presentan a menudo en los estudiantes, cuando están aprendiendo ciencias. Además, aumenta su participación y rendimiento.

Para Köse et al. (2010) mediante el aprendizaje cooperativo los alumnos retienen mejor la información y crean mejores relaciones con sus compañeros. Tienen mejor desarrollo de habilidades verbales, matemáticas y sociales, ganan experiencia, mejoran su actitud hacia el tema de estudio y aprenden a respetar puntos de vista diferentes a los propios. Estas características son especialmente importantes en la enseñanza de las ciencias, debido a la cantidad de conocimientos que se generan día a día en éstas. Para los alumnos, es más fácil adquirirlos con la ayuda de sus compañeros.

Díaz-Barriga y Hernández (2002) mencionan que, a pesar de los beneficios del aprendizaje cooperativo, algunos profesores perciben que su implementación es muy difícil o que esta técnica no funciona, ya que los estudiantes se dividen el trabajo sin enterarse lo que hacen los compañeros, o bien se niegan a trabajar en grupo. También, los alumnos se quejan de este tipo de aprendizaje, porque consideran que algunos miembros

del grupo trabajan más que otros y que la calificación obtenida no refleja la actividad realizada por cada integrante. La presencia de estas situaciones reflejan que, en realidad, no se está realizando un trabajo cooperativo. Por lo tanto, es conveniente que el docente conozca los puntos fundamentales para una adecuada implementación de la técnica.

Johnson y Johnson (2009) indican que, para utilizar correctamente el aprendizaje cooperativo, los maestros deben ser formados para que entiendan los elementos que lo hacen funcionar. Para conseguirlo, proponen diferentes procedimientos operacionales, dependiendo del tipo de grupo con el que se desee trabajar. Ellos identifican tres tipos de grupos de aprendizaje cooperativo, los formales, los informales y los grupos base.

Johnson y Johnson (2009) definen a los grupos formales como estudiantes que trabajan juntos durante una clase o hasta varias semanas. Para que trabajen de forma correcta, la primera tarea del maestro debe ser decidir los objetivos académicos y sociales del trabajo, la manera en que se formará el grupo y su tamaño, y los papeles de cada uno de los miembros. A continuación, deberá explicar claramente la tarea, enseñando los conceptos y estrategias necesarios, especificar la interdependencia positiva y las habilidades sociales que se persiguen. Durante el desarrollo del trabajo, deberá observar e intervenir en caso necesario, ya sea para que logren su meta o para que el trabajo grupal funcione. Por último, debe evaluar el aprendizaje obtenido y el proceso para lograrlo.

Johnson y Johnson (2009) indican que los grupos informales trabajan juntos desde unos minutos hasta durante una clase. En este caso el docente deberá explicar brevemente las actividades, estableciendo un estado de ánimo apropiado e indicando lo que se espera sea aprendido. Los grupos base son grupos heterogéneos de largo plazo de tres o cuatro integrantes. Estos grupos se reúnen periódicamente para apoyarse en la realización de

diversas tareas y comunicarse los problemas que se les han presentado. El docente puede propiciar las reuniones de estos grupos al inicio o al final de la clase.

A fin de que el docente implemente correctamente la instrucción mediante trabajo cooperativo el Centro de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad de Minnesota ha propuesto 18 pasos (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 116), los cuales se presentan en el Apéndice A. Respecto al cumplimiento del paso seis (asignar roles para asegurar la interdependencia), Johnson, Johnson y Holubec, comentan que los papeles más importantes son ocho y que un estudiante puede tener más de uno (Díaz-Barriga y Hernández, 2002). Los papeles son compendiador, inspector, entrenador, narrador, investigador-mensajero, registrador, animador y observador. Las responsabilidades de cada uno se presentan en el Apéndice B.

Además, los profesores pueden apoyarse en diferentes técnicas de aprendizaje cooperativo. Entre éstas, Woods y Chen (2010) mencionan el aprendizaje en equipos de estudiantes, donde éstos ganan premios si mejoran su rendimiento o ayudan a que lo hagan los otros integrantes. El rompecabezas, donde los estudiantes se forman en grupos y cada miembro estudia una parte del material, la cual deberá enseñar a los demás. Los grupos de investigación, conformados por dos a seis estudiantes, que escogen un subtema del la unidad que debe estudiarse y lo desarrollan, elaboran un reporte y comunican a los otros grupos sus hallazgos.

A la lista anterior, se añaden algunas otras que ya han sido utilizadas, como Co-op Co-op de Kagan (Díaz-Barriga y Hernández, 2002), donde se preparan subtemas de forma individual y se comunican al equipo, el cual prepara una presentación para los demás equipos. La evaluación la realizan los compañeros de equipo, los otros equipos y

el docente. La cooperación guiada de O'Donnell y Dansereau (Díaz-Barriga y Hernández, 2002), donde se trabaja en parejas que leen diferentes secciones de un texto y al finalizar cada sección, alternadamente los integrantes adquieren papeles de aprendiz (repite la información sin ver la lectura) y examinador (retroalimenta al aprendiz sin ver el texto).

Gómez (2007) propone dos nuevas técnicas, la Caja de Pandora y Salvando obstáculos, y ambas pueden utilizarse en nivel secundaria, bachillerato y educación superior. Consta de seis fases, la presentación y creación de los grupos, la exploración de conocimientos previos y nivelación inicial de grupos, mediante la elaboración de mapas conceptuales individuales sobre el tema y una lista de los conceptos. Generación de conflictos sociocognitivos mediados entre iguales, intercambiando las listas elaboradas entre los diferentes grupos. Actividades de enseñanza aprendizaje del tema, ya sea elaborando un mapa conceptual grupal o un listado de preguntas sobre el tema desarrollado. Realización de síntesis y conclusiones grupales, con ayuda del docente. Por último, la evaluación de aprendizajes individuales con incidencia grupal.

Gómez (2007) continúa diciendo que la técnica salvando obstáculos está cimentada en el aprendizaje basado en problemas. La primera fase consiste en la presentación y análisis del problema. La segunda es el trabajo en grupo cooperativo, donde se reparten responsabilidades y roles entre los integrantes y se estructura el proceso. En la fase tres se busca y organiza la información, trabajando en parejas. En la cuatro, se reúne el equipo y cada pareja comunica a los demás los datos logrados, se elaboran conclusiones y se hace un reporte. La fase cinco es mediada por el docente y en ella se presenta el informe de cada grupo. Por último se evalúan los aprendizajes individuales y el proceso realizado.

Un aspecto importante del aprendizaje cooperativo es la evaluación. Díaz-Barriga y Hernández (2002) recomiendan que, además de calificar el desempeño académico, se valore el proceso del grupo, las aportaciones de cada integrante, el liderazgo del docente y de los alumnos que coordinaron los equipos. Deben considerarse los beneficios personales y la satisfacción de los estudiantes, así como el ambiente generado en el aula. Este tipo de evaluación debe apoyarse en criterios cualitativos y en la autoevaluación.

Los beneficios que presenta el aprendizaje cooperativo se pueden dividir en dos tipos, los socioafectivos y los académicos. Entre estos últimos, el incremento de la capacidad de retención y de solucionar problemas, son convenientes para el aprendizaje de conceptos científicos. Igualmente, ya se mencionó la necesidad de identificar estrategias de enseñanza que permitan un adecuado aprendizaje. Por consiguiente, se considera conveniente realizar más estudios para conocer los efectos del aprendizaje cooperativo en la enseñanza de las ciencias, especialmente sobre la teoría de la evolución, debido a la importancia de ésta en el estudio de la biología y de las ciencias en general.

En el siguiente apartado se presentan algunas investigaciones que se han realizado para identificar preconcepciones sobre la teoría de la evolución por selección natural. Igualmente, se presentan estudios sobre la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de diferentes áreas de conocimiento.

2.3 Investigaciones Relacionadas

Bishop y Anderson (1990) reportaron uno de los primeros estudios realizados para identificar concepciones de los estudiantes sobre selección natural. El nombre del estudio fue Student Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution y tuvo tres objetivos. Primero, describir las concepciones sobre selección natural y sobre los factores

responsables del cambio evolucionario en preuniversitarios. Segundo, evaluar los efectos de la instrucción en las concepciones de los estudiantes. El tercero, determinar si las concepciones se relacionaban con creer que la selección natural es un hecho histórico.

El estudio realizado fue de tipo cuantitativo y en él participaron 176 estudiantes preuniversitarios que asistían a un curso introductorio de biología, donde se incluían la evolución y la selección natural. Se recolectaron datos al inicio y al final del curso mediante un instrumento de seis preguntas que se desarrolló considerando puntos esenciales sobre evolución y selección natural.

Se identificaron tres tipos de concepciones de los estudiantes sobre la evolución por selección natural. La primera, relacionada al origen y preservación de nuevos rasgos en las poblaciones, ya que los estudiantes creen que es el medio ambiente el causante de los cambios. La segunda, sobre el papel de la variabilidad dentro de una población, al considerar que la evolución cambia a las especies como si éstas fueran unitarias, y no formadas por miembros individuales. La tercera está relacionada con el hecho de que la evolución se efectúa debido a que cambia la proporción de individuos con ciertos rasgos. Los estudiantes creen que la evolución se efectúa porque hay cambios graduales en los rasgos de los individuos.

Además, se identificaron dos términos que confunden a los estudiantes, adaptación y aptitud. Los alumnos creen que los organismos se adaptan durante el tiempo que viven, sin considerar que es un fenómeno poblacional donde los cambios se presentan después de varias generaciones gracias a la selección natural. Respecto a la aptitud, consideran que el organismo más apto es el más fuerte o más grande, sin considerar que es aquél que tiene las mejores características para dejar descendientes que también las posean.

No se encontró ningún efecto de instrucciones previas sobre las concepciones de los estudiantes, aunque si la hubo después del curso efectuado durante el estudio. Se notó una disminución de las concepciones erróneas, lo cual puede deberse a que el curso fue diseñado para erradicarlas. Respecto al efecto de la instrucción sobre las creencias sobre la evolución, prácticamente no se detectó ningún cambio y no se encontró relación entre las concepciones de los estudiantes con sus creencias sobre la veracidad de la evolución.

El estudio de Bishop y Anderson (1990) marcó la pauta para tratar de identificar preconcepciones sobre el evolucionismo en estudiantes de diferentes niveles, desde secundaria hasta estudiantes universitarios, e incluso en profesores. Por ejemplo, el estudio *Seeing May Not Mean Believing: Examining Students' Understandings & Belief in Evolution* (Cavallo y McCall, 2008) tuvo como objetivo general explorar los patrones e interrelaciones entre las creencias de los estudiantes sobre la teoría de la evolución y la naturaleza de la ciencia y sus entendimientos conceptuales de la evolución.

Los objetivos específicos fueron examinar la medida en que las creencias sobre la naturaleza de la ciencia y la evolución, así como el entendimiento de esta última, pueden ser cambiadas durante la instrucción. Explorar las relaciones entre las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias, la evolución y los entendimientos de la evolución antes y después de la instrucción. Investigar las diferencias en el entendimiento de los estudiantes sobre la evolución de acuerdo con sus creencias sobre la naturaleza de las ciencias (fija o tentativa) y la evolución (alta o baja). Para cumplir los objetivos, se realizó un estudio cuantitativo con 81 estudiantes (37 hombres y 44 mujeres) de edad promedio de 14.5 años. Los participantes cursaban el noveno grado de una secundaria del medio oeste de los Estados Unidos y recibían el curso de biología de primer año.

Los datos se recolectaron antes de la instrucción del tema de la evolución, la cual duró cuatro semanas, para tener un punto de partida sobre las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias y la evolución. Después de la instrucción, se aplicaron los instrumentos para identificar si hubo cambios en las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias y su entendimiento del evolucionismo. En el estudio se utilizaron tres instrumentos. Para identificar las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias se utilizó un cuestionario sobre conocimiento de ciencias. Este instrumento contiene 16 preguntas que pueden ser respondidas con una escala de Likert de cuatro puntos. Si se obtiene un puntaje bajo en este cuestionario, indica que el estudiante considera que las ciencias son fijas y un puntaje alto que son tentativas.

Con el fin de identificar la aceptación de los estudiantes de la teoría de la evolución, se utilizó un cuestionario de 22 preguntas. Éste, también está basado en una escala de Likert, pero en este caso contiene cinco puntos. En este caso, un puntaje alto indica una gran aceptación del evolucionismo. Se utilizó un tercer cuestionario para identificar el entendimiento de la evolución. En este cuestionario, el máximo puntaje es de 20 unidades y, a mayor puntaje, mayor entendimiento. Al realizar el análisis estadístico de los resultados obtenidos en los instrumentos, no se encontró diferencia significativa entre las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias antes y después de la instrucción. Tampoco la hubo en la aceptación de la teoría de la evolución. Sin embargo, si se identificó un cambio positivo respecto al entendimiento del tema.

Por otra parte, se encontraron correlaciones positivas entre las creencias de los estudiantes sobre la naturaleza de las ciencias y aceptación de la evolución, antes y después de la instrucción. También la hubo en su entendimiento del tema, tanto antes

como después de la instrucción. Sin embargo, al analizar los resultados obtenidos después de la instrucción, no hubo diferencia significativa en el entendimiento de la evolución de acuerdo a sus creencias sobre la naturaleza de las ciencias o la aceptación de la teoría.

Ross H. Nehm y Leah Reilly realizaron una investigación con el objetivo de identificar el conocimiento y concepciones erróneas de estudiantes de biología de segundo semestre que pretenden un diploma en biología (Nehm y Reilly, 2007). La investigación se centró en tratar de responder las siguientes preguntas. ¿Qué magnitud de conocimiento y de concepciones erróneas sobre la selección natural tienen los estudiantes de biología de segundo semestre al inicio de las clases?, ¿Cuánto conocimiento sobre selección natural se obtuvo durante el curso utilizando el aprendizaje activo?, ¿Qué niveles de conocimiento y concepciones erróneas sobre la selección natural caracterizan a los estudiantes de biología después de un año de instrucción?

El nombre del estudio fue Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection y fue de tipo cuantitativo, realizado con 182 estudiantes de un Colegio de Biología localizado en un área urbana del noreste de Estados Unidos. 82 de éstos pertenecían a un grupo de aprendizaje activo y 100 al de aprendizaje tradicional. La edad media de los estudiantes fue de 21 años y un 61% fueron mujeres. Se aplicó un cuestionario de seis preguntas abiertas donde cada una de ellas podía ser contestada hasta en media página. Se calculó una duración de la prueba de 25 minutos o menos. Las respuestas a este cuestionario fueron codificadas para identificar conceptos clave sobre selección natural y concepciones erróneas, así como las magnitudes de éstas últimas.

Antes del curso, prácticamente no había diferencia entre los estudiantes de uno y otro grupo respecto al uso de conceptos clave diferentes en selección natural y en

diversidad de concepciones erróneas. Después del curso, un 70% de estudiantes del grupo de aprendizaje activo utilizaban más de cuatro conceptos clave, mientras que en el grupo de aprendizaje tradicional solo lo hacía el 58%. Además, en el grupo de aprendizaje activo existía mayor diversidad de estos conceptos. Respecto a las concepciones erróneas, después del curso, un 30% de estudiantes del grupo de aprendizaje activo carecía de éstas, comparado con un 14% del grupo de aprendizaje tradicional. Es necesario añadir que este estudio es el único que se encontró en el cual se aplican técnicas cooperativas para lograr el aprendizaje del evolucionismo y la erradicación de concepciones erróneas.

Gregory y Ellis (2009) realizaron un estudio de nombre *Conceptions of Evolution among Science Graduate Students*. La investigación tuvo como objetivo examinar el grado de aceptación de la evolución en una muestra de estudiantes de posgrado de Canadá que trabajan en diferentes disciplinas científicas. Se pretendía evaluar su nivel de comprensión de los mecanismos evolutivos y conocer sus puntos de vista sobre los patrones a gran escala de la historia de la vida. El estudio fue cuantitativo y participaron 186 estudiantes de posgrado, de los cuales 41 pertenecían al College of Biological Science, 36 del College of Physical and Engineering Science, 76 del Ontario Agricultural College y 33 del Ontario Veterinary College.

Se aplicó un cuestionario en línea de 32 preguntas dividido en cuatro partes. En la primera, se pedía información sobre estudios previos y creencias sobre evolución. En la segunda, se escogían opciones sobre aspectos biológicos. En la tercera, se identificaban creencias sobre la evolución y, en la cuarta, los estudiantes debían explicar mecanismos evolutivos. Los resultados del estudio mostraron que el 70% de los estudiantes consideran la evolución como un hecho científico y el 4% lo rechazan. El 87% considera importante

el entendimiento de la evolución para entender el mundo natural. En general, los estudiantes exhibieron un buen entendimiento de los mecanismos evolutivos. La concepción errónea más común está relacionada con la creencia de que los organismos adquieren características y que la evolución es un proceso progresivo inevitable.

También se han realizado investigaciones para identificar concepciones de los profesores sobre la teoría de la evolución. Una de ellas es la realizada por Elsa Meinardi y Agustín Adúriz-Bravo, que se llamó Encuesta sobre la vigencia del pensamiento vitalista en los profesores de ciencias naturales (Meinardi y Adúriz Bravo, 2002). Este estudio tuvo dos objetivos, conocer qué tipo de explicaciones (causales o teleológicas) privilegian los profesores secundarios de ciencias naturales y de biología en la enseñanza de esta disciplina y obtener datos acerca de si un profesor de física o de química está preparado para impartir temas de biología con un enfoque evolutivo.

Se realizó una investigación cuantitativa con la participación de 108 profesores de ciencias de Buenos Aires, Argentina. Los docentes tenían diferente preparación. Algunos con formación universitaria (estudiantes de profesorado universitario), otros profesores en física, química o biología egresados de diferentes instituciones. Un tercer grupo eran profesionales formados en carreras no docentes que fueron habilitados para impartir clases de biología en escuelas de nivel medio. Entre éstos había ingenieros agrónomos, veterinarios, médicos, bioquímicos, etc. Se empleó un instrumento conformado por una pregunta de respuesta abierta y tres preguntas de respuesta semiabierta. Las preguntas trataron de identificar las concepciones sobre evolución y selección natural.

Se observó un porcentaje muy bajo de respuestas correctas. Solo dos preguntas tuvieron un porcentaje de aciertos mayor al 50%. Los porcentajes de las otras preguntas

fueron 37% y 22%. Se menciona que los estudiantes frecuentemente dan explicaciones teleológicas para algunos fenómenos, pero no se explica su origen. Se cree que al investigar sobre la comprensión de los profesores sobre el fenómeno, se puede encontrar el origen de estas explicaciones. También, si los profesores toman conciencia del tipo de explicaciones que emplean en sus clases, podrán mejorar sus estrategias de enseñanza.

Otro estudio enfocado en identificar las concepciones de los maestros sobre el evolucionismo, fue el realizado por Michael L. Ruthledge y Melissa A. Mitchell. El nombre de la investigación fue High School Biology Teacher's Knowledge Structure, Acceptance & Teaching of Evolution (Ruthledge y Mitchell, 2002). El objetivo de la investigación fue explorar las concepciones y estructuras del conocimiento sobre la evolución que tienen los profesores, considerando su aceptación de la teoría de la evolución y su preparación académica.

La investigación fue de tipo mixto. Como instrumento se utilizó un cuestionario de seis preguntas para conocer la preparación académica de los profesores, su aceptación de la teoría y el tiempo que le dedican al tema durante el curso. Su entendimiento conceptual se evaluó pidiéndoles que elaboraran un mapa de conceptos sobre la evolución. El cuestionario se envió a 989 profesores de biología de diferentes escuelas públicas de educación secundaria de Indiana. Fue contestado por 552 maestros y 235 elaboraron el mapa conceptual. Las respuestas al cuestionario se evaluaron estadísticamente. Respecto a los mapas conceptuales, se dividieron en tres grupos, dependiendo del grado de aceptación de la teoría que presentaba el maestro que lo elaboró. Los grupos obtenidos fueron no aceptación de la teoría, sin decisión y aceptación total. A continuación, se identificaron los conceptos y conectores en cada uno de los mapas.

Se observó que un 67% de los maestros acepta la teoría de la evolución. Éstos le dedican más tiempo a su enseñanza y elaboraron mapas conceptuales con 14 conceptos y 16 enlaces en promedio. Los profesores que no aceptan la teoría fueron el 19%. Éstos elaboraron mapas con un promedio de 5.7 conceptos y de 4.8 enlaces. El 27% de los profesores estaban indecisos sobre su aceptación o rechazo de la teoría. Elaboraron mapas con 10 conceptos y 12 enlaces en promedio. Los resultados sugieren que la teoría no recibe el apropiado énfasis en el currículum. Además, la preparación y creencias de los profesores influyen en su aceptación de teoría y se refleja en la forma en que la enseñan.

Se encontró un estudio realizado en nuestro país relacionado con concepciones de los estudiantes sobre la evolución, de nombre Comprensión y malentendidos del concepto de selección natural en estudiantes universitarios (Millán et al., 1997). Su objetivo fue identificar los grados de comprensión sobre la selección natural en estudiantes universitarios de Biología Marina que cursaban del primero a noveno semestre. El estudio fue cuantitativo y se realizó con 108 estudiantes, 61 hombres y 46 mujeres, inscritos en la carrera de Biología Marina de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Como instrumento de medición se utilizó un problema relativo al desarrollo de aletas en el delfín a partir de las patas de sus antepasados terrestres. Este problema tenía que ser resuelto gracias a los conocimientos de los estudiantes sobre selección natural. A fin de identificar el grado de comprensión sobre el tema, se generaron 12 combinaciones de respuestas, considerando diferentes aspectos de la selección natural. Cada una de las combinaciones reflejaba un distinto grado de comprensión de la selección natural. Este grado de comprensión podía variar entre una total incomprensión hasta una correcta comprensión, pasando por diferentes tipos de comprensiones.

El 27% de los estudiantes mostró una comprensión correcta del tema y un 40% una total incomprensión. Dentro de los puntos intermedios se encontró que el 8% de los estudiantes tienen una comprensión incompleta y un 12% tienen malentendidos sobre la selección natural. Se observó que en los primeros tres semestres de la carrera predominan las respuestas incorrectas, situación que se invierte en los últimos tres. Sin embargo, aun en estos semestres es muy alto el porcentaje de estudiantes con concepciones erróneas.

La investigación *El Aprendizaje Cooperativo como estrategia de Enseñanza-Aprendizaje en Psicopedagogía (UC): repercusiones y valoraciones de los estudiantes* (González y García, 2007) se relaciona con el impacto que tiene el aprendizaje cooperativo como técnica de enseñanza. El estudio tuvo cuatro los objetivos. Valorar el trabajo cooperativo como instrumento para adquirir conocimiento a partir de la relación de los estudiantes con otros seres humanos y con el medio. Comparar el grado de desarrollo de habilidades socio-profesionales en los estudiantes a través del aprendizaje tradicional y del cooperativo. Conocer la opinión de los estudiantes que han desarrollado los contenidos de una asignatura por una metodología cooperativa. Reconocer ventajas y desventajas del trabajo cooperativo desde el punto de vista de los estudiantes implicados.

La investigación fue cuantitativa y participaron 39 estudiantes (87% mujeres y 13% hombres) con edades de entre 21 y 55 años que cursaban el primer curso de la titulación del segundo ciclo de Psicopedagogía de la Universidad de Cantabria. Se utilizó un cuestionario dividido en tres partes. La primera tenía 10 ítems y los estudiantes debían valorar comparativamente el grado de desarrollo individual en cada una de las 10 habilidades planteadas en la asignatura, comparando los cursos donde se usó metodología cooperativa o expositiva. La segunda parte tenía 15 ítems y se valoraba la metodología

cooperativa respecto a recursos materiales, objetivos, interacciones grupales, evaluación y autoevaluación, etc. La tercera parte eran tres preguntas donde se debían indicar tres aspectos positivos, tres negativos y tres alternativas para mejorar la metodología.

Se encontró que los alumnos perciben que tienen un mejor rendimiento con el aprendizaje cooperativo, especialmente en habilidades comunicativas, análisis, reflexión, crítica constructiva, implicación, creatividad y autoevaluación. Sin embargo, los estudiantes no desestiman al aprendizaje tradicional en la consecución de habilidades como capacidad de síntesis, autonomía y planificación. Igualmente, las relaciones interpersonales entre los estudiantes y con el profesorado fueron más enriquecedoras y comprometidas en el aprendizaje cooperativo. Los encuestados manifestaron tener una mayor carga de trabajo en el aprendizaje cooperativo, en relación con el aprendizaje tradicional. Pero, esto les ayudó en la comprensión y fijación de los contenidos.

El propósito del estudio *The effects of cooperative learning experience on eighth grade students' achievement and attitude toward science* (Köse et al., 2010) fue identificar los efectos de la técnica de aprendizaje cooperativo *Aprendiendo Juntos* en los logros y actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, en comparación a aquellos que recibieron instrucción directa. La investigación fue cuantitativa y en ella participaron 68 estudiantes de octavo grado de una escuela de Denizli, Turquía. En el grupo experimental había 18 niños y 15 niñas, mientras que en el control 13 niñas y 22 niños con 14 años de edad en promedio. Los grupos se eligieron aleatoriamente y en el primero la instrucción se realizó utilizando el aprendizaje cooperativo y en el segundo la enseñanza tradicional.

Se utilizaron dos instrumentos para la recolección de datos, uno para medir los logros en las ciencias, específicamente en el tema *Reproducción y Desarrollo de*

Organismos Vivos. El otro, para medir la actitud hacia la ciencia. El primer instrumento constaba de 35 preguntas de opción múltiple y el segundo consistía en 20 ítems que debían responderse mediante una escala de Likert de cinco puntos. El tema se desarrolló durante cinco semanas, incluyendo la administración previa y la posterior de los instrumentos y se trabajó con grupos cooperativos de siete alumnos.

Respecto a los logros en el aprendizaje, en la prueba previa no hubo diferencia significativa en los resultados obtenidos por el grupo experimental y de control, pero, si la hubo en los resultados obtenidos en la prueba realizada después de la instrucción. En este caso, los logros son significativamente mayores en el grupo experimental, aunque ambos grupos mejoraron después de la instrucción. En la actitud hacia la ciencia, antes de la instrucción hubo diferencia estadísticamente significativa entre ambos grupos, teniendo el grupo control una mejor actitud. Al finalizar la instrucción, la actitud de los estudiantes hacia la ciencia mejoró en el grupo experimental, pero disminuyó en el de control. Se puede concluir que el aprendizaje cooperativo tiene un efecto positivo tanto en el aprendizaje, como en las actitudes de los estudiantes hacia la educación científica.

La investigación llamada *The Impacts Of Cooperative learning on Anxiety And Proficiency In An EFL Class* (Suwantarathip y Wichadee, 2010) tuvo como objetivos comparar los resultados promedio de la ansiedad que produce el aprendizaje antes y después de utilizar aprendizaje cooperativo. Comparar los resultados promedio en la competencia del idioma inglés antes y después de realizar actividades de aprendizaje cooperativo y examinar las opiniones de los estudiantes hacia este último. El estudio realizado fue mixto y en él participaron 40 estudiantes de un curso del idioma inglés.

Se utilizaron tres instrumentos para la recolección de datos. Para medir los niveles de ansiedad se utilizó una prueba de 33 ítems, que debían responderse mediante una escala de Likert de cinco puntos. Para medir la competencia en el idioma inglés se usó una prueba que incluía lectura y escritura en la que se podían obtener hasta 30 puntos. El tercer instrumento constaba de dos preguntas abiertas para de conocer la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje cooperativo. Los instrumentos se aplicaron antes y después de la instrucción. Además, se utilizaron tres tipos de actividades de aprendizaje cooperativo, Par que comparte, Jefes numerados juntos y Revisión entre pares.

Se hizo análisis estadístico a los datos obtenidos respecto a la ansiedad y eficiencia. Se observó diferencia significativa en los niveles de ansiedad antes y después del uso del aprendizaje cooperativo, notándose una disminución en ésta. Respecto a la competencia en el idioma inglés, fue notoria la diferencia al usar aprendizaje cooperativo, ya que los alumnos que trabajaron con esta técnica mejoraron notablemente en esta área. Los estudiantes comentaron que la técnica los hacía sentir relajados y felices.

Son varias las investigaciones efectuadas para identificar las concepciones sobre el evolucionismo, pero la mayoría se enfocan en estudiantes pre y universitarios. Existen menos estudios para conocer estrategias de instrucción que permitan erradicarlas y lograr el entendimiento conceptual de este tema. Por otro lado, las investigaciones realizadas sobre los efectos del aprendizaje cooperativo durante la instrucción, se centran en aspectos emocionales y socioafectivos. Son pocas las que investigan el impacto de éste en las ciencias y menos aún, en el entendimiento de la evolución. En consecuencia, es necesario investigar el efecto del aprendizaje cooperativo en el entendimiento conceptual del evolucionismo en alumnos que inician su educación secundaria.

Capítulo 3. Metodología

A continuación, se desarrolla la metodología empleada durante la realización del estudio. Se justifica el hecho de que se utilizó un enfoque cuantitativo con un diseño cuasiexperimental y se muestran las categorías y variables que se estudiaron. De igual forma, se presentan las características de la población y, en consecuencia, el tipo de instrumento de medición usado. También, se indican las condiciones en las que se realizó la prueba piloto, así como las fechas en que se hizo. Por último, se comenta la forma en que se analizaron los resultados, tanto de la prueba piloto como del estudio.

3.1 Método de investigación

La investigación aquí presentada se realizó utilizando una metodología cuantitativa. Se decidió utilizar este enfoque debido a las características de la investigación y del método. Respecto a éste último, Hernández, Fernández y Baptista (2010) mencionan que en el enfoque cuantitativo en la investigación el problema a estudiar es concreto. Además, gracias al marco teórico construido a partir de la revisión de literatura, se pueden formular hipótesis que deberán ser corroboradas o refutadas con los resultados que se obtengan en la investigación. Añaden que la recolección de datos está fundamentada en la medición numérica de las variables contenidas en la hipótesis y que para realizarla se utilizan procedimientos normalizados. Por último, indican que los datos (valores) obtenidos deben analizarse estadísticamente.

Por otra parte, al considerar la pregunta de investigación del estudio, ¿Cuál es el efecto del trabajo cooperativo en el entendimiento conceptual del tema de evolución en estudiantes de primero de secundaria?, se observa que, a fin de contestarla, se debe usar un método cuantitativo. En este caso, el problema a estudiar es concreto y se tienen

variables que deberán ser comparadas. Éstas últimas son *trabajo cooperativo y entendimiento conceptual del evolucionismo*.

De igual forma, Hernández et al. (2010) indican que las fases en que se debe realizar un estudio cuantitativo deben tener un orden determinado. Proponen que una investigación de este tipo debe realizarse en 10 etapas (Hernández et al., 2010, p. 5):

- Idea
- Planteamiento del problema
- Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico
- Visualización del alcance de estudio
- Elaboración de hipótesis y definición de variables
- Desarrollo del diseño de investigación
- Definición y selección de la muestra
- Recolección de los datos
- Análisis de los datos
- Elaboración del reporte de resultados

Durante el estudio aquí presentado se siguieron las fases y el orden antes mencionados. En un principio se tuvo la idea y se generó un problema a partir de ésta. A continuación se realizó una revisión de literatura sobre el tema y a partir de ésta se desarrolló un marco teórico que permitió visualizar el alcance del estudio, elaborar hipótesis y definir variables. Las etapas hasta aquí mencionadas se presentan en los primeros dos capítulos.

Hernández et al. (2010) mencionan que el diseño de la investigación es el plan desarrollado para obtener la información requerida en la investigación, existiendo diseños

de investigación experimental y no experimental. Los experimentos son estudios donde se manipulan variables (independientes) y se observan sus efectos sobre otras variables (dependientes) en una situación controlada. Mencionan que el grado más bajo de manipulación es la presencia-ausencia de la variable independiente, y, cuando menos se requieren dos grupos para la experimentación. El experimental, que se expone a la variable independiente, mientras que el otro grupo (control), no es expuesto. El control y validez del experimento se logra cuando los grupos sobre los que se manipula la variable independiente son equivalentes en todo, menos en la manipulación.

Hernández et al. (2010) añaden que para lograr la equivalencia inicial de los grupos se puede utilizar la asignación al azar de los participantes de cada grupo. Cuando los grupos ya se encuentran formados y es imposible asegurar su equivalencia, entonces se deberá utilizar un diseño cuasiexperimental. En este caso, para tratar de lograr la validez, se debe asignar aleatoriamente el grupo sobre el que se manipulará la variable independiente. Por consiguiente, la presente investigación se realizó siguiendo un diseño cuasiexperimental, ya que los grupos de estudiantes son formados por la institución conforme los alumnos se inscriben.

Una vez determinado el diseño de la investigación, se estableció la muestra y se recolectaron los datos utilizando diferentes instrumentos, cuyo desarrollo también se presenta. Posteriormente, los datos se analizaron estadísticamente, con el fin de determinar si hubo una diferencia real entre la instrucción del evolucionismo mediante trabajo cooperativo y la instrucción tradicional. Finalmente, se reportaron los resultados obtenidos con la investigación.

En el siguiente apartado se presentan las características de los participantes en la investigación. De estas características se indica el grado académico y la edad promedio. Igualmente, se menciona la proporción de niños y niñas en cada grupo.

3.2 Población y muestra (Participantes)

De acuerdo a las definiciones de Hernández et al. (2010), en el presente estudio, la población a estudiar fueron los alumnos de primero de secundaria de una escuela privada de la ciudad de Córdoba, Veracruz. Esta población se determinó porque en el grado de estudios mencionado se cursa la materia de Ciencias 1-Biología, en la cual se debe instruir la teoría de la evolución por medio de la selección natural. Además, se utilizó una muestra dirigida que coincide con el total de la población.

La muestra se encontraba dividida en dos grupos de 24 alumnos cada uno sobre cuya formación no se tuvo control. Por consiguiente, para tratar de asegurar la validez interna del estudio, se determinó aleatoriamente el grupo experimental y el de control. La edad promedio de los participantes fue de 12.5 años y el grupo experimental estaba formado por 12 niños y 12 niñas. El grupo control estaba integrado por 10 niños y 14 niñas. Como ya se mencionó, todos los alumnos pertenecen a la clase media alta y alta.

A continuación se presentan los dos temas principales del estudio. Así mismo, se muestra cómo a partir de éstos se desarrollaron las categorías e indicadores de cada uno, hasta llegar a las preguntas correspondientes.

3.3 Temas, categorías e indicadores de estudio

La idea central que se trató en la investigación es la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de los conceptos sobre la teoría de la evolución por selección natural. Por lo tanto, los dos temas principales que se estudiaron fueron el

trabajo cooperativo y los conceptos centrales de la teoría de la evolución. Respecto al primero, se pretendió observar el comportamiento, interacción y actitudes de los alumnos cuando trabajan cooperativamente, y su influencia en el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural. Acerca del segundo, además del entendimiento y aprendizaje de los conceptos, se trató de identificar las concepciones de los estudiantes sobre el tema.

Como ya se mencionó, uno de los temas del estudio fue el trabajo cooperativo. A continuación se presentan las categorías e indicadores que se desarrollaron a partir de este tema.

3.3.1 Trabajo cooperativo.

Díaz-Barriga y Hernández (2002) refieren que el Centro de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad de Minnesota ha propuesto 18 pasos que debe seguir el docente para realizar la instrucción mediante trabajo cooperativo. Estos pasos se muestran en el Apéndice A y durante la instrucción del evolucionismo en el grupo experimental se tomaron en cuenta. Al inicio del tema se les explicó a los estudiantes la forma en que se trabajaría el mismo, mencionando las características del trabajo cooperativo. De igual forma, se establecieron claramente los objetivos, tanto en lo que se refiere a este último, como en lo relativo al aprendizaje.

Debido a la edad de los alumnos y con el fin de que todos participaran activamente durante las sesiones, se decidió trabajar con grupos de cuatro estudiantes. Estos equipos fueron formados al inicio de cada sesión de forma aleatoria, tratando que se tuvieran grupos heterogéneos que, además, fueran diferentes cada día. Para hacerlo, se pidió a los estudiantes que contaran del uno al siete y el octavo inició nuevamente el conteo. El

número que haya contado cada alumno correspondió al del equipo al cual pertenecería. A fin de evitar coincidencias (dentro de lo posible) en los integrantes de cada grupo, el conteo se inició desde diferentes puntos del salón cada día.

Una vez asignados los equipos, se acomodaron los pupitres de tal forma que se facilitó el trabajo grupal y se repartió el material con el que trabajaron los grupos. Este material se muestra en el Apéndice C y se encuentra dividido en las 10 sesiones de 60 minutos cada una que fueron necesarias para el aprendizaje del tema.

A continuación se estableció el papel que cada miembro del equipo desempeñaría durante la sesión, considerando los roles presentados en el Apéndice B. Debido a que se trabajó con equipos de cuatro estudiantes, y se asignaron dos funciones a cada integrante, según lo recomendado por Díaz-Barriga y Hernández (2002). Los papeles se repartieron de la siguiente manera:

- Compendiador y narrador, que resumía las conclusiones del grupo y pedía a los integrantes que relacionaran los nuevos conceptos con el aprendizaje previo.
- Inspector y entrenador, que se cercioró de que todos los integrantes pudieran explicar cómo se llegaba a cierta conclusión y corregía los errores de estas explicaciones.
- Investigador-mensajero y animador, que conseguía el material necesario para trabajar y reforzaba las contribuciones de los integrantes. Además, era el enlace con los otros equipos y con el instructor.
- Registrador y observador, que escribía el reporte del trabajo y cuidaba que el equipo trabajara de manera adecuada.

El siguiente punto fue explicar la tarea a realizar, poniendo énfasis en lo que se pretendía conseguir individual y grupalmente mediante el trabajo e interdependencia positiva del equipo. Para lograrla, Díaz-Barriga y Hernández (2002) recomiendan que se pida al grupo un solo producto como resultado de su trabajo. En cada una de las sesiones se pidió un producto diferente, dependiendo de lo tratado en ella. Los productos fueron carteles, dibujos, cuadros sinópticos, etc. En esta parte de la sesión, también se especificó lo que sería considerada una actividad exitosa, así como los comportamientos que se esperaban por parte de los integrantes.

Durante las sesiones se proporcionó a los alumnos asistencia en relación con la actividad y se observó su conducta, al igual que el funcionamiento de los grupos. Para hacerlo, se siguieron las recomendaciones de Díaz-Barriga y Hernández (2002), tratando de contestar las siguientes preguntas (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 121):

- ¿Cómo están trabajando en lo individual cada uno de los estudiantes dentro del grupo? ¿Se muestran implicados, motivados, responsables?
- ¿En qué medida las preguntas y asuntos importantes están siendo discutidos de manera inteligente por los miembros del grupo?
- ¿Hay estudiantes que parecen estar tomando la iniciativa la mayor parte del tiempo?
- ¿Hay estudiantes que se sienten inhibidos para hablar aun en el contexto del grupo pequeño?
- ¿Hay estudiantes que tienden a dominar la discusión e imponerse a los demás?
- ¿Hay alumnos que parecen demasiado ansiosos en aceptar lo que otros han dicho, mostrándose pasivos o renuentes a expresar su propio punto de vista?

- ¿Hay personas o grupos que parecen “correr” con las cuestiones a resolver o las actividades a realizar, revisándolas sólo brevemente, con un mínimo de profundidad en su análisis?
- ¿Algún grupo o alumno tiende a salirse del tópico, divagando en anécdotas personales no relevantes a la tarea o asunto a discutir?
- ¿El “clima” del grupo se caracteriza por el respeto mutuo, la aceptación y la empatía; o, por el contrario, hay segregación, rechazo, exclusión, presión o competencia destructiva, y apatía?

Finalmente, se hizo el cierre de la sesión y se valoró el funcionamiento del grupo. Esta evaluación es imprescindible e implica una “reflexión compartida entre el docente y los equipos de trabajo” y requiere “conjugar los aspectos cuantitativos y cualitativos del aprendizaje logrado por los alumnos” (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 120). Por lo tanto, además del funcionamiento del grupo mediante trabajo cooperativo, se evaluó la cantidad y calidad del aprendizaje logrado por cada estudiante.

Ya se mencionó que el otro tema de estudio es el aprendizaje de los conceptos centrales de la teoría de la evolución por selección natural. En el siguiente apartado se muestran las categorías e indicadores que se desarrollaron a partir de este tema, incluyendo las preconcepciones.

3.3.2 Preconcepciones y aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural.

Los conceptos de la teoría de la evolución por selección natural que se consideran fundamentales y que ya fueron definidos y explicados anteriormente son:

- Especie

- Población
- Adaptación
- Variabilidad
- Selección Natural, conformada por cuatro puntos: la sobreproducción de individuos en una especie, la variabilidad que existe entre éstos, la lucha por la existencia y la supervivencia del más apto.
- La evolución se presenta en las poblaciones, aunque los cambios genéticos se presenten en los individuos.
- Los cambios genéticos se presentan espontáneamente por mutaciones y recombinación genética, pero es el proceso de selección natural el que permite que algunos individuos de la población se adapten.
- Importancia de las pruebas de la evolución.
- Relación entre adaptación y evolución.

Con el fin de evaluar si hubo o no aprendizaje durante la instrucción, se tuvieron en cuenta los conceptos hasta aquí mencionados. Por otra parte, se han identificado diferentes concepciones sobre el evolucionismo por parte de los estudiantes y se ha reconocido su influencia en el aprendizaje del tema (Bishop y Anderson, 1990; Hernández y Ruiz, 2000; Kalinowski et al., 2010). Considerando lo anterior, se pensó que era importante identificar las concepciones de los alumnos antes de la instrucción y, después de ésta, con el fin de verificar si hubo cambio o no en las mismas. Para hacerlo, se partió de las concepciones comunes que han sido reportadas. Por ejemplo, Bishop y Anderson (1990) identificaron las siguientes:

- Los cambios en los rasgos se deben a que los organismos necesitan adaptarse y lo hacen (en lugar de las mutaciones y la recombinación sexual).
- No se da importancia a la variabilidad poblacional y ni al hecho de que solo se reproducen los individuos que sobreviven y llegan a la edad adulta.
- Considerar que los nuevos rasgos se presentan en toda la población y ésta va cambiando gradualmente.
- Creer que los individuos se adaptan durante su vida debido a las influencias del medio.
- Creer que la aptitud de los organismos se relaciona con mayor tamaño o fuerza, en lugar de la capacidad genética de producir descendientes con características favorables.

Gregory y Ellis (2009) identificaron una concepción más:

- Creer que la evolución es un proceso direccionado y progresivo.

Las concepciones identificadas por Nehm y Schonfeld (2007), además de las encontradas por Bishop y Anderson (1990), son:

- El evolucionismo necesita ser demostrado, porque es una teoría y no una ley.
- Las mutaciones siempre son dañinas.
- Los hombres convivieron con los dinosaurios.
- Cuando se pierde algún rasgo, otro se intensifica o surge y esto se transmite a los descendientes.

A continuación se explica cómo se desarrollaron los instrumentos que se utilizaron para la recolección de datos. Se indican los pasos seguidos en el desarrollo, así como la categoría e indicador que se pretende indagar con cada instrumento y pregunta.

3.4 Técnicas de recolección de datos

Como se comentó anteriormente, la investigación realizada fue de tipo cuantitativo con un diseño cuasiexperimental. Según Hernández et al. (2010), en los estudios de este tipo se aplica un instrumento con el fin de medir las variables. Para ellos, un instrumento de medición es un “recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (Hernández et al., 2010, p. 200). Añaden que el instrumento de medición debe ser confiable, es decir, que cuando se use repetidamente con el mismo objeto o individuo, el resultado será el mismo. También debe ser válido para que mida la variable deseada y debe ser objetivo, a fin de que los resultados no sean influenciados por el investigador, por quien lo administre o por quien lo interprete.

Hernández et al. (2010) indican que se pueden utilizar diversos instrumentos de medición, por ejemplo las escalas de actitudes y los cuestionarios. Respecto a las primeras, indican que la “actitud es una predisposición aprendida para responder coherentemente de una manera favorable o desfavorable” (Hernández et al., 2010, p. 244) ante algún estímulo y se relaciona con el comportamiento que manifiesta. Señalan que para medir mediante escalas las variables de las actitudes, puede usarse el escalamiento de Likert, el diferencial semántico o la escala de Guttman. Al primero lo definen como un “conjunto de ítems que se presentan en forma de afirmaciones para mediar la reacción del sujeto en tres, cinco o siete categorías” (Hernández et al., 2010, p. 245).

Hernández et al. (2010) definen a los cuestionarios como “un conjunto de preguntas respecto de una o más variables” (Hernández et al., 2010, p. 217). Mencionan que pueden ser de preguntas abiertas o cerradas, siendo las últimas “aquellas que contienen opciones de respuesta previamente delimitadas” (Hernández et al., 2010, p. 217). Las preguntas

deben ser comprensibles para los participantes, elaboradas con lenguaje sencillo y, dentro de lo posible, breves.

Hernández et al. (2010) añaden que los cuestionarios pueden aplicarse proporcionándoselos a los participantes (autoadministrados) o por medio de una entrevista, ya sea personal o vía telefónica, e incluso por medio del internet. También se debe considerar la población a la que se aplicará el cuestionario, sus edades, su nivel de lectura y educativo. Indican que cuando ésta es de estudiantes, conviene aplicar cuestionarios autoadministrados.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado y el hecho de que el estudio se realizó con estudiantes de primero de secundaria cuya edad promedio era de 12.5 años, se optó por utilizar un instrumento con escalamiento tipo Likert de tres categorías de respuesta. Esto, con el fin de evaluar el sentir y reacción de los estudiantes respecto al trabajo cooperativo, así como su interacción con los demás integrantes del equipo. Este instrumento se realizó adaptando los mostrados por González y García (2007) y por Díaz-Barriga y Hernández (2002), y se presenta en el Apéndice D. Contiene 10 preguntas y se pueden obtener entre 10 y 30 puntos. A mayor puntaje, más a gusto se sintió el estudiante trabajando cooperativamente.

Además, en cada una de las sesiones se les entregó a los alumnos un formato de auto y co-evaluación, el cual debían llenar al finalizar cada clase. Éste se presenta en el Apéndice E y es una adaptación del propuesto por Woods y Chen (2010). Fue llenado por cada uno de los integrantes del equipo y aprobado por los demás y devuelto al profesor. El mismo, contiene cinco ítems para evaluar con una escala de uno a 10 cada uno, y, a mayor puntaje, mejor sería la evaluación del integrante.

Las observaciones y evaluación de la interdependencia positiva, cooperación intergrupo, conducta de los estudiantes, sus habilidades de colaboración y el funcionamiento del grupo, se realizaron con base en el instrumento mostrado en el Apéndice F. Dicho instrumento se elaboró atendiendo a las recomendaciones de Díaz-Barriga y Hernández (2002) y a lo presentado por Glinz (2005) y fue utilizado por el instructor, en cada una de las sesiones y para cada uno de los equipos. Se realizó utilizando una escala de Likert de cinco categorías, contiene 12 preguntas y se pueden obtener entre 12 y 60 puntos. En éste, un puntaje alto indica que se logró un buen trabajo cooperativo. Además, la información obtenida pudo ser contrastada con la del Apéndice E. En la Tabla 1 se presentan las categorías que corresponden al trabajo cooperativo, sus indicadores y las preguntas del instrumento con el que fueron valoradas.

Por otra parte, con el fin de identificar preconcepciones y conocimientos sobre la teoría de la evolución por selección natural, también se elaboró un cuestionario de 20 preguntas con tres opciones de respuesta. De estas 20 preguntas, nueve corresponden a preconcepciones, 10 a conocimientos y una de ellas comprende las dos categorías. En el Apéndice G se presenta la tabla con la cual se desarrolló el cuestionario. En la misma, se indica la variable que se pretende medir y la pregunta correspondiente a esa variable. En el mismo apéndice se muestra la codificación para cada opción de respuesta, cuyos valores numéricos posibles son uno, dos o tres.

De esta codificación, en el caso de las preguntas mediante las cuales se trató de identificar las preconcepciones, un valor de tres corresponde a una preconcepción correcta, de dos, parcialmente cierta, de uno, errónea. Por consiguiente, un promedio alto

en estas preguntas indica pocas concepciones erróneas, mientras que uno bajo muestra lo contrario.

Tabla 1
Instrumento de medición de las categorías e indicadores del trabajo cooperativo

Tema: Trabajo cooperativo		
Categorías	Indicadores	Instrumento y pregunta
Cooperación intergrupo	Cooperación para la realización del trabajo	Apéndice D, pregunta dos Apéndice F, pregunta ocho
	Aportación de ideas	Apéndice D, pregunta ocho Apéndice E, pregunta cuatro
	Terminación del trabajo a tiempo	Apéndice E, pregunta tres
	Dedicación al trabajo	Apéndice F, pregunta 11
Conducta de los estudiantes	Responsabilidad y compromiso en el trabajo	Apéndice D, pregunta cuatro
	Desempeño del papel asignado	Apéndice E, pregunta cinco
	Ausencia o presencia de conflictos	Apéndice F, pregunta dos
	Respeto a los compañeros	Apéndice F, pregunta nueve
Habilidades de cooperación	Dedicación al trabajo	Apéndice F, pregunta 11
	Participación activa del estudiante	Apéndice D, pregunta cinco Apéndice F, pregunta cuatro
	Terminación del trabajo a tiempo	Apéndice F, pregunta ocho
	Dedicación al trabajo	Apéndice E, pregunta tres Apéndice F, pregunta 11
Habilidades de comunicación	Comunicación proactiva del estudiante	Apéndice D, preguntas siete y nueve
	Comunicación apropiada	Apéndice E, pregunta dos
Funcionamiento del grupo	Conocimiento de los estudiantes sobre la tarea a realizar.	Apéndice D, pregunta uno Apéndice F, pregunta tres
	Organización del equipo	Apéndice D, pregunta tres Apéndice F, pregunta seis
	Contribución del estudiante al buen funcionamiento	Apéndice E, pregunta uno
	Desempeño del papel asignado	Apéndice E, pregunta cinco Apéndice F, pregunta 10
	Ausencia o presencia de conflictos	Apéndice F, pregunta dos
	Interdependencia positiva	Preocupación por el progreso de los compañeros
Apoyo a los demás integrantes		Apéndice F, pregunta 12
Interacciones entre los alumnos	Conocimiento de los compañeros	Apéndice D, pregunta nueve Apéndice F, pregunta uno
	Comunicación apropiada	Apéndice E, pregunta dos
	Respeto a los compañeros	Apéndice F, pregunta nueve
Actitud del alumno ante el trabajo cooperativo	Satisfacción del estudiante por el trabajo cooperativo	Apéndice D, pregunta seis Apéndice D, pregunta 10
	Gusto del estudiante ante el trabajo cooperativo	Apéndice F, pregunta cinco

Respecto a las preguntas que determinan el grado de conocimientos, un valor de tres indica un alto conocimiento sobre la teoría de la evolución por selección natural, de

dos, mediano, y de uno, muy bajo o inexistente. Por lo tanto, un promedio alto indica buen nivel de conocimientos, mientras que uno bajo, lo contrario. En el Apéndice H se muestra el instrumento terminado. En la Tabla 2 se presentan las categorías que corresponden al conocimiento del evolucionismo y a las concepciones, sus indicadores y las preguntas del instrumento con el que fueron valoradas.

Tabla 2.
Instrumento de medición de las categorías e indicadores del aprendizaje del evolucionismo

Tema: Aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural		
Aprendizaje de los conceptos centrales de la teoría de la evolución por selección natural	Conocimiento y o aprendizaje del concepto especie	Apéndice H, pregunta cinco
	Conocimiento y o aprendizaje del concepto población	Apéndice H, pregunta seis
	Conocimiento y o aprendizaje del concepto adaptación	Apéndice H, pregunta 11
	Conocimiento y o aprendizaje del concepto variabilidad	Apéndice H, pregunta siete
	Conocimiento y o aprendizaje del concepto sobreproducción de individuos	Apéndice H, pregunta ocho
	Conocimiento y o aprendizaje del concepto lucha por la existencia	Apéndice H, pregunta 10
	Conocimiento y o aprendizaje del concepto supervivencia del más apto	Apéndice H, pregunta 16
	Evolución de las poblaciones a partir de cambios genéticos individuales	Apéndice H, pregunta 12
	Cambios en los individuos debidos a mutaciones y recombinación genética	Apéndice H, pregunta nueve
	Pruebas de la evolución	Apéndice H, pregunta 20
	Relación entre adaptación y evolución	Apéndice H, pregunta 13
	Adaptación por necesidad	Apéndice H, pregunta 19
	Variabilidad poblacional, supervivencia y reproducción de los más aptos	Apéndice H, pregunta 18
	Concepciones de los estudiantes sobre la teoría de la evolución por selección natural	Cambios graduales en todos los individuos de la población
Adaptación en una generación		Apéndice H, pregunta 14
Evolución como proceso direccionado y progresivo		Apéndice H, pregunta tres
Dudas sobre la evolución por selección natural porque es teoría		Apéndice H, pregunta uno
Daños causados por las mutaciones		Apéndice H, pregunta 15
Convivencia entre humanos y dinosaurios		Apéndice H, pregunta dos
La pérdida de un rasgo implica la aparición de otro		Apéndice H, pregunta 17
Aptitud como sinónimo de fuerza	Apéndice H, pregunta 16	

En el siguiente apartado se explica cómo se realizó la prueba piloto de los instrumentos utilizados en la investigación. Igualmente, se mencionan brevemente los resultados de ésta y el análisis que se realizó a los datos que se obtuvieron.

3.5 Prueba piloto

A fin de determinar el tiempo de aplicación del cuestionario del Apéndice H, su confiabilidad y su validez, así como para identificar si alguna pregunta presenta confusión, se hizo una prueba piloto durante el mes de mayo del 2011. Ésta se realizó con dos grupos de seis estudiantes cada uno que se escogieron aleatoriamente de entre los dos grupos que se encontraban cursando el primer grado de secundaria y que ya habían recibido instrucción tradicional sobre el tema del evolucionismo. Los alumnos tardaron entre 25 y 35 minutos en contestar el cuestionario, sin detectarse ningún problema durante su aplicación.

Así mismo, para identificar si había problemas con la redacción y/o lenguaje de los instrumentos de los apéndices D y E, se pidió a los mismos grupos de alumnos que los contestaran después de que realizaron una actividad cooperativa. En esta actividad, el instructor también utilizó el Apéndice F, a fin de detectar alguna deficiencia. Los participantes de la prueba piloto pertenecían a la misma escuela donde se realizó el estudio, por lo que se considera que el hacerla con estos estudiantes era posible identificar las ventajas y deficiencias de los instrumentos empleados. Tampoco se detectaron problemas durante la aplicación de estos instrumentos. A continuación se detalla el tiempo y la forma en que se aplicaron los instrumentos durante la investigación.

3.6 Aplicación de instrumentos

El estudio se realizó durante el mes de Septiembre del 2011 y fueron necesarias 12 sesiones de 60 minutos para hacerlo, tanto para el grupo experimental como en el de control. El mismo instructor trabajó con ambos grupos y les aplicó el cuestionario para determinar conocimientos y concepciones (Apéndice H) en la primera y doceava sesión. Al inicio de la aplicación del cuestionario, se les pidió a los alumnos de ambos grupos que escribieran su número de lista en la parte superior derecha del mismo.

En estas sesiones, también se aplicó la prueba para detectar las percepciones de los estudiantes (Apéndice D) al grupo experimental e igualmente, se les pidió que anotaran su número de lista en la parte superior derecha del instrumento. En las 10 sesiones intermedias se realizó la instrucción, tanto con el grupo de control como con el experimental. En el grupo experimental, y en cada una de las clases, se utilizaron los instrumentos mostrados en los apéndices C y D, de la forma en que ya fue comentada.

En el siguiente apartado se indica la forma en que fueron analizados los datos en la prueba piloto. También se menciona cómo se analizaron los datos del cuestionario en el grupo experimental y control. Así mismo, se presenta la forma en que se realizó el análisis del instrumento sobre percepciones y sentimientos de los estudiantes sobre el trabajo cooperativo (Apéndice D) en el grupo experimental.

3.7 Captura y análisis de datos

En el caso de la prueba piloto, primero se identificaron los errores de redacción de los instrumentos que se emplearon. Además, sirvió para determinar la confiabilidad del instrumento que evaluaba preconcepciones y conocimientos (Apéndice H). Dicha confiabilidad se evaluó mediante el coeficiente alfa de Cronbach. Respecto a los instrumentos utilizados para la auto y coevaluación y las observaciones del instructor

(apéndices E y F), únicamente se compararon los resultados de las pruebas de cada estudiante o de cada equipo, a fin de identificar si había o no coincidencia entre las observaciones realizadas por el instructor y lo evaluado por los estudiantes.

Respecto al estudio, al cuestionario (Apéndice H) para detectar concepciones y conocimientos, se le realizó un análisis estadístico. En primer lugar, se compararon los resultados globales obtenidos antes de la instrucción por el grupo experimental y el de control, mediante una prueba t independiente. Con la misma prueba, también se compararon los resultados entre estos grupos respecto al nivel de conocimientos y a las preconcepciones. Igualmente, se realizó el análisis en cada una de las 20 preguntas. En todos los casos, se trató de identificar si había diferencia significativa entre ambos grupos antes de la instrucción y si algún concepto o preconcepción presentaba mayor dificultad.

Los mismos análisis se hicieron con los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento después de la instrucción, para identificar si, después de ésta, había diferencia significativa entre los grupos, en los diferentes aspectos mencionados.

También se realizó el análisis comparando, en cada grupo, los resultados antes y después de la instrucción, para detectar si hubo diferencia significativa en el aprendizaje logrado y en la erradicación de concepciones. En este último caso, en lugar de realizar una prueba t independiente, se realizó una prueba t pareada. Los pares se hicieron con base en el número de lista de los alumnos. Todos los análisis estadísticos se hicieron con el programa STATA 10.1 y se utilizó un intervalo de confianza del 95%.

En el caso de los instrumentos utilizados para la auto y coevaluación (Apéndice E) y para la observación (Apéndice F), se valoraron cualitativamente y se comentan los resultados obtenidos. En relación con el instrumento utilizado para identificar las

percepciones de los estudiantes sobre el trabajo cooperativo (Apéndice D), se compararon los resultados obtenidos antes y después de la instrucción mediante una prueba t pareada. También en este caso, los pares se hicieron utilizando el número de lista que los alumnos habían escrito en el instrumento. Esto sirvió para identificar si hubo cambios significativos en las percepciones de los estudiantes respecto al trabajo cooperativo.

Se consideró que al realizar el estudio propuesto con la metodología antes mencionada se podían lograr los objetivos de la investigación, tanto el general como los específicos. De igual forma, se cree que el análisis estadístico de los resultados permite contestar las preguntas planteadas en la investigación, y confirmar o refutar la hipótesis de la misma. Así como obtener conclusiones que sirvan de punto de partida para investigaciones posteriores.

Capítulo 4. Análisis de resultados

A continuación se presentan los datos obtenidos en la prueba piloto y durante la realización del estudio. Debido a que se trabajó con dos variables, el entendimiento conceptual de la teoría de la evolución por selección natural y trabajo cooperativo y a que se aplicaron instrumentos antes y después de la instrucción tradicional y mediante trabajo cooperativo, primero se presentarán los resultados del entendimiento conceptual y después los del trabajo cooperativo. En cada caso se presentan los resultados antes y después de la instrucción y una comparación entre ambos, incluyéndose el análisis estadístico. Posteriormente, los resultados son interpretados con el fin de tratar de responder cuál es la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje y erradicación de preconcepciones sobre la teoría de la evolución.

4.1 Presentación de resultados

Como ya se mencionó, se realizó una prueba piloto con alumnos de primero de secundaria que ya habían recibido instrucción tradicional sobre la teoría de la evolución. En dicha prueba se encontró que el cuestionario (Apéndice H) mediante el cual se evaluaron los conocimientos y preconcepciones de los alumnos antes y después de la instrucción tiene un coeficiente de confiabilidad de 0.80.

En esta prueba se obtuvo un porcentaje promedio de 75 puntos porcentuales en el cuestionario, indicativo de un conocimiento mediano de la teoría de la evolución por selección natural. Debido a la escala de Likert que se utilizó, un porcentaje de 33.33 puntos es el nivel más bajo posible. Con este porcentaje de puntaje, prácticamente se desconoce la teoría de la evolución por selección natural y se tienen gran cantidad de preconcepciones erróneas. En la prueba, se obtuvieron promedios de 77.14 puntos

porcentuales para las preguntas sobre preconcepciones y de 71.86 puntos para las de nivel de conocimientos. Lo anterior indica relativamente pocas preconcepciones erróneas y un conocimiento un poco más bajo de la teoría de la evolución por selección natural.

La presentación de los resultados de la investigación se dividió en tres partes. En la primera de ellas se presentan los resultados obtenidos antes de la investigación, tanto en el grupo experimental como en el de control. En la segunda se muestran los obtenidos después del estudio, también para ambos grupos. En la tercera, se comparan, en cada grupo, los obtenidos antes y después de la investigación. A continuación se presentan los resultados obtenidos antes de la instrucción mediante aprendizaje cooperativo para el grupo experimental y mediante enseñanza tradicional para el grupo control.

4.1.1 Preinstrucción.

En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos mediante la aplicación de los instrumentos antes de la instrucción sobre la teoría de la evolución por selección natural. En el grupo control solo se aplicó el cuestionario presentado en el Apéndice H para identificar sus conocimientos y concepciones sobre la teoría de la evolución por selección natural. Al grupo experimental, además de este cuestionario, se le aplicó el instrumento presentado en el Apéndice D para identificar sus sentimientos y percepciones acerca del trabajo cooperativo. A continuación se presentan los resultados obtenidos en los grupos experimental y control respecto a conocimientos y concepciones.

4.1.1.1 Conocimientos y concepciones. En la aplicación del cuestionario (Apéndice H) antes de la instrucción a los grupos experimental y de control de primero de secundaria, se obtuvieron los datos mostrados en la Figura 1. En dicha figura se presentan los porcentajes alcanzados por los grupos en cada pregunta, así como el promedio

obtenido por estos en las mismas. En todos los casos el mínimo porcentaje posible es de 33.33 puntos. En la figura se puede observar que los promedios más bajos (menores al 60%) se presentan en las preguntas 7, 8 y 19, teniendo el grupo experimental el menor puntaje en las preguntas 7 y 8, y el de control en la 19. Los promedios más altos (mayores al 80%) corresponden a las preguntas 5, 18 y 20. En este caso, en las preguntas 5 y 20 el grupo experimental tuvo mayor puntaje, y el de control lo tuvo en la pregunta 18.

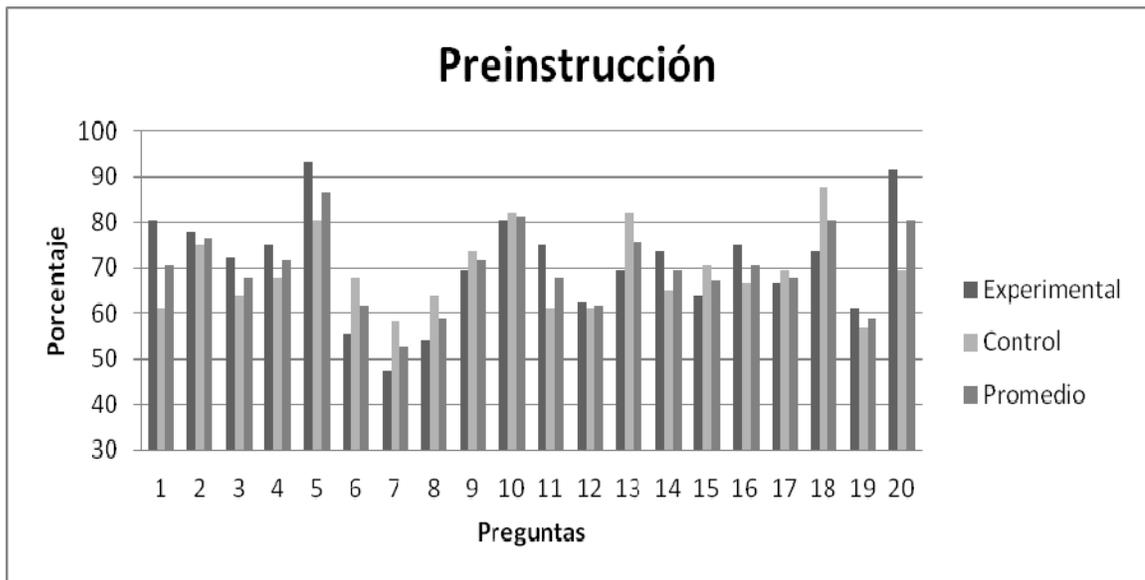


Figura 1. Resultados de los grupos experimental y control en cada pregunta.

Cabe recordar que algunas preguntas del cuestionario corresponden a la categoría de conocimientos y otras a preconcepciones. En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos por los grupos en las preguntas correspondientes a conocimientos. Como se puede observar en la figura, el grupo experimental obtuvo los puntajes más altos en las preguntas 5 (concepto especie), 11 (concepto adaptación), 12 (concepto evolución poblacional debida a cambios genéticos individuales), 16 (concepto supervivencia del más apto) y 20 (pruebas de la evolución), mientras que el grupo control los obtuvo en las preguntas 6 (concepto población), 7 (concepto variabilidad), 8 (concepto sobreproducción

de individuos), 9 (cambios debidos a mutaciones y recombinación genética), 10 (concepto lucha por la existencia) y 13 (relación entre adaptación y evolución).

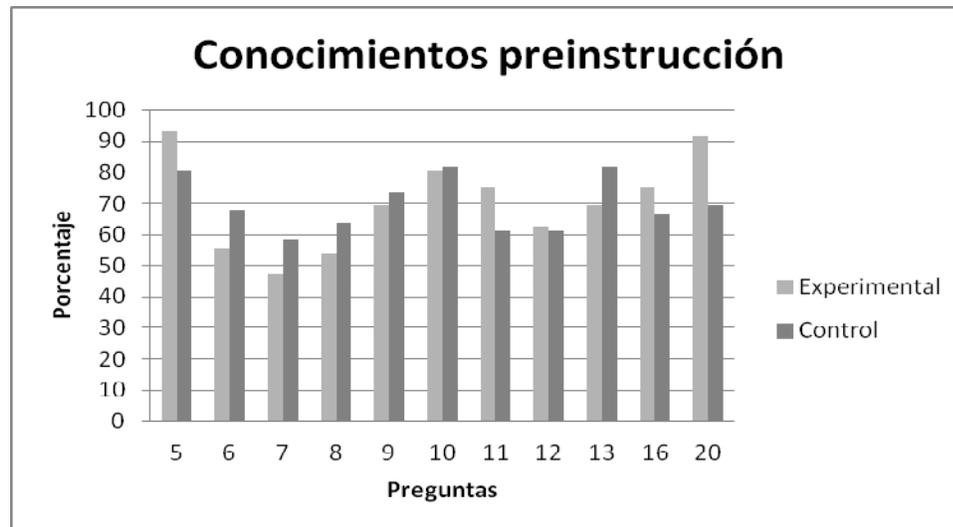


Figura 2. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control antes de la instrucción en las preguntas sobre conocimientos.

En la Figura 3 se presentan los resultados obtenidos por los grupos en las preguntas sobre preconcepciones. Es necesario recordar que con la pregunta 16 se evaluaban tanto conocimientos como preconcepciones, por lo que los resultados de esta pregunta aparecen en las figuras 2 y 3. Se puede observar que en la categoría de preconcepciones el grupo experimental obtuvo mayores puntajes en las preguntas 1 (la evolución es incierta porque es teoría), 2 (convivencia entre humanos y dinosaurios), 3 (evolución direccionada y progresiva), 4 (evolución mediante cambios graduales en todos los individuos), 14 (adaptación en una generación), 16 y 19 (adaptación por necesidad). En las preguntas 15 (las mutaciones son dañinas), 17 (la pérdida de un rasgo ocasiona la aparición de otro) y 18 (variabilidad poblacional) los puntajes altos fueron obtenidos por el grupo control. Sin embargo, ambos grupos presentaron puntajes bajos en las preguntas 17 y 19, mostrándose la prevalencia de estas concepciones, especialmente la última.

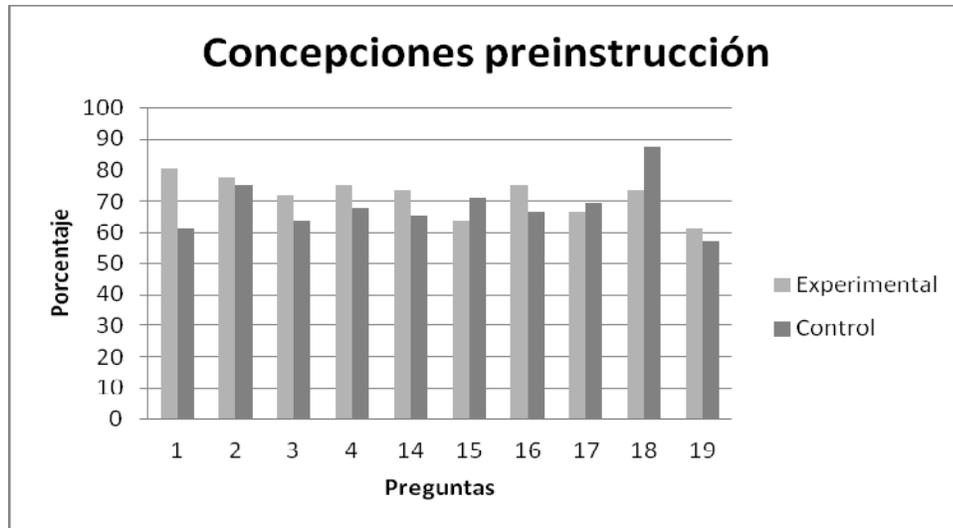


Figura 3. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control antes de la instrucción en las preguntas sobre preconcepciones.

Además, en el grupo experimental se tuvieron puntajes bajos en las concepciones correspondientes a las preguntas 15 y 18 (mutaciones dañinas y supervivencia del más apto). En el grupo control también se identificaron bajos puntajes en otras dos concepciones que no fueron detectadas en el experimental. Éstas corresponden a las preguntas 1 y 3 (dudar de la teoría de la evolución porque no es una ley y que el ambiente es el que causa la adaptación de los organismos. En la Figura 4 se presentan los resultados obtenidos por ambos grupos en el cuestionario, agrupando las preguntas que corresponden a conocimientos sobre la teoría de la evolución y a las que tratan de identificar concepciones, así como los resultados globales obtenidos por cada grupo.

Como se observa, en conocimientos, el grupo experimental tuvo un puntaje de 70.30 puntos porcentuales y el de control de 69.70, siendo la diferencia en porcentaje entre los dos grupos de solamente 0.60 puntos porcentuales. En preconcepciones, esta diferencia se incrementa hasta 3.46 puntos, teniendo el grupo experimental 71.93 puntos porcentuales y 68.47 el de control. Sin embargo, al considerar los porcentajes globales

alcanzados por cada grupo, la diferencia entre éstos disminuye nuevamente. En este último aspecto, el porcentaje global alcanzado por el grupo experimental fue de 70.90 puntos porcentuales y de 69.23 para el de control, con una diferencia de 1.67 puntos. En todos los casos el mínimo es de 33.33 puntos porcentuales.

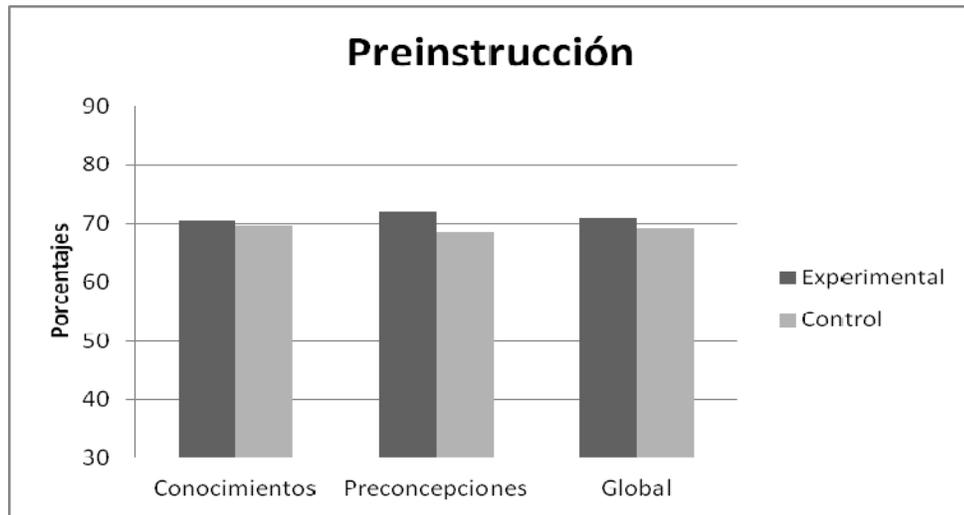


Figura 4. Resultados obtenidos por los grupos antes de la instrucción.

Al realizar el análisis estadístico a los datos, se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 3. Cabe aclarar que las diferencias en los valores de los promedios se deben al número de preguntas consideradas en cada caso, 20 en el cuestionario, 11 para conocimientos y 10 para preconcepciones. Esto último porque con la pregunta 16 se pretende identificar tanto el nivel de conocimientos como concepciones. Además, debido a la escala de Likert utilizada, los puntajes mínimos y máximos posibles son de 20 y 60 para el cuestionario, 11 y 33 para conocimientos y 10 y 30 para preconcepciones. En cualquier caso, puntajes altos indican mayores conocimientos y concepciones correctas. Como se observa en la tabla, no hay diferencia significativa entre los datos obtenidos de los grupos experimental y control antes de la instrucción en las variables analizadas.

Tabla 3

Resultados de las pruebas t independientes de los datos antes de la instrucción.

Variable	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
Cuestionario completo	Experimental	24	42.54167	3.623344	0.7746	0.4425
	Control	24	41.54167	5.183411		
Conocimientos	Experimental	24	23.208333	2.73431	0.2130	0.8322
	Control	24	23	3.934242		
Preconcepciones	Experimental	24	21.58333	2.827146	1.2938	0.2022
	Control	24	20.54167	2.750165		

También se realizaron pruebas t independientes a los datos obtenidos por los grupos en cada una de las preguntas y éstos se presentan en la Tabla 4. Como se observa, en el análisis estadístico se encontró diferencia significativa en las preguntas 1 ($t_{(46)}=2.6295$, $p<0.05$), 11 ($t_{(46)}=3.4977$, $p<0.05$), 18 ($t_{(46)}=-2.3346$, $p<0.05$) y 20 ($t_{(46)}=3.1752$, $p<0.05$). Además, en la pregunta cinco se obtuvo un valor de $p=0.0537$, el cual es muy cercano al nivel de 0.05. En las preguntas 1, 5, 11 y 20 el puntaje mayor fue obtenido por el grupo experimental. De éstas, la 5, 11 y 20 corresponden a conocimientos sobre la evolución, mientras que la 1 corresponde a preconcepciones. Por otra parte, en la pregunta 18, que también corresponde a preconcepciones, el mayor puntaje lo obtuvo el grupo de control.

En el siguiente apartado se presentan los resultados obtenidos por el grupo experimental en relación al trabajo cooperativo. Ya se comentó que en el grupo control no se aplicaron los instrumentos respecto a éste.

4.1.1.2 Trabajo cooperativo. Como ya se mencionó, antes de la instrucción mediante el trabajo cooperativo, a los estudiantes del grupo experimental se les aplicó un cuestionario (Apéndice D) para identificar sus sentimientos y percepciones sobre esta forma de instrucción. Los promedios porcentuales obtenidos con el instrumento en cada pregunta se presentan en la Figura 5. En este caso, cuando el alumno no está de acuerdo con los diferentes aspectos del trabajo cooperativo, el mínimo porcentaje posible es de

33.33 puntos. El grupo obtuvo un promedio de 75.83 puntos porcentuales, lo que mostraría una mediana aceptación del trabajo cooperativo. Este instrumento contenía un espacio para comentarios, pero prácticamente no fue utilizado por ningún estudiante.

Tabla 4

Resultados de las pruebas t independientes de los datos obtenidos en cada pregunta antes de la instrucción por los grupos experimental y de control.

Pregunta	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
1	Experimental	24	2.416667	0.7755316	2.6295	0.0116*
	Control	24	1.833333	0.761387		
2	Experimental	24	2.333333	0.7019641	0.4010	0.6902
	Control	24	2.25	0.7372098		
3	Experimental	24	2.166667	0.9168313	0.9155	0.3647
	Control	24	1.916667	0.9743076		
4	Experimental	24	2.25	0.4423259	1.5916	0.1183
	Control	24	2.041667	0.4643056		
5	Experimental	24	2.791667	0.4148511	1.9804	0.0537
	Control	24	2.416667	0.8297122		
6	Experimental	24	1.666667	0.9168313	-1.3548	0.1821
	Control	24	2.041667	0.9990938		
7	Experimental	24	1.416667	0.6538625	-1.4713	0.1480
	Control	24	1.75	0.896854		
8	Experimental	24	1.1.625	0.7109384	-1.3581	0.1810
	Control	24	1.916667	0.7755316		
9	Experimental	24	2.083333	0.5835921	-0.7390	0.4536
	Control	24	2.2083333	0.58823		
10	Experimental	24	2.416667	0.5835921	-0.2636	0.7933
	Control	24	2.458333	0.5089774		
11	Experimental	24	2.25	0.4423259	3.4977	0.0011*
	Control	24	1.833333	0.3806935		
12	Experimental	24	1.875	0.7974143	0.1789	0.8588
	Control	24	1.833333	0.8164966		
13	Experimental	24	2.083333	0.9286112	-1.5626	0.1250
	Control	24	2.458333	0.72106		
14	Experimental	24	2.208333	0.8836272	0.9667	0.3387
	Control	24	1.958333	0.9078961		
15	Experimental	24	1.916667	0.7755316	-0.9897	0.3275
	Control	24	2.125	0.6796738		
16	Experimental	24	2.25	0.9440892	0.9230	0.3608
	Control	24	2	0.9325048		
17	Experimental	24	2	0.5107539	-0.5692	0.5720
	Control	24	2.083333	0.5036102		
18	Experimental	24	2.208333	0.72106	-2.3346	0.0240*
	Control	24	2.625	0.4945354		
19	Experimental	24	1.833333	0.8164966	0.5521	0.5835
	Control	24	1.708333	0.7506036		
20	Experimental	24	2.75	0.6079188	3.1752	0.0027*
	Control	24	2.083333	0.8297022		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

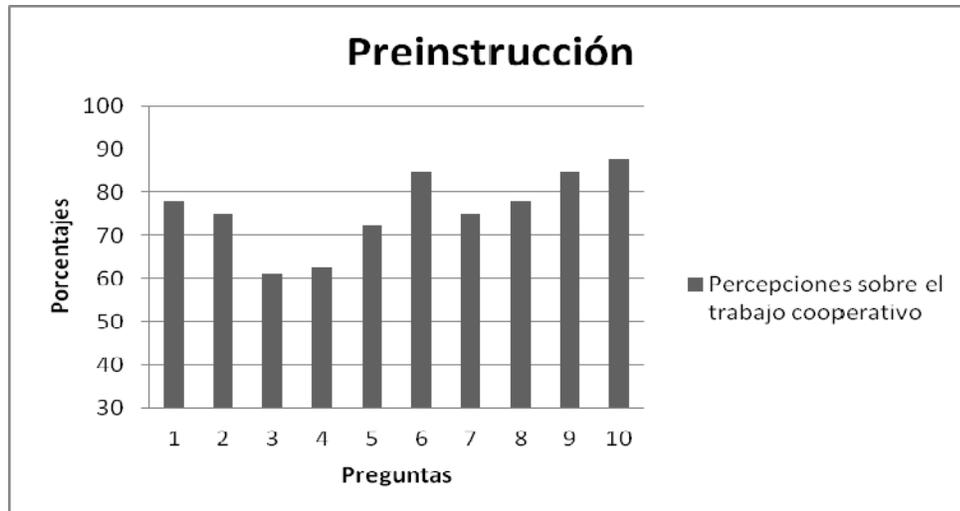


Figura 5. Percepciones sobre el trabajo cooperativo antes de la instrucción.

Como se observa en la figura, los puntajes más bajos se presentaron en las preguntas 3 y 4. Con la primera, se pretendió identificar cómo se sentía el estudiante respecto al funcionamiento y organización de los diferentes equipos con los que le había tocado trabajar. La pregunta 4 se relacionaba con la conducta de los estudiantes, respecto a su responsabilidad y compromiso en el trabajo grupal.

Los puntajes más altos se obtuvieron en las preguntas 6, 9 y 10. Con la pregunta 9 se pretendió conocer cómo se sentía el estudiante respecto a conocer a sus compañeros, al interactuar con ellos trabajando cooperativamente. Las preguntas 6 y 10 pretendían conocer la actitud del alumno ante el trabajo cooperativo, la primera respecto a la satisfacción que le produce éste, y la segunda, en relación a si le gusta o no realizarlo.

En los siguientes apartados se presentan los resultados obtenidos después de la instrucción, tanto por el grupo control como por el experimental. Al igual que antes de la instrucción, en el caso del grupo control solo se utilizó el cuestionario (Apéndice H) para identificar conocimientos y preconcepciones sobre la teoría de la evolución por selección

natural. En el grupo experimental, además se aplicaron los instrumentos relacionados con el aprendizaje cooperativo.

4.1.2 Postinstrucción.

Respecto al grupo experimental, además de aplicar el cuestionario para identificar conocimientos y preconcepciones, también fue aplicado el instrumento (Apéndice D) mediante el cual se pretendía conocer los sentimientos y percepciones de los estudiantes después de haber trabajado cooperativamente durante el aprendizaje de la teoría. Igualmente, con este grupo se utilizaron dos instrumentos más (Apéndices E y F) durante la instrucción mediante trabajo cooperativo. El primero de ellos es un formato de auto y coevaluación que fue utilizado por los alumnos en cada sesión. El segundo, es una guía mediante la cual el instructor identificaba la forma en que cada equipo trabajaba. Son presentados los resultados obtenidos con ambos instrumentos.

4.1.2.1 Conocimientos y concepciones. Al aplicarse el cuestionario después de la instrucción a los grupos experimental y control, se obtuvieron los datos que se muestran en la Figura 6. Se presentan los porcentajes alcanzados en cada una de las preguntas, así como el promedio obtenido por ambos grupos en cada pregunta. En esta figura se puede observar que no se presentaron promedios menores al 60 %, como en la preinstrucción. En este caso, los promedios menores al 70% corresponden a las preguntas 11, 12 y 19, teniendo el grupo experimental el mayor puntaje en las tres preguntas, pero sin lograr los 70 puntos porcentuales en ninguna de ellas. Los promedios mayores al 90% se presentaron en las preguntas 1, 2, 15, 16 y 20, teniendo el grupo control mayor puntaje en la pregunta 2, mientras que el grupo experimental lo tuvo en el resto.

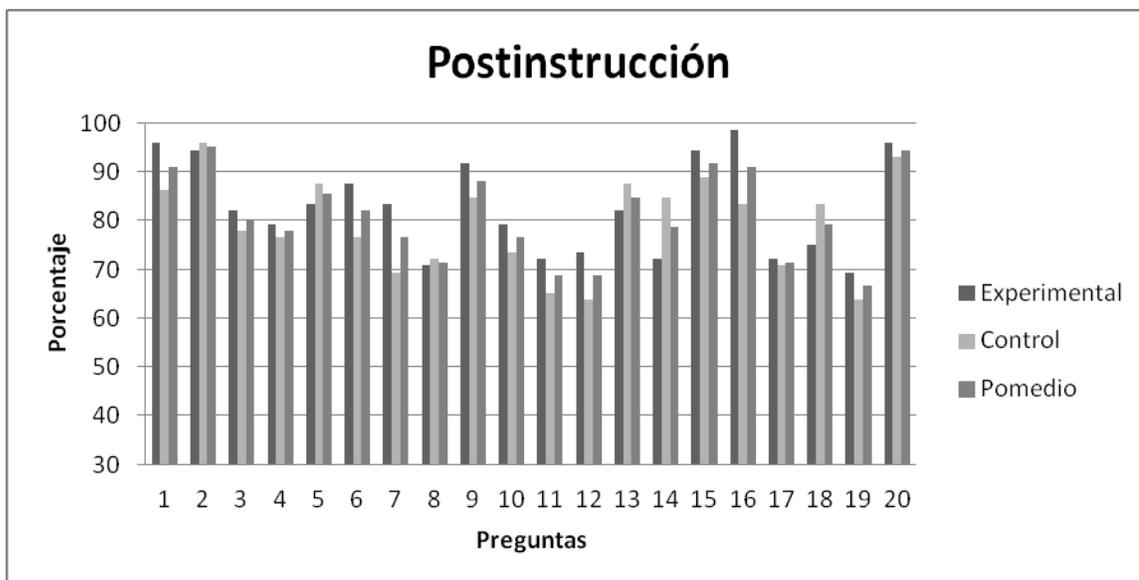


Figura 6. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control en cada pregunta después de la instrucción.

En la Figura 7 se presentan los resultados obtenidos por ambos grupos después de la instrucción en las preguntas correspondientes a conocimientos. Se puede observar que el grupo experimental obtuvo los puntajes mayores en las preguntas 6, 7, 9, 10, 12, 16 y 20, aunque en ésta última pregunta se presenta una mínima diferencia con el grupo control, teniendo ambos grupos puntajes mayores a los 90 puntos porcentuales. El grupo control obtuvo los puntajes más altos en la 5, 8 y 13, aunque en la pregunta 8 la diferencia fue mínima.

En la Figura 8 se presentan los resultados obtenidos en preconcepciones. Como se observa, el grupo experimental logró mayores puntajes en la pregunta 1, 3, 4, 15, 16, 17 (con una mínima diferencia respecto al grupo control) y 19, aunque en esta última el grupo experimental no alcanzó los 70 puntos porcentuales. Además, continuaron los puntajes bajos en las preguntas 18 y 19, lo que indica que prevalecen estas concepciones. En el caso de la pregunta 15, sí se incrementó el puntaje. El grupo control obtuvo

mayores puntajes en las preguntas 2, 14 y 18. En este caso, la diferencia entre ambos grupos es mínima en la pregunta 2. Ambos grupos tuvieron puntajes mayores al 90%. Sin embargo, en la pregunta 1 el puntaje del grupo control también fue alto, permaneciendo bajo en la pregunta 3, indicando la permanencia de esta concepción en el grupo control.

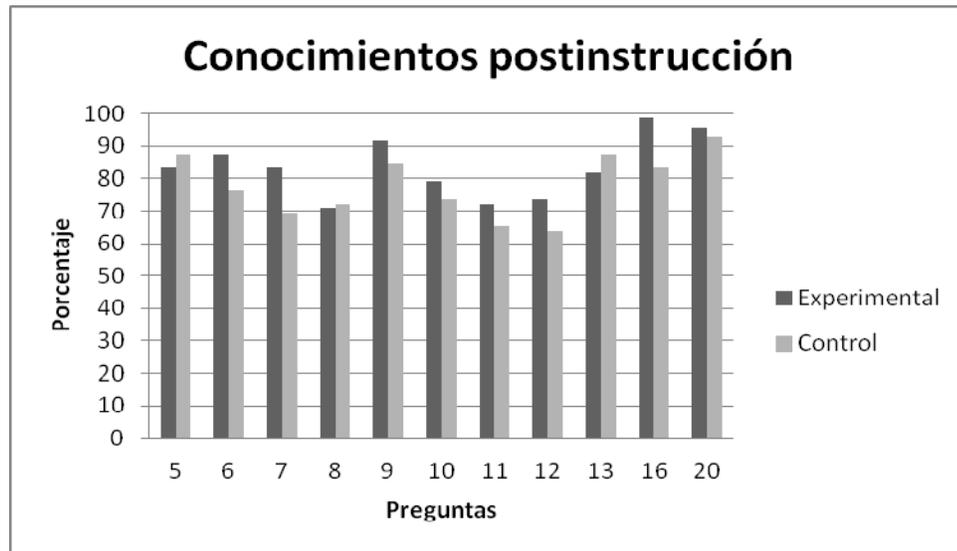


Figura 7. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control después de la instrucción en las preguntas sobre conocimientos.

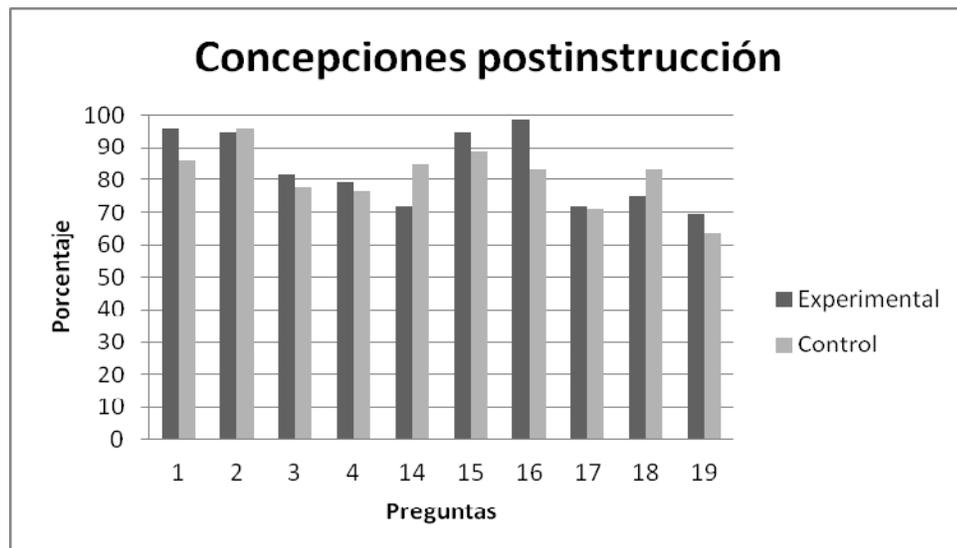


Figura 8. Resultados obtenidos por los grupos experimental y control después de la instrucción en las preguntas sobre preconcepciones.

Los resultados obtenidos por ambos grupos en conocimientos, preconcepciones y globales después de la instrucción, son mostrados en la Figura 9.

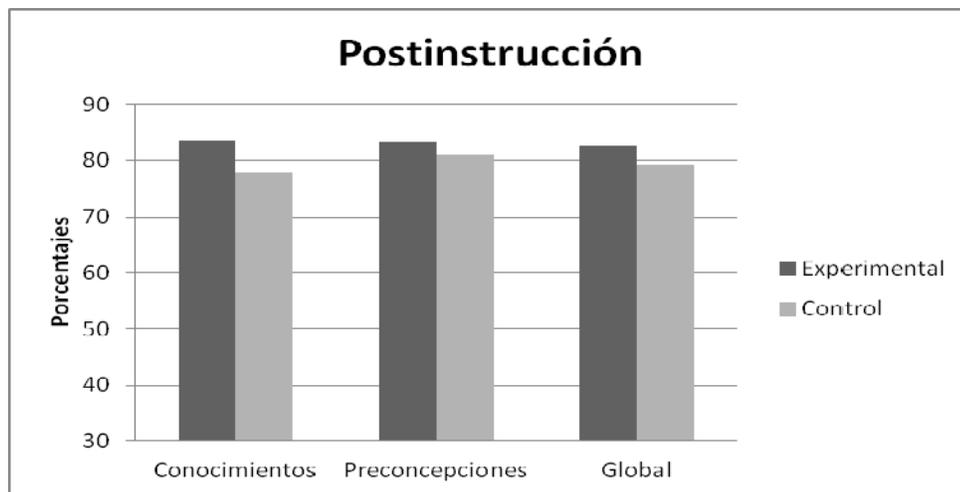


Figura 9. Resultados obtenidos por los grupos después de la instrucción.

Como se observa en la Figura 9, en conocimientos, el grupo experimental tuvo un puntaje de 83.45 puntos porcentuales y el de control de 77.90, siendo la diferencia en porcentaje entre los dos grupos de 5.55 puntos porcentuales. En preconcepciones, el grupo experimental alcanzó un puntaje de 83.33 puntos porcentuales y el de control de 81.11, con una diferencia de 2.22 puntos porcentuales entre ambos. El promedio global obtenido por el grupo experimental fue de 82.63 puntos porcentuales y de 79.23 puntos para el de control, con una diferencia entre ambos de 3.4 puntos porcentuales.

En el análisis estadístico de los datos después de la instrucción, se obtuvieron los resultados que se muestran en la Tabla 5. Al revisarla, se deben tener en cuenta las consideraciones mencionadas en la revisión de la Tabla 3, respecto a máximos y mínimos puntajes posibles en cada caso. Como se observa en la tabla, no hay diferencia estadísticamente significativa entre los grupos experimental y control en un nivel de 0.05 cuando se consideran los resultados globales del cuestionario y las preguntas de

preconcepciones. Sin embargo, en las preguntas que valoran los conocimientos se obtuvo un valor de $p=0.0551$, el cual es muy cercano al nivel de 0.05.

Tabla 5

Resultados de las pruebas t independientes después de la instrucción.

Variable	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
Cuestionario completo	Experimental	24	49.58333	4.471326	0.7746	0.4425
	Control	24	47.54167	4.75467		
Conocimientos	Experimental	24	27.54167	3.078384	1.9683	0.0551
	Control	24	25.70833	3.368385		
Preconcepciones	Experimental	24	25	2.064187	0.9544	0.3449
	Control	24	24.33333	2.729336		

Se analizaron estadísticamente con pruebas t independientes los datos obtenidos en cada pregunta por los grupos experimental y de control. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 6. Como se puede observar, solo existió diferencia estadísticamente significativa entre los grupos en la pregunta 16 ($t_{(46)}=2.7843$, $p<0.05$), la cual contempla tanto conocimientos como preconcepciones. En la pregunta uno, que corresponde a preconcepciones, se obtuvo un valor de $p=0.0583$, el cual es muy cercano al nivel de 0.05. En los dos casos el mayor puntaje fue obtenido por el grupo experimental.

En el siguiente apartado se presentan los resultados que se obtuvieron al aplicar los instrumentos relacionados con el trabajo cooperativo en el grupo experimental, después de la instrucción.

4.1.2.2 Trabajo cooperativo. En la Figura 10 se muestran los resultados obtenidos al aplicar el instrumento (Apéndice D) para conocer las percepciones y sentimientos de los estudiantes del grupo experimental respecto al trabajo cooperativo. En este aspecto, el promedio del grupo fue de 88.75 puntos porcentuales y al igual que antes, el mínimo puntaje posible es de 33.33%. En este caso, los puntajes altos corresponden a las preguntas que tratan los siguientes aspectos del trabajo cooperativo: funcionamiento del

grupo respecto al conocimiento de la tarea a realizar (pregunta 1), la cooperación y aportación de ideas de los integrantes para la realización del trabajo (preguntas 2 y 8), y la satisfacción y gusto del estudiante por el trabajo cooperativo (preguntas 6 y 10).

Tabla 6

Resultados de las pruebas t independientes de los datos obtenidos en cada pregunta después de la instrucción por los grupos experimental y de control.

Pregunta	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
1	Experimental	24	2.875	0.337832	1.9415	0.0583
	Control	24	2.583333	0.6538625		
2	Experimental	24	2.833333	0.4815434	-0.3470	0.7302
	Control	24	2.875	0.337832		
3	Experimental	24	2.458333	0.6580053	0.6365	0.5276
	Control	24	2.333333	0.7019641		
4	Experimental	24	2.375	0.4945354	0.5519	0.5837
	Control	24	2.291667	0.5500329		
5	Experimental	24	2.5	0.6593805	-0.6315	0.5308
	Control	24	2.625	0.7109394		
6	Experimental	24	2.625	0.7109394	1.4161	0.1635
	Control	24	2.291667	0.9078961		
7	Experimental	24	2.5	0.8340577	1.5916	0.1183
	Control	24	2.083333	0.9743076		
8	Experimental	24	2.125	0.8998792	-0.1633	0.8710
	Control	24	2.166667	0.8681147		
9	Experimental	24	2.75	0.443259	1.2065	0.2338
	Control	24	2.541667	0.72106		
10	Experimental	24	2.375	0.5757792	0.9919	0.3264
	Control	24	2.208333	0.58823		
11	Experimental	24	2.166667	0.5646597	1.5258	0.1339
	Control	24	1.958333	0.3586408		
12	Experimental	24	2.208333	0.9315329	1.1788	0.2445
	Control	24	1.916667	0.7755316		
13	Experimental	24	2.458333	0.72106	-0.8063	0.4242
	Control	24	2.625	0.7109394		
14	Experimental	24	2.166667	0.9630868	-1.4831	0.1449
	Control	24	2.541667	0.7790276		
15	Experimental	24	2.833333	0.3806935	1.0225	0.3119
	Control	24	2.666667	0.7019641		
16	Experimental	24	2.958333	0.2041241	2.7843	0.0078*
	Control	24	2.5	0.7801895		
17	Experimental	24	2.166667	0.6370221	0.2451	0.8075
	Control	24	2.125	0.5366968		
18	Experimental	24	2.25	0.6756639	-1.2383	0.2219
	Control	24	2.5	0.7223151		
19	Experimental	24	2.083333	0.8297022	0.6959	0.4900
	Control	24	1.916667	0.8297022		
20	Experimental	24	2.875	0.4484272	0.6018	0.5502
	Control	24	2.791667	0.5089774		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

En la misma Figura 10, los puntajes bajos se refieren al funcionamiento del grupo respecto a la organización del equipo (pregunta 3), responsabilidad y compromiso en el trabajo (pregunta 4), la participación activa del estudiante (pregunta 5) y la comunicación proactiva del estudiante con los demás integrantes (preguntas 7 y 9).

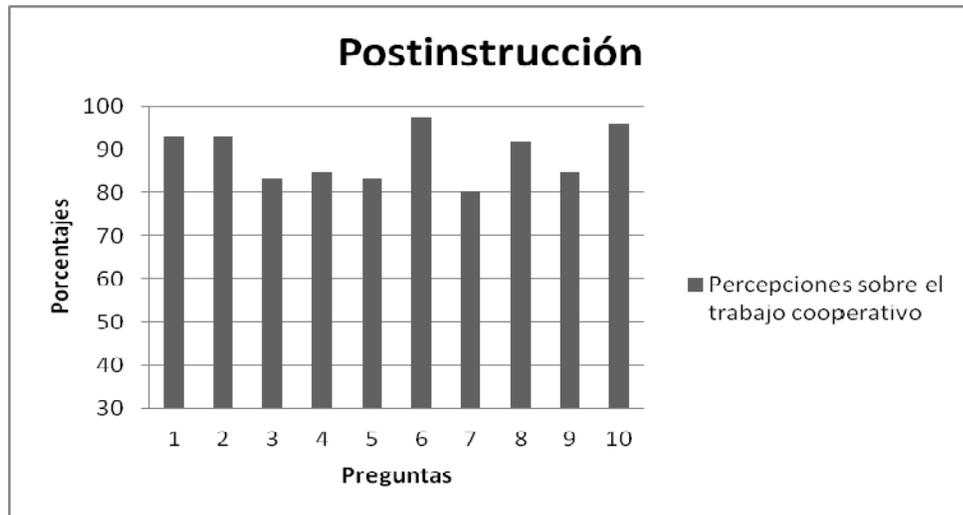


Figura 10. Percepciones sobre el trabajo cooperativo después de la instrucción.

Además, en el espacio del cuestionario destinado para comentarios, 21 estudiantes escribieron sus opiniones. De éstas, solo una de ellas fue negativa: “A mí no me gusta trabajar en equipo y prefiero trabajar sola”. Entre las opiniones positivas, las más comunes fueron: “Es más divertido”, “Terminas antes el trabajo”, “Aprendes más”, “Es más entretenido”, “Es más interesante”, etc.

Existieron varios comentarios muy interesantes, pero probablemente los que se transcriben a continuación resumen los sentimientos generales de los alumnos: “Este trabajo es importante porque me ayuda a tener lazos con mis nuevos compañeros, también aprendo a ser más abierta con las personas y no sentir miedo de hablar”, “Opino que es muy buena idea trabajar en equipo y así es mejor hacer las actividades, es más

divertido, entretenido e interesante y es la mejor manera para realizar nuestras actividades durante todo el año” y “Me gustó trabajar en equipo porque es más fácil y divertido y aprendimos a ponernos de acuerdo”.

Por otra parte, durante el desarrollo de la instrucción mediante trabajo cooperativo, al final de cada sesión de trabajo se les pidió a los jóvenes que evaluaran el trabajo propio y el de sus compañeros durante esa sesión con el instrumento mostrado en el Apéndice E. Respecto a este instrumento de auto y coevaluación, los puntajes que se otorgaron los alumnos fueron acordes con las observaciones realizadas por el instructor. De los cinco puntos mencionados en el instrumento, el punto en el que se auto y coevaluaron más bajo los estudiantes fue el que hace referencia a la organización del tiempo para realizar la actividad. En este punto, en ocasiones llegaron a calificarse con un seis. En otros, las calificaciones oscilaban entre ocho y 10, y, ocasionalmente un siete.

También, el instructor realizó observaciones sobre el trabajo cooperativo con ayuda del instrumento mostrado en el Apéndice F. Los puntos 1, 2, 4 y 9 de este instrumento están relacionados con la convivencia entre los integrantes de los equipos y desde las primeras sesiones los integrantes interactuaron sin conflictos. Solo se notó que una alumna se resistía a trabajar cooperativamente y, desafortunadamente, su actitud no cambio conforme transcurrieron las sesiones. Los puntos 3, 6 y 10 se refieren al conocimiento de los integrantes y organización sobre la actividad, y conforme transcurrieron las sesiones hubo mejoría a este respecto.

Los puntos 5 y 8 están relacionados con la actitud de los estudiantes respecto al trabajo cooperativo y desde un principio esta fue positiva, incluso, en las últimas sesiones estaban ansiosos por iniciarlo. Los puntos 7 y 12 se relacionan con la actitud de los

estudiantes respecto al aprendizaje de los demás, y este aspecto del trabajo cooperativo fue el que reveló puntajes un poco más bajos. Por último, el punto 11 se refiere a la dedicación con la que trabajaron los integrantes. En relación a esto se detectaron tres estudiantes que en las diferentes sesiones no se esforzaban por el trabajo, y, como los equipos variaban, hacia las últimas sesiones los demás integrantes del equipo al que eran asignados les advertían que tenían que realizar su trabajo.

En los siguientes apartados se muestra la comparación de resultados antes y después de la instrucción de la teoría de la evolución por selección natural en cada uno de los grupos.

4.1.3 Comparación en conocimientos, concepciones y trabajo cooperativo antes y después de la instrucción.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos al comparar los datos de los grupos experimental y de control, antes y después de la instrucción. En el primer apartado se presenta la comparación respecto a conocimientos y concepciones sobre la teoría de la evolución por selección natural de ambos grupos. En el segundo, se realiza la comparación respecto a las percepciones y sentimientos de los estudiantes sobre el trabajo cooperativo para el grupo experimental.

4.1.3.1 Conocimientos y concepciones. En la Figura 11 se presentan los resultados obtenidos por los grupos experimental y de control antes y después de la instrucción en cada uno de los tres aspectos considerados, conocimientos, concepciones y puntaje global. Como se observa, en todos los casos hubo incrementos en los puntajes alcanzados por ambos grupos debido a la instrucción del tema. Estos puntajes ya fueron mencionados en los apartados correspondientes.

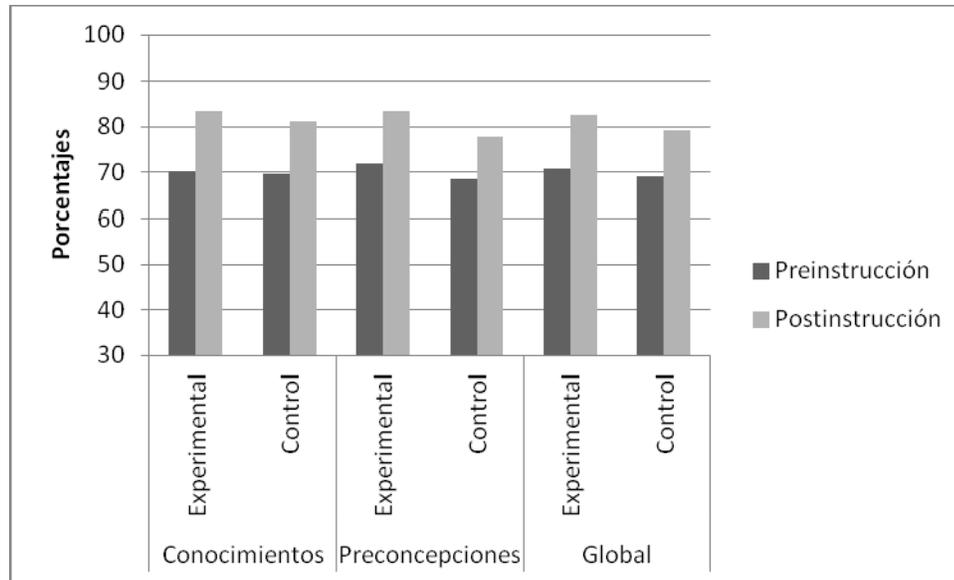


Figura 11. Resultados en conocimientos, preconcepciones y global pre y postinstrucción.

En relación a las preguntas sobre conocimientos, en la Figura 12 se comparan los resultados obtenidos por los grupos experimental y control pre y post instrucción.

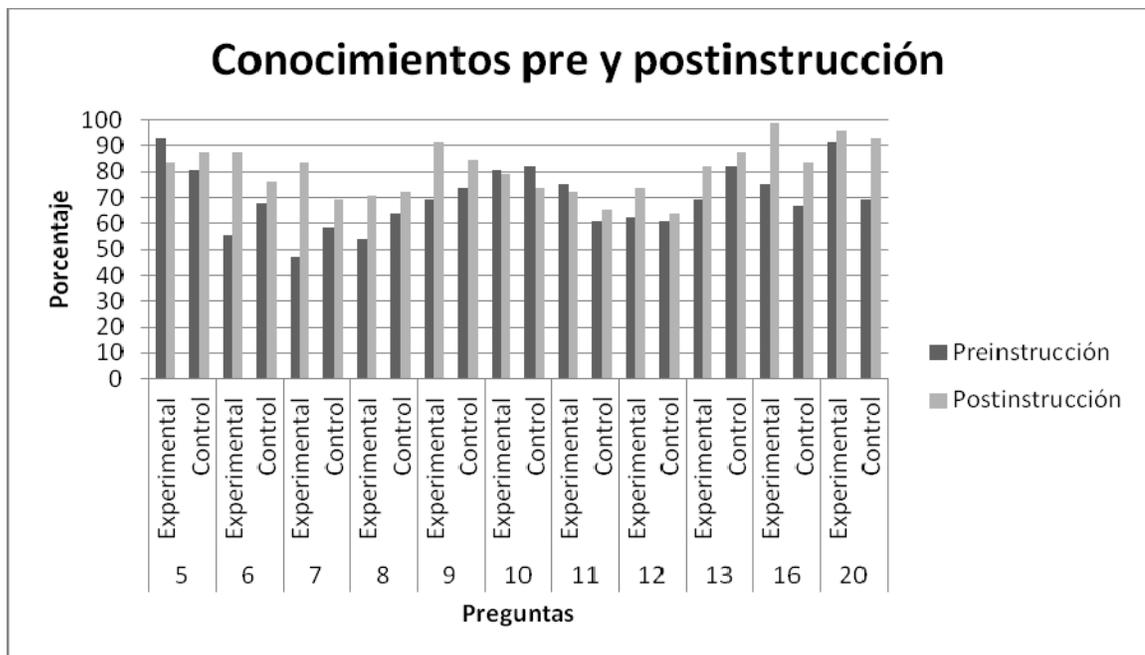


Figura 12. Resultados en conocimientos pre y postinstrucción de los grupos experimental y de control.

En dicha figura se puede observar que el grupo experimental incrementó sus puntajes gracias a la instrucción mediante trabajo cooperativo en las preguntas 6 (31.9 puntos porcentuales), 7 (36.1%), 8 (16.7 %), 9 (22.22%), 12 (11.1%), 13 (12.5%), 16 (23.6%) y 20, aunque en esta última con una mínima diferencia (4.1%). Sin embargo, los disminuyó en las preguntas 5, 10 y 11, siendo mínima la disminución en las dos últimas preguntas (1.38% y 2.77% respectivamente) y mayor en la primera (9.72%). El grupo control solo disminuyó su puntaje en la pregunta 10, y lo hizo en una proporción mayor al experimental (8.33%). En la Figura 13 se presenta la comparación pre y postinstrucción para los dos grupos en las preguntas correspondientes a preconcepciones.

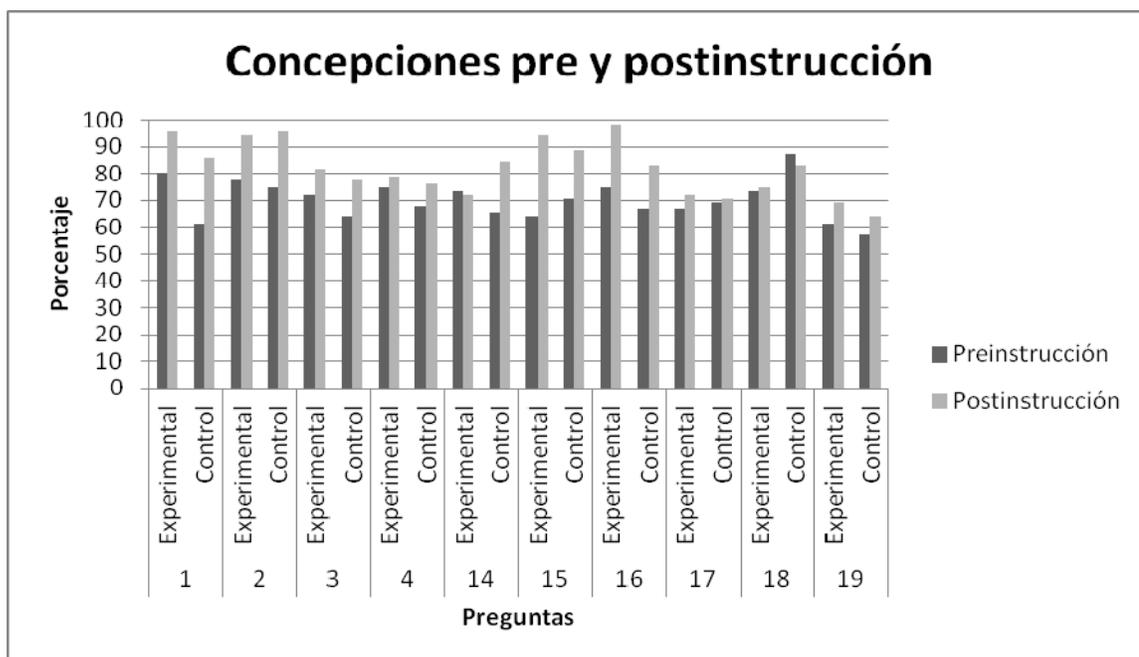


Figura 13. Resultados en preconcepciones pre y postinstrucción de los grupos experimental y de control.

En este caso, el grupo experimental solo disminuyó su puntaje en la pregunta 14, aunque con una mínima diferencia (1.38%). El grupo control lo disminuyó en la pregunta 18, con una diferencia de 4.17%. En todas las demás preguntas, ambos grupos mostraron

incremento en sus puntajes. En la figura, también se nota claramente la permanencia de la concepción correspondiente a la pregunta 19, y en menor medida, de la 17, ya que ambos grupos obtuvieron puntajes bajos. Igualmente, se nota que, en el grupo experimental hubo incremento en puntaje en la pregunta 15, pero prevaleció la concepción correspondiente a la pregunta 18. En el grupo control permaneció la concepción correspondiente a la pregunta 3, aunque disminuyó notablemente la de la pregunta 1.

También se analizaron estadísticamente los datos de los grupos experimental y control respecto a conocimientos, preconcepciones y puntajes totales. En este caso, y a diferencia de los análisis anteriores, se utilizaron pruebas t pareadas debido a que se pretendía identificar si existían diferencias significativas en cada grupo como resultado de la instrucción. Los resultados obtenidos del análisis estadístico se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Resultados de la pruebas t pareadas comparando pre y postinstrucción.

Variable	Grupos	Instrucción	n	Media	Desv. Est.	t	p
Conocimientos	Experimental	Preinstrucción	24	23.20833	2.73431	-5.1865	0.0000*
		Postinstrucción	24	27.54167	3.078384		
	Control	Preinstrucción	24	23	3.934242		
		Postinstrucción	24	25.708333	3.368385		
Preconcepciones	Experimental	Preinstrucción	24	21.58333	2.827146	-4.7987	0.0001*
		Postinstrucción	24	25	2.064187		
	Control	Preinstrucción	24	20.54167	2.750165		
		Postinstrucción	24	24.33333	2.729336		
Global	Experimental	Preinstrucción	24	42.54167	3.623344	-6.3586	0.0000*
		Postinstrucción	24	49.58333	4.471326		
	Control	Preinstrucción	24	41.54167	5.183411		
		Postinstrucción	24	47.54167	4.75467		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

Como se observa en la tabla, en todos los casos hay diferencia significativa antes y después de la instrucción en un nivel de 0.05 (en el grupo experimental, la diferencia lo es incluso en un nivel de .0001, aunque en el caso de las preconcepciones se está en el umbral de ese valor). También mejoró el conocimiento de la teoría y disminuyeron las

concepciones erróneas sobre ésta debido a la instrucción. También, se realizaron pruebas t pareadas a los datos obtenidos por cada grupo en cada pregunta antes y después de la instrucción. Los resultados del grupo experimental se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8

Resultados de las pruebas t pareadas de los datos obtenidos en cada pregunta por el grupo experimental antes y después de la instrucción.

Pregunta	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
1	Preinstrucción	24	2.416667	0.7755316	-2.4104	0.0243*
	Postinstrucción	24	2.875	0.337832		
2	Preinstrucción	24	2.333333	0.7019641	-3.1396	0.0046*
	Postinstrucción	24	2.833333	0.4815434		
3	Preinstrucción	24	2.166667	0.9168313	-1.6640	0.1097*
	Postinstrucción	24	2.458333	0.6580053		
4	Preinstrucción	24	2.25	0.4423259	-0.7679	0.4503
	Postinstrucción	24	2.375	0.4945354		
5	Preinstrucción	24	2.791667	0.4148511	1.9036	0.0695
	Postinstrucción	24	2.5	0.6593805		
6	Preinstrucción	24	1.666667	0.9168313	-5.1711	0.0000*
	Postinstrucción	24	2.625	0.7109394		
7	Preinstrucción	24	1.416667	0.6538625	-4.8245	0.0001*
	Postinstrucción	24	2.5	0.8340577		
8	Preinstrucción	24	1.625	0.7109394	-2.7689	0.0109*
	Postinstrucción	24	2.125	0.8998792		
9	Preinstrucción	24	2.083333	0.5835921	-5.7840	0.0000*
	Postinstrucción	24	2.75	0.4423259		
10	Preinstrucción	24	2.416667	0.5835921	0.2138	0.8326
	Postinstrucción	24	2.375	0.5757792		
11	Preinstrucción	24	2.25	0.4423259	0.5692	0.5748
	Postinstrucción	24	2.166667	0.5646597		
12	Preinstrucción	24	1.875	0.7974143	-1.6213	0.1186
	Postinstrucción	24	2.208333	0.9315329		
13	Preinstrucción	24	2.083333	0.9286112	-1.4364	0.1644
	Postinstrucción	24	2.458333	0.72106		
14	Preinstrucción	24	2.208333	0.8836272	0.1705	0.8661
	Postinstrucción	24	2.166667	0.9630868		
15	Preinstrucción	24	1.916667	0.7755316	-5.0999	0.0000*
	Postinstrucción	24	2.833333	0.3806935		
16	Preinstrucción	24	2.25	0.9440892	-3.4733	0.0021*
	Postinstrucción	24	2.958333	0.2041241		
17	Preinstrucción	24	2	0.5107539	-1.0000	0.3277
	Postinstrucción	24	2.166667	0.6370221		
18	Preinstrucción	24	2.208333	0.72106	-0.1960	0.8464
	Postinstrucción	24	2.25	0.6756639		
19	Preinstrucción	24	1.833333	0.8164966	-1.0636	0.2986
	Postinstrucción	24	2.083333	0.8297022		
20	Preinstrucción	24	2.75	0.6079188	-0.7679	0.4503
	Postinstrucción	24	2.875	0.4484272		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

En este caso, en las preguntas que corresponden a concepciones hubo diferencia estadísticamente significativa en un nivel de 0.05 en las preguntas 1, 2 y 15. Respecto a las preguntas relacionadas con conocimientos, la hubo en las preguntas 6, 7, 8 y 9. También existió diferencia en la pregunta 16, que comprende ambas categorías. En todas las preguntas mencionadas, los puntajes más altos se tuvieron después de la instrucción mediante trabajo cooperativo. Respecto a las preguntas 5, 10, 11 y 14 que presentaron disminución en puntaje, ésta no fue significativa en ninguna de ellas.

En la Tabla 9 se presentan los resultados obtenidos por el grupo control en las pruebas t pareadas realizadas a cada una de las preguntas, pre y post instrucción. Se puede observar que en el grupo control, respecto a las preguntas de preconcepciones, existió diferencia significativa en un nivel de 0.05 en la 1, 2, 14 y 15. También la hubo en la pregunta 20, la cual corresponde a conocimientos. En todos los casos los puntajes mayores se lograron después de la instrucción tradicional.

Al igual que en el grupo experimental, en las preguntas donde el grupo control presentó disminución del puntaje antes y después de la instrucción, dicha disminución no fue estadísticamente significativa. Estas preguntas son la número 10 que corresponde a conocimientos y la 18 que corresponde a preconcepciones. A continuación se presentan los resultados obtenidos por el grupo experimental antes y después de la instrucción respecto al trabajo cooperativo.

4.1.3.2 Trabajo cooperativo. En la Figura 14 se presenta una gráfica donde se comparan las percepciones y sentimientos de los estudiantes antes y después de la instrucción. Como se observa, excepto en la pregunta 9, donde no se presentó ninguna diferencia, en todas las demás se presentó un incremento en las percepciones y

sentimientos de los alumnos acerca del trabajo cooperativo. Las diferencias en puntos porcentuales fueron de 15.27 para la pregunta 1, 18.05 para la 2, 22.22 para la 3 y 4, de 11.11 para la 5, 12.5 para la 6, 5.55 para la 7, 13.88 para la 8 y de 8.33 para la 10.

Tabla 9

Resultados de las pruebas t pareadas de los datos obtenidos en cada pregunta por el grupo de control antes y después de la instrucción.

Pregunta	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
1	Preinstrucción	24	1.833333	0.761387	-3.8918	0.0007*
	Postinstrucción	24	2.583333	0.6538625		
2	Preinstrucción	24	2.25	0.7372098	-3.3147	0.0030*
	Postinstrucción	24	2.875	0.337832		
3	Preinstrucción	24	1.916667	0.9743076	-1.7351	0.0961
	Postinstrucción	24	2.333333	0.7019641		
4	Preinstrucción	24	2.041667	0.4643056	-1.8127	0.0830
	Postinstrucción	24	2.291667	0.5500329		
5	Preinstrucción	24	2.416667	0.8297022	-0.9607	0.3467
	Postinstrucción	24	2.625	0.7109394		
6	Preinstrucción	24	2.041667	0.9990938	-0.8265	0.4170
	Postinstrucción	24	2.291667	0.9078961		
7	Preinstrucción	24	1.75	0.8968544	-1.3991	0.1751
	Postinstrucción	24	2.083333	0.9743076		
8	Preinstrucción	24	1.916667	0.7755316	-1.0000	0.3277
	Postinstrucción	24	2.166667	0.8681147		
9	Preinstrucción	24	2.208333	0.58823	-1.4980	0.1477
	Postinstrucción	24	2.541667	0.72106		
10	Preinstrucción	24	2.458333	0.5089774	1.6613	0.1102
	Postinstrucción	24	2.208333	0.58823		
11	Preinstrucción	24	1.833333	0.3806935	-1.1410	0.2656
	Postinstrucción	24	1.958333	0.3586408		
12	Preinstrucción	24	1.833333	0.8164966	-0.3711	0.7140
	Postinstrucción	24	1.916667	0.7755316		
13	Preinstrucción	24	2.458333	0.72106	-0.7230	0.4770
	Postinstrucción	24	2.625	0.7109394		
14	Preinstrucción	24	1.958333	0.9078961	-3.0774	0.0053*
	Postinstrucción	24	2.541667	0.7790276		
15	Preinstrucción	24	2.125	0.6796738	-2.7158	0.0123*
	Postinstrucción	24	2.666667	0.7019641		
16	Preinstrucción	24	2	0.9325048	-1.8127	0.0830
	Postinstrucción	24	2.5	0.7801895		
17	Preinstrucción	24	2.083333	0.5036102	-0.2719	0.7881
	Postinstrucción	24	2.125	0.5366968		
18	Preinstrucción	24	2.625	0.4945354	0.6467	0.5242
	Postinstrucción	24	2.5	0.7223151		
19	Preinstrucción	24	1.708333	0.7506036	-0.8943	0.3804
	Postinstrucción	24	1.916667	0.8297022		
20	Preinstrucción	24	2.083333	0.8297022	-3.4733	0.0021*
	Postinstrucción	24	2.791667	0.5089774		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

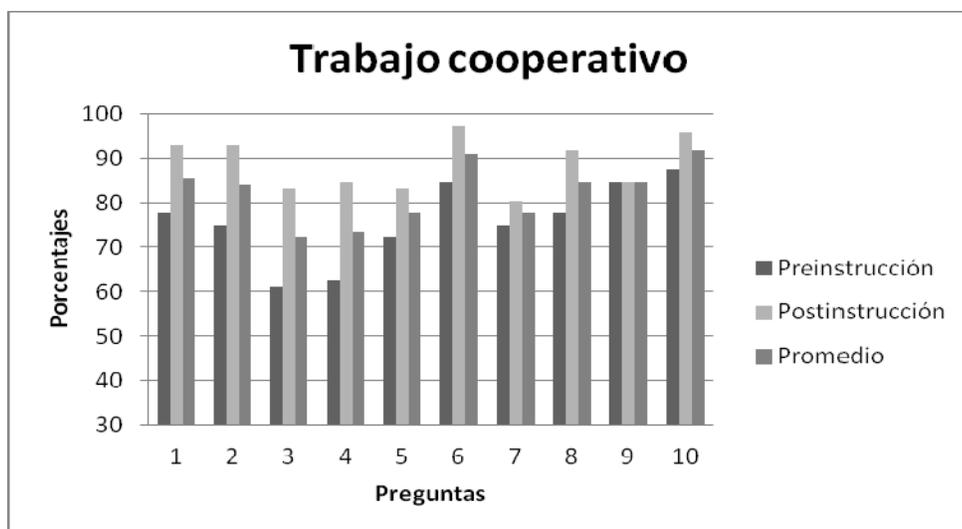


Figura 14. Comparación en las percepciones de los estudiantes pre y postinstrucción.

Al analizar estadísticamente los datos sobre las percepciones de los estudiantes del grupo experimental respecto al trabajo cooperativo, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 10. Es posible determinar que hay diferencia estadísticamente significativa en esta variable antes y después de la instrucción, notándose una mejoría. Es decir, los sentimientos y percepciones de los estudiantes sobre el trabajo cooperativo fueron más positivos después de la instrucción que antes de ésta.

Tabla 10

Resultado de la prueba t pareada respecto al trabajo cooperativo.

Variable	Instrucción	n	Media	Desv. Est.	T	p
Percepciones de los estudiantes sobre el trabajo cooperativo	Preinstrucción	24	22.75	0.3624094	-6.5259	0.0000*
	Postinstrucción	24	26.625	0.4655233		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

Igualmente, se analizaron estadísticamente mediante pruebas t pareadas los resultados obtenidos en cada una de las preguntas sobre el trabajo cooperativo en el grupo experimental. Estos resultados se muestran en la Tabla 11 y no se encontró diferencia significativa en el nivel de 0.05 en las preguntas 7, 9 y 10. Las preguntas 7 y 9 se

relacionaban con las habilidades de cooperación e interacciones de los estudiantes y la pregunta 10 estaba relacionada con la actitud del alumno ante el trabajo cooperativo.

En el siguiente apartado se analizan e interpretan los resultados mostrados anteriormente, tanto para el grupo experimental como para el de control. Dicho análisis se realiza comparando los grupos antes y después de la instrucción del tema del evolucionismo. También se comparan cada uno de los grupos.

Tabla 11

Resultados de las pruebas t pareadas de los datos obtenidos en cada pregunta por el grupo experimental antes y después de la instrucción respecto al trabajo cooperativo.

Pregunta	Grupos	n	Promedio	Desv. Est.	t	p
1	Preinstrucción	24	2.333333	0.6370221	-2.8823	0.0084*
	Postinstrucción	24	2.791667	0.4148511		
2	Preinstrucción	24	2.25	0.6756639	-3.1857	0.0041*
	Postinstrucción	24	2.701667	0.5089774		
3	Preinstrucción	24	1.833333	0.6370221	-3.7622	0.0010*
	Postinstrucción	24	2.5	0.6593805		
4	Preinstrucción	24	1.875	0.6123724	-3.7622	0.0010*
	Postinstrucción	24	2.541667	0.5089774		
5	Preinstrucción	24	2.166667	0.6370221	-2.1448	0.0428*
	Postinstrucción	24	2.5	0.5107539		
6	Preinstrucción	24	2.541667	0.5089774	-3.1907	0.0041*
	Postinstrucción	24	2.916667	0.2823299		
7	Preinstrucción	24	2.25	0.6079188	-1.0724	0.2947
	Postinstrucción	24	2.416667	0.5036102		
8	Preinstrucción	24	2.333333	0.4815434	-2.8458	0.0092*
	Postinstrucción	24	2.75	0.4423259		
9	Preinstrucción	24	2.541667	0.5089774	0.0000	1.0000
	Postinstrucción	24	2.541667	0.58823		
10	Preinstrucción	24	2.625	0.4945354	-1.6613	0.1102
	Postinstrucción	24	2.875	0.4484272		

*Significante a $p < 0.05$, Sig. (bilateral)

4.2 Análisis e interpretación de los resultados

A continuación, se interpretan y analizan los resultados presentados anteriormente. Al principio, se muestra lo concerniente a conocimientos y concepciones sobre la teoría de la evolución en los grupos experimental y de control. Posteriormente, se presenta lo relacionado con el trabajo cooperativo en el grupo experimental.

Antes de la instrucción, no hubo diferencia estadísticamente significativa entre los grupos experimental y de control en las respuestas al cuestionario (Apéndice H), ni en las partes de éste que correspondían a conocimientos o preconcepciones sobre la teoría de la evolución. Además, en ambos grupos se presenta la misma tendencia en cuanto a las preguntas que presentaron puntajes más bajos, la 6, 7, 8, 12 y 19. De éstas, solo la 19 corresponde a preconcepciones y las demás a conocimientos, y no se detectó diferencia estadísticamente significativa en ninguna de estas preguntas entre los grupos.

Los hallazgos antes mencionados coinciden con lo reportado en diferentes estudios sobre la dificultad que presenta el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural (Millán et al., 1997; Hernández y Ruiz, 2000; Kalinowski et al., 2010), ya que en general se obtuvieron bajos puntajes respecto a los conocimientos sobre el tema. En especial en los conceptos de población, variabilidad, sobreproducción de individuos y evolución de las poblaciones debida a cambios genéticos individuales (preguntas 6, 7, 8 y 12). Sobre todo, si se considera que en la educación primaria los alumnos ya recibieron instrucción sobre la teoría de la evolución por selección natural.

Sin embargo, debido a lo reportado en la literatura sobre la existencia de gran cantidad de concepciones erróneas sobre la teoría (Bishop y Anderson, 1990; Gregory y Ellis; 2009; Hernández y Ruiz; 2000; Kalinowski et al., 2010; Nehm y Schonfeld, 2007; Nelson, 2007), se esperaban puntajes más bajos en este aspecto. En ambos grupos, se identificó claramente una preconcepción errónea, la evolución por necesidad de los seres vivos (pregunta 19), y en menor proporción se detectó la concepción relacionada con el hecho de que la pérdida de alguna característica ocasiona la aparición de otra (pregunta 17). Además, en los dos grupos se identificó aceptación sobre el evolucionismo.

Después de la instrucción, se encontraron puntajes más altos en conocimientos, preconcepciones y globales en el grupo experimental, respecto al de control. Sin embargo, las diferencias entre los grupos no fueron significativas, como se puede constatar en la Tabla 5. En uno de estos aspectos, el de conocimientos, se obtuvo un valor de p que está en el umbral del nivel de significancia. Más aún, en el análisis estadístico de cada pregunta (Tabla 6), solo se observó diferencia significativa en la pregunta 16, la cual es la única pregunta del cuestionario mediante la cual se pretendía identificar el conocimiento sobre el término supervivencia del más apto y las preconcepciones que se tenían sobre este. En esta pregunta, el puntaje mayor lo presentó el grupo experimental.

Los resultados anteriores no coinciden con lo reportado respecto a la influencia benéfica del trabajo cooperativo en el aprendizaje de las ciencias. Por ejemplo, Lin (2006) comenta que el aprendizaje cooperativo permite que los estudiantes mejoren procesos de pensamiento científico que les permite entender mejor los temas. Igualmente, Köse et al. (2010) realizaron un estudio para conocer la influencia del trabajo cooperativo en las actitudes de los estudiantes de secundaria hacia las ciencias y en el aprendizaje del tema reproducción y desarrollo de los organismos vivos. Encontraron una influencia benéfica de esta estrategia de instrucción para los dos aspectos estudiados.

Tampoco hay coincidencia con lo reportado por Nehm y Reilly (2007) respecto a la influencia de esta estrategia en el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural y la erradicación de concepciones erróneas. En el estudio realizado por estos autores se identificó la influencia benéfica del trabajo cooperativo, tanto para la erradicación de concepciones erróneas, como para el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural. Aunque, los autores aclaran que no fue posible la

erradicación total de las preconcepciones, ya que después de un año de instrucción, aún persistían una o dos de éstas.

Por otra parte, al comparar estadísticamente cada grupo, antes y después de la instrucción, se encontró que en conocimientos, concepciones y puntaje global existieron diferencias significativas positivas pre y postinstrucción en el nivel de 0.05, como se puede observar en la Tabla 7. Incluso, en el grupo experimental estas diferencias fueron estadísticamente significativas en el nivel de 0.0001.

Al realizar el análisis estadístico a cada pregunta pre y postinstrucción, en el grupo experimental se encontró diferencia significativa positiva en ocho preguntas, como se observa en la Tabla 8. Una de las preguntas evalúa tanto preconcepciones como conocimientos (pregunta 16, concepto supervivencia del más apto, preconcepción aptitud como sinónimo de fuerza). De las restantes, cuatro corresponden a conocimientos (preguntas 6, 7, 8 y 9, conceptos población, variabilidad, sobreproducción de individuos y cambios debidos a mutaciones y recombinación genética) y tres a preconcepciones (preguntas 1, 2 y 15, veracidad de la teoría de la evolución, convivencia entre humanos y dinosaurios y daños de las mutaciones). Además, respecto a las concepciones erróneas identificadas solamente en este grupo (preguntas 15 y 18), ya se indicó que el trabajo cooperativo propició la disminución de la primera, pero no influyó en la segunda (variabilidad poblacional y supervivencia de los más aptos).

En el grupo control se identificó diferencia significativa en cinco preguntas, como se observa en la Tabla 9, de las cuales cuatro corresponden a preconcepciones (preguntas 1, 2, 14 y 15, veracidad de la teoría de la evolución, convivencia entre humanos y dinosaurios, adaptación en una generación y daños de las mutaciones) y una de ellas a

conocimientos (pregunta 20, pruebas de la evolución). Respecto a las concepciones identificadas en este grupo (preguntas 1 y 3), mediante la instrucción se disminuyó la primera, pero no hubo cambios en la segunda (la evolución es un proceso direccionado y progresivo).

Aunque algunos de los resultados anteriores fueron inesperados con base en lo reportado en otras investigaciones, en otros hay coincidencia. Por ejemplo, no se detectó influencia benéfica del trabajo cooperativo en el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural, comparado con la instrucción tradicional, influencia que si fue detectada por Nehm y Reilly (2007). También se ha reportado que, cuando se instruye el tema de la teoría de la evolución por selección natural, se puede mejorar el conocimiento de los conceptos sobre el evolucionismo, independientemente de la estrategia de instrucción utilizada. Sin embargo, en cualquier estrategia que se emplee, se ha detectado que hay gran dificultad para erradicar preconcepciones erróneas (Bishop y Anderon, 1990; Cavallo y McCall, 2008; Millán et al., 1997).

En relación a lo anterior, en el grupo experimental se identificó mejoría en el conocimiento de los conceptos, ya que existió diferencia estadísticamente significativa en cinco preguntas (la 6, 7, 8, 9 y 16) que los evalúan, como se puede constatar en la Tabla 8. En la misma tabla se puede observar que este grupo presentó diferencia significativa pre y postinstrucción respecto a las preconcepciones correspondientes a las preguntas 1, 2, 15 y 16. Por otra parte, en el caso del grupo control se observó que solamente hubo mejoría en una de las preguntas de conocimientos (la número 20), mientras que disminuyeron las concepciones correspondientes a las preguntas 1, 2, 14 y 15.

Además, en el grupo experimental se presentó disminución en puntaje en las preguntas 5,10 y 11 que corresponden a conocimientos (conceptos especie, lucha por la existencia y adaptación), y en la 14 (la adaptación puede presentarse en una generación) correspondiente a preconcepciones, aunque en ninguno de los casos las diferencias fueron estadísticamente significativas. En el grupo control también se presentó disminución en puntaje en la pregunta 10 de conocimientos (concepto lucha por la existencia) y en la 18 en preconcepciones (el no considerar la variabilidad poblacional para la supervivencia y reproducción de los más aptos). Al igual que en el grupo experimental, en estas dos preguntas no hubo diferencia significativa antes y después de la instrucción.

Debe hacerse notar que tanto en el grupo experimental como en el de control hubo disminución en puntaje en la pregunta 10, la cual corresponde a conocimiento del concepto lucha por la existencia. Este concepto es uno de los cuatro pilares de la teoría de la evolución por selección natural (junto con la sobreproducción de individuos, la variabilidad y la supervivencia del más apto) (Darwin, 2010). Aunque en ninguno de los grupos fue estadísticamente significativa la disminución en los puntajes, tampoco se puede considerar que los estudiantes hayan mejorado en su conocimiento de este concepto gracias a la instrucción, ya sea tradicional o mediante trabajo cooperativo.

Al aplicar al grupo experimental el cuestionario para conocer sus sentimientos y percepciones sobre el trabajo cooperativo antes de la instrucción, se detectó una buena disposición para el mismo, si se observa el puntaje global. Sin embargo, no fue utilizado por los alumnos el espacio proporcionado para comentarios. Los puntajes más bajos se detectaron en las preguntas tres y cuatro, las cuales estaban relacionadas con la organización del equipo y el compromiso de los estudiantes con el trabajo.

Después de la instrucción, el puntaje general subió considerablemente, existiendo diferencia estadísticamente significativa en un nivel de 0.05 antes y después de la instrucción en el puntaje global. Al revisar los resultados de cada pregunta, en todas hubo incremento del puntaje, menos en la nueve, donde se mantuvo.

Se analizó estadísticamente cada una de las preguntas y además de la pregunta 9, se detectaron dos en las cuales no hubo diferencia significativa. Una, la relacionada con el hecho de que los alumnos preguntaran, respondieran o explicaran a los demás integrantes, lo que implica que es un punto sobre el que es necesario trabajar más. Las otras dos se referían a la relación con compañeros de clase y el gusto de trabajar cooperativamente, aclarando que en estas últimas desde un principio se obtuvieron altos puntajes.

También cabe mencionar que además de la mejoría en los sentimientos de los alumnos respecto al trabajo cooperativo y de sus comentarios positivos respecto a éste, en el salón de clases se detectó un ambiente muy agradable. Incluso, a partir de la sesión cinco, era común que los jóvenes expresaran que el tiempo de clase se había pasado muy rápido. Igualmente, al inicio de las sesiones se mostraban ansiosos por iniciar el trabajo cooperativo.

En los puntos anteriores se coincide con lo reportado por diferentes autores en relación a la influencia benéfica del trabajo cooperativo en los aspectos socioafectivo, capacidades comunicativas y en las relaciones con sus compañeros. Por ejemplo, Díaz-Barriga y Hernández (2002) indican que el trabajo cooperativo influye en las relaciones socioafectivas porque incrementa el respeto, solidaridad, autoestima y la capacidad para adoptar las perspectivas de los demás. Parrat-Dayán (2007) coincide con lo mencionado por las autoras respecto al respeto mutuo y solidaridad.

Köse et al. (2010) mencionan la importancia del trabajo cooperativo en el desarrollo de habilidades comunicativas, al igual que lo hace Lin (2006), quien además añade el desarrollo de la tolerancia en los estudiantes gracias al uso de esta estrategia. Estos aspectos se pueden notar en los comentarios que hicieron los alumnos en del grupo experimental después de la instrucción y que ya se presentaron anteriormente.

Respecto a la auto y co-evaluación de los alumnos y las observaciones realizadas por el instructor, se pueden obtener varias conclusiones. En primer lugar, al revisar los datos obtenidos con ambos instrumentos, y compararlos, se nota que los alumnos son muy críticos, tanto en relación a su propio trabajo, como en relación al trabajo realizado por sus compañeros. En ambos casos, la mayoría de las veces se asignan puntajes aún menores a los asignados por el instructor.

Además, conforme se avanzaba en las sesiones, los equipos se organizaban cada vez mejor y trabajaban más rápidamente. Esto lo notaron incluso los alumnos, quienes fueron incrementando los puntajes que se otorgaban en estos aspectos durante la auto y co-evaluación. En esto, nuevamente se notan otros beneficios del trabajo cooperativo, el hecho de que los alumnos se responsabilizan por su trabajo y aprenden a organizarse (Díaz-Barriga y Hernández, 2002; Lin, 2006).

Con base en los resultados presentados, es posible tratar de responder la pregunta general que guió la investigación, ¿Cuál es el efecto del trabajo cooperativo en el entendimiento conceptual de la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de primero de secundaria? Una respuesta simple es que aparentemente el trabajo cooperativo no influyó en el entendimiento conceptual de la teoría. Sin embargo, sí se pueden obtener algunas conclusiones que se presentan en el siguiente capítulo.

Capítulo 5. Conclusiones

En el presente capítulo, se presentan las conclusiones obtenidas en el estudio, contrastando las preguntas de investigación, hipótesis y objetivos de éste, con los resultados del mismo. En primer lugar, se tratarán de contestar las preguntas específicas y posteriormente la pregunta general. A continuación, se relacionarán los resultados con los objetivos e hipótesis. Por último, se muestran algunas recomendaciones para estudios futuros relacionados con la identificación y erradicación de concepciones sobre selección natural y con el trabajo cooperativo.

En la investigación, con la primera pregunta específica se pretendían conocer las concepciones de los alumnos sobre la teoría de la evolución por selección natural, cuando ingresan a la escuela secundaria. Se encontró que la concepción más común en los grupos experimental y control es la que se refiere a que los seres vivos se adaptan por necesidad (pregunta 19). En este punto se coincide con los hallazgos de Bishop y Anderson (1990), quienes identificaron esta concepción en estudiantes preuniversitarios. Una concepción menos común, pero presente en ambos grupos es que cuando debido a cambios genéticos se pierde alguna característica, aparece otra que la reemplaza (pregunta 17). En este caso, se coincide con una de las concepciones identificada por Nehm y Schonfeld (2007).

Además, en el grupo control, se detectaron dos concepciones erróneas más. Una está relacionada con el dudar de la veracidad de la teoría de la evolución porque aún es una teoría y no una ley (pregunta 1), coincidiendo en este aspecto con lo reportado por Nehm y Schonfeld (2007). La otra se relaciona con el hecho de que los cambios del ambiente causan la adaptación de los organismos (pregunta 3). En este caso se presenta una concepción que ya fue reportada por Gregory y Ellis (2009), al considerar la

evolución como un proceso direccionado y progresivo. Es necesario añadir que en el caso de la pregunta 1, el grupo experimental obtuvo un puntaje que indica que este grupo prácticamente no tiene la preconcepción mencionada. Incluso, existe diferencia estadísticamente significativa entre los promedios de ambos grupos en esta pregunta.

En el grupo experimental, también fueron detectadas dos concepciones erróneas, aparte de las mencionadas y que no se identificaron en el grupo control. En este caso, la primera se relaciona con pensar que las mutaciones, en general, son dañinas (pregunta 15). La segunda, está relacionada con la variabilidad de las poblaciones y con el hecho de que solo sobreviven los más aptos (pregunta 18). En la primera concepción, se coincide con lo encontrado por Nehm y Schonfeld (2007), mientras que en la segunda, con lo reportado por Bishop y Anderson (1990). Es necesario añadir que, en la pregunta 18, el puntaje del grupo experimental no indicó que muchos de los alumnos tuvieran la concepción. Pero, llamó la atención que fuera considerablemente más bajo que el grupo control. Incluso, entre ambos grupos se identificó una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de 0.05.

La segunda pregunta específica de la investigación fue identificar la influencia del trabajo cooperativo en la erradicación de las concepciones erróneas sobre la teoría de la evolución por selección natural. En este aspecto, al considerar la concepción errónea más común en ambos grupos (adaptación por necesidad, pregunta 19), no se identificó influencia benéfica del trabajo cooperativo en su erradicación. Más aún, en ninguno de los grupos se encontró diferencia estadísticamente significativa respecto a esta preconcepción antes y después de la instrucción. Respecto a la otra concepción identificada en ambos grupos, el creer que cuando debido a cambios genéticos se pierde

una característica, aparece otra que la reemplaza (pregunta 17), tampoco se logró su erradicación mediante la instrucción por trabajo cooperativo o tradicional.

En el caso de las otras dos concepciones identificadas en el grupo experimental (preguntas 15 y 18, mutaciones dañinas y variabilidad de las poblaciones con la supervivencia del más apto), es necesario mencionar que el trabajo cooperativo permitió la erradicación de la primera de ellas, ya que en el grupo experimental existió diferencia significativa incluso en el nivel de 0.0001 ($t_{(23)}=-5.0999$, $p<0.05$, Tabla 8) al realizar la prueba t pareada a esta pregunta, antes y después de la instrucción. Sin embargo, prácticamente no hubo cambio en los puntajes obtenidos en la otra preconcepción antes y después de la instrucción.

De las concepciones identificadas en el grupo control (preguntas 1 y 3, dudar de la teoría de la evolución porque no es una ley y que los cambios en el ambiente causan las adaptaciones de los organismos), la instrucción tradicional permitió la erradicación de la primera. En este caso, al realizar la prueba t pareada a la pregunta 1, se encontró una diferencia significativa en el nivel de 0.05 ($t_{(23)}=-3.8918$, $p<0.05$, Tabla 9). Aunque en el caso de la otra concepción hubo una ligera mejoría en el puntaje, ésta no fue significativa.

Cabe mencionar que en la concepción relacionada con creer que la teoría de la evolución no es cierta porque no es una ley, al realizar la prueba t independiente en esta pregunta, se tuvo un valor de p que está en el umbral del nivel de 0.05 ($p=0.0583$, Tabla 6). Debido a que el grupo experimental obtuvo el puntaje más alto en esta pregunta, pareciera que el trabajo cooperativo sí ayudó en la erradicación de esta concepción.

En este punto, se comprueba lo comentado por múltiples autores respecto a la dificultad que representa la erradicación de las concepciones sobre la teoría de la

evolución por selección natural (Bishop y Anderson, 1990; Cavallo y McCall, 2008; Gregory y Ellis, 2009; Hernández y Ruiz, 2000; Millán, Carmona y Zárate, 1997; Nehm y Reilly, 2007; Robbins y Roy, 2007; Ruthledge y Mitchell, 2002).

Por otra parte, existió una pregunta donde si se encontró diferencia significativa entre los grupos experimental y control, la pregunta 16 ($t_{(46)}=2.7843$, $p<0.05$). Esta pregunta se relaciona con creer que los organismos más aptos para sobrevivir en cierto ambiente, son los más grandes y fuertes (Bishop y Anderson, 1990). Aunque en un principio no se identificó como una concepción muy común en ninguno de los dos grupos, si se encontró que el trabajo cooperativo prácticamente la erradicó en el grupo experimental. Además, en este grupo también se encontró diferencia significativa en esta pregunta antes y después de la instrucción ($t_{(23)}=-3.4733$, $p<0.05$), mientras que dicha diferencia no se identificó en el grupo control ($t_{(23)}=-1.8127$, $p>0.05$).

Con la tercera pregunta específica de la investigación se pretendía identificar la influencia del trabajo cooperativo en el aprendizaje de los conceptos claves de la teoría de la evolución por selección natural. Antes de la instrucción, se encontró que los conceptos contemplados en las preguntas 6, 7 y 8 eran los que presentaban más dificultad para ambos grupos. En las tres preguntas, el grupo experimental mostró puntajes mucho más bajos que el de control, sin existir diferencia estadísticamente significativa entre los grupos. Después de la instrucción, en las tres preguntas el grupo experimental presentó puntajes más altos que el de control, aunque tampoco se encontró diferencia significativa entre éste grupo y el de control.

Sin embargo, al comparar los resultados en el grupo de experimental antes y después de la instrucción en las mismas preguntas, en los tres casos se encontró

diferencia estadísticamente significativa en el nivel de 0.05 (pregunta seis, $p=0.0000$; pregunta siete, $p=0.0001$; pregunta ocho, $p=0.0109$). Mientras que, en el grupo control no existió dicha diferencia. Lo anterior parece indicar que el trabajo cooperativo permitió el aprendizaje correcto de tres conceptos importantes de la teoría de la evolución. Estos conceptos son población (pregunta 6), variabilidad (pregunta 7) y sobreproducción de individuos (pregunta 8).

Una situación similar se detectó en la pregunta 9. En ésta, los puntajes obtenidos por los grupos antes de la instrucción no fueron tan bajos como en las anteriores. Tampoco se presentó diferencia significativa entre los grupos ni antes, ni después de la instrucción. Pero, aunque ambos grupos mejoraron sus puntajes, en el caso del grupo control no hubo diferencia significativa, mientras que si la hubo en el experimental en el nivel de 0.05 ($p=0.0000$). Lo anterior puede indicar que el aprendizaje cooperativo les permitió a los estudiantes el aprendizaje de los conceptos mutaciones y recombinación genética, así como comprender su influencia en la evolución de las especies.

Además, la pregunta 16 (ya comentada respecto a preconcepciones) también permitía identificar el conocimiento y o aprendizaje del concepto supervivencia del más apto. Como ya se mencionó, en el aprendizaje de este concepto, aparentemente el trabajo cooperativo tiene una influencia benéfica. Por otra parte, se debe mencionar que el concepto lucha por la existencia (pregunta 10) presentó dificultades en ambos grupos, ya que hubo disminución en los puntajes obtenidos, sin importar el tipo de instrucción.

Con lo antes mencionado, es posible contestar la pregunta general que guió la presente investigación. Aparentemente, el trabajo cooperativo no influye en la erradicación de las concepciones erróneas sobre la teoría de la evolución por selección

natural. Sin embargo, pareciera que esta estrategia es benéfica para que los estudiantes logren el aprendizaje de algunos conceptos claves de la misma, aunque no se logró el de todos, por ejemplo el concepto de lucha por la existencia.

Por otro lado, respecto a los objetivos específicos de la investigación, fue posible cumplir el primero de ellos, ya que se identificaron las concepciones erróneas de los estudiantes en ambos grupos. Como ya se mencionó, estas concepciones fueron, en ambos grupos, que los seres vivos se adaptan por necesidad y que cuando los seres vivos pierden alguna característica, aparece otra que la reemplaza. Además, en el grupo control se identificaron dos preconcepciones más, dudar de la veracidad de la teoría de la evolución porque es teoría y no ley, y que los cambios del ambiente son los causantes de la adaptación de los organismos. Mientras que, en el grupo experimental se identificaron las siguientes: todas las mutaciones son dañinas y el no poder relacionar la variabilidad de los organismos con el hecho de que solo los más aptos sobreviven y se reproducen.

Mediante el segundo objetivo específico, se pretendió identificar si existía diferencia entre la instrucción mediante aprendizaje cooperativo y la tradicional en la erradicación de preconcepciones. Desafortunadamente, no todas las preconcepciones pudieron ser corregidas mediante la instrucción tradicional o utilizando el trabajo cooperativo. Sin embargo, existió una preconcepción que prácticamente fue erradicada gracias al aprendizaje cooperativo, mientras que no fue así en el aprendizaje tradicional. Esta concepción se refiere al hecho de confundir aptitud con fuerza. Al finalizar la instrucción, prácticamente desapareció en el grupo experimental.

El tercer objetivo específico se relaciona con identificar las diferencias en el aprendizaje de la teoría de la evolución, entre la instrucción tradicional y el aprendizaje

cooperativo. En este caso, y como ya se mencionó, existe una pequeña diferencia en el aprendizaje de conceptos claves de la teoría de la evolución por selección natural cuando este aprendizaje se realiza cooperativamente.

Considerando lo antes expuesto y relacionándolo con el objetivo general de la investigación, valorar la eficacia del aprendizaje cooperativo en la erradicación de concepciones erróneas y el aprendizaje de la teoría de la evolución, se puede concluir que el aprendizaje cooperativo parece influir positivamente en la adquisición de conocimientos, no así en la erradicación de concepciones erróneas. En lo anterior se coincide con los reportado por Bishop y Anderon (1990), Cavallo y McCall (2008) y Millán et al. (1997), quienes mencionan la dificultad de erradicar las concepciones erróneas sobre la teoría de la evolución, aunque se logre incrementar el conocimiento de la misma cuando se instruye este tema.

Por consiguiente, la hipótesis en la que se basó la investigación puede ser aceptada (o rechazada) parcialmente. Esto, porque parece que el trabajo cooperativo sí permite un mejor aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural, si se le compara con la instrucción tradicional. Aunque aparentemente no tiene influencia en la erradicación de las concepciones erróneas que sobre este tema tienen los estudiantes de primero de secundaria.

Sin embargo, se debe mencionar que se recomienda utilizar el aprendizaje cooperativo, no solo durante la instrucción de la teoría de la evolución por selección natural, sino también en otros temas del curso. Esto, debido a los beneficios que conlleva esta estrategia de instrucción, los cuales no solo se refieren al área del conocimiento, sino a los aspectos emocionales y de convivencia, como ya se mencionó.

Por otra parte, al observar los resultados, se deben considerar las limitantes del estudio. La primera de ellas, el número de participantes, el cual apenas fue suficiente para realizar el análisis estadístico. Otra, el hecho de que los participantes pertenecen a un nivel socioeconómico alto, por lo que difícilmente pueden escalarse los resultados a una población mayor. Una limitante más, la cual no fue considerada al inicio de la investigación, pero que sí se observó durante la misma, se refiere a la edad de los alumnos y, por consiguiente, su nivel de estudios. Es decir, el tema es complicado y probablemente los estudiantes no tienen la madurez ni los conocimientos para entenderlo.

Por ejemplo, se tiene el hecho de que la evolución se debe a cambios genéticos por mutaciones y recombinación genética (la cual se presenta durante la reproducción sexual). Sin embargo, cuando se imparte el tema a los alumnos de primero de secundaria, ellos no han sido instruidos sobre las características del ADN, su replicación, o sobre la reproducción sexual y gametogénesis. Por consiguiente, difícilmente entenderán los conceptos de mutación o recombinación genética, y, en consecuencia, tampoco podrán aplicarlos para entender la teoría de la evolución por selección natural. Por lo tanto, es conveniente que la teoría se instruya en alumnos con mayor madurez y grado de estudios.

Por último, se considera pertinente realizar más investigaciones sobre la influencia del aprendizaje cooperativo en el aprendizaje de otros temas del curso de Ciencias 1-Biología, debido a los demás beneficios que conlleva su uso. Igualmente, sería muy interesante conocer la influencia de esta estrategia en el aprendizaje y erradicación de concepciones erróneas de la teoría de la evolución por selección natural en estudiantes de cursos superiores, preuniversitarios o universitarios. Esto, debido a la importancia de la teoría para el aprendizaje de la Biología y de las ciencias en general.

Referencias

- Alcover, C. M y Gil, F. (2002). Crear conocimiento colectivamente: aprendizaje organizacional y grupal. *Revista de Psicología del Trabajo y de las Organizaciones*, 18(2-3), 259-301.
- Bishop, B. A. y Anderson, C. W. (1990). Student Conceptions of Natural Selection and Its Role in Evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.
- Cavallo, A. M. L. y McCall, D. (2008). Seeing May Not Mean Believing: Examining Students' Understandings & Beliefs in Evolution. *The American Biology Teacher*, 70(9), 522-530.
- Collazos, C. A. y Mendoza, M. (2006). Cómo aprovechar el "aprendizaje colaborativo" en el aula. *Educación y Educadores*, 9(002), 61-76.
- Darwin, C. (2010). *El Origen de las Especies* (11^a ed.). México, D. F.: Porrúa
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in Biology Makes Sense except in the light of Evolution. *The American Biology Teacher*, 35(3), 125-129.
- Díaz-Barriga, F., y Hernández, G. (2002). Aprendizaje cooperativo y proceso de enseñanza. En *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (2a ed., pp. 99-135). Distrito Federal, México: McGraw-Hill.
- Ferreiro, R. (2007). Una visión de conjunto a una de las alternativas educativas más impactante de los últimos años: El aprendizaje cooperativo. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 9(2). Recuperado de <http://redie.uabc.mx/vol9no2/contenido-ferreiro.html>

- Gil, D. (1993). El Modelo Constructivista de Enseñanza/Aprendizaje de las ciencias: Una Corriente Innovadora fundamentada en la investigación, Parte II. *Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Recuperado de <http://www.oei.es/oeivirt/gil02.htm>
- Glinz, P. E. (2005). Un acercamiento al trabajo colaborativo. *Revista Iberoamericana de Educación*, 35(2), 1-14.
- Gómez, J. L. (2007). “Caja de Pandora” y “Salvando Obstáculos”. Diseño y desarrollo de dos nuevas técnicas didácticas de aprendizaje cooperativo. *Indivisa. Boletín de estudios e investigación*, (008), 187-208.
- González, N. y García, M. R. (2007). El Aprendizaje Cooperativo como estrategia de Enseñanza-Aprendizaje en Psicopedagogía (UC): repercusiones y valoraciones de los estudiantes. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(6), 1-13.
- Gregory, T. R. y Ellis, C. A. J. (2009). Conceptions of Evolution among Science Graduate Students. *BioScience*, 59(9), 792-799.
- Hernández, M. C. y Ruiz, R. (2000). Kuhn y el aprendizaje del evolucionismo biológico. *Perfiles Educativos*, 22(89-90), 92-114.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5ª ed.). Distrito Federal, México: Mc Graw Hill
- Holubec, E. J. (1991) *The impact of cooperative team learning on performance and retention of navy air traffic controller trainees*. Disertación doctoral no publicada. Faculty of the Graduate School of the University of Texas at Austin. Recuperado el 29 de Enero del 2011 de

<http://proquest.umi.com/pqdweb?did=5951166&sid=3&Fmt=2&clientId=31317&RQT=309&VName=PQD>

- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379.
- Johnson, D. W., Johnson, R. T. y Smith, K. A. (1998). Cooperative Learning Returns to College: What Evidence Is There That It Works? *Change*, 30(4), 26-35.
- Kalinowski, S. T., Leonard, M. L. y Andrews, T. M. (2010). Nothing in Evolution Makes Sense Except in the light of DNA. *CBE-Life Sciences Education*, 9, 87-97.
Recuperado de <http://www.lifescied.org/cgi/reprint/9/2/87.full.pdf+html>
- Köse, S., Şahin, A., Ergün, A. y Gezer, K. (2010). The effects of cooperative learning experience on eight grade students' achievement and attitude toward science. *Education*, 131(1), 169-180.
- Kugler, C. (2002). Darwin's theory, Mendel's laws: Labels & teaching of science. *The American Biology Teacher*, 64(5), 341-351.
- Lin, E. (2006). Cooperative Learning in the Science Classroom. *The Science Teacher*, 73(5), 34-39.
- Meinardi, E. y Adúriz-Bravo, A. (2002). Encuesta sobre la vigencia del pensamiento vitalista en los profesores de ciencias naturales. *Experiencias e Innovaciones - Revista Iberoamericana de educación*. Recuperado de <http://www.rieoei.org/experiencias28.htm>

- Millán, P., Carmona, R. y Zárata, B. (1997). Comprensión y malentendidos del concepto de selección natural en estudiantes universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 2(3), 45-66.
- Nehm, R. y Reilly, L. (2007). Biology Majors' Knowledge and Misconceptions of Natural Selection. *Bioscience*, 57(3), 263-272.
- Nehm, R. H. y Schonfeld, I. S. (2007). Does Increasing Biology Teacher Knowledge of Evolution and the Nature of Science Lead to Greater Preference for the teaching of Evolution in Schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 699-723.
- Nelson, C. E. (2007). Teaching Evolution effectively: a central dilemma and alternative strategies. *McGill Journal of education*, 42(2), 265-283.
- Parrat-Dayán, S. (2007). Contextos autoritarios y cooperativos y su repercusión en el desarrollo del sujeto. *Educar em Revista*, (30), 89-106.
- Peña, K., Pérez, M. y Rondón, E. (2010). Redes sociales en Internet: reflexiones sobre sus posibilidades para el aprendizaje cooperativo y colaborativo. *Revista de Teoría y Didáctica de las Ciencias Sociales*, (16), 173-205.
- Prince, M. (2004). Does Active Learning Work? A review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 93(3), 223-231.
- Redish, E. (1994). The Implications of cognitive studies for teaching physics. *American Journal of Physics*, 62(6) 796-803.
- Robbins, J. R. y Roy, P. (2007). The Natural Selection: Identifying & Correcting Non-Science Student Preconceptions Through an Inquiry-Based, Critical Approach to Evolution. *The American Biology Teacher*, 69(8), 460-466.

- Ruthledge, M. L. y Mitchell, M. A. (2002). High school biology teachers' knowledge structure, acceptance & teaching of Evolution. *The American Biology Teacher*, 64(1), 21-28.
- Ruthledge, M. L. y Warden, M. A. (1999). The Development and Validation of the Measure of Acceptance of the Theory of Evolution Instrument. *School Science and Mathematics*, 99(1), 13-18.
- Ruthledge, M. L. y Warden, M. A. (2000). Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical Relationships. *The American Biology Teacher*, 61(1), 23-31.
- Scott, P., Asoko, H. y Leach, J. (2007). Students Conceptions and Conceptual Learning in Science. En S. K. Abell y N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 31-56) Estados Unidos:Lawrence Erlbaum Associates Inc.
- SEP. (2006a). *Plan de Estudios 2006. Educación básica. Secundaria*. Recuperado el 28 de Febrero del 2011 de:
http://basica.sep.gob.mx/reformasecundaria/ciencia_tecnologia/doctos/PLAN.pdf
- SEP. (2006b). *Programa de Ciencias I*. Recuperado el 28 de Febrero del 2011 de:
http://www.reformasecundaria.sep.gob.mx/ciencia_tecnologia/doctos/programa.pdf
- SEP-DGB. (2009). *Biología II. Serie Programas de Estudios*. Recuperado el 28 de Febrero del 2011 de:
http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion_academica/programasdeestudio/cfb_4os_em/biologia_II.pdf

- SEP-DGB. (2011). *Bachillerato General*. Recuperado el 28 de Febrero del 2011 de:
<http://www.dgb.sep.gob.mx/institucional/bachillerato.html>
- Solomon, E. P., Berg, L. R., Martin, E. W. y Villee, C. (1998). *Biología de Villee*.
México: McGraw-Hill Interamericana
- Suwanarathip, O. y Wichadee, S. (2010). The Impacts Of Cooperative Learning On
Anxiety And Proeficiency In An EFL Class. *Journal of College Teaching and
Learning*, 7(11), 51-57.
- Trani, R. (2004). I Won't Teach Evolution: It's against my Religion. And Now for the
Rest of the Story... *The American Biology Teacher*, 66(6), 419-427.
- Treagust, D. F. y Duit, R. (2008). Conceptual change: a discussion of theoretical,
methodological and practical challenges for science education. *Cultural studies of
Science Education*, 3(2), 297-328.
- Woods, D. M. y Chen, K. (2010). Evaluation Techniques For Cooperative Learning.
International Journal of Management and Information Systems, 14(1), 1-5.

Apéndice A. Pasos para implementar situaciones de aprendizaje cooperativo

Pasos para la correcta implementación del trabajo cooperativo del Centro de Aprendizaje Cooperativo de la Universidad de Minnesota (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 116):

- 1.- Especificar objetivos de enseñanza.
- 2.- Decidir el tamaño del grupo.
- 3.- Asignar estudiantes a los grupos.
- 4.- Acondicionar el aula.
- 5.- Planear los materiales de enseñanza para promover la interdependencia.
- 6.- Asignar los roles para asegurar la interdependencia.
- 7.- Explicar la tarea académica.
- 8.- Estructurar la meta grupal de interdependencia positiva.
- 9.- Estructurar la valoración individual.
- 10.- Estructurar la cooperación intergrupo.
- 11.- Explicar los criterios del éxito.
- 12.- Especificar los comportamientos deseables.
- 13.- Monitorear la conducta de los estudiantes.
- 14.- Proporcionar asistencia en relación con la tarea.
- 15.- Intervenir para enseñar habilidades de colaboración.
- 16.- Proporcionar un cierre a la lección.
- 17.- Evaluar la calidad y cantidad del aprendizaje de los alumnos.
- 18.- Valorar el buen funcionamiento del grupo.

Apéndice B. Roles de los integrantes del equipo

Papeles más importantes que pueden desempeñar los integrantes del equipo (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p. 119):

*Un compendiador (*summarizer*), que se encargará de resumir las principales conclusiones o respuestas generadas por el grupo.

*Un inspector (*checker*), que se asegurará de que todos los miembros del grupo puedan decir explícitamente cómo arribaron a una conclusión o respuesta.

*Un entrenador (*accuracy coach*), que corrige los errores de las explicaciones o resúmenes de los otros miembros.

*Un narrador (*relater/elaboration seeker*), que tiene como tarea pedir a los integrantes del equipo relacionar los nuevos conceptos y estrategias con el material aprendido previamente.

*Un investigador-mensajero (*researcher-runner*), que consigue los materiales que el grupo necesita y se comunica con los otros grupos y con el profesor.

*Un registrador (*recorder*), cuya función es escribir las decisiones del grupo y editar el reporte de trabajo.

*Un animador (*encourager*), que reforzará las contribuciones de los miembros del equipo.

*Un observador (*observer*), que cuidará que el grupo esté colaborando de manera adecuada.

Apéndice C. Material que se trabajará durante las sesiones

Primera sesión:

RECONOCIMIENTO DE LA EVOLUCIÓN

¿Crees que existe alguna relación evolutiva entre la rana y tú? Aunque no lo creas, si bien lejanos, no dejamos de ser “parientes”. Todos los seres vivos que habitamos la tierra somos una gran familia; provenimos de un grupo de células que se originaron hace más de 3,500 millones de años.

Los científicos han descubierto que las especies evolucionan, esto es, que tienen cambios de generación en generación a lo largo de cientos o miles de años. Por medio de esos cambios, unas especies van originando otras nuevas, distintas en su morfología (aparición externa), anatomía (organización interna) y fisiología (funcionamiento de sus órganos).

¿Cómo ocurre la evolución biológica? ¿Cómo es que la ciencia ha podido explicarla? En esta unidad conocerás las respuestas.

La evolución es el proceso de cambios genéticos graduales e ininterrumpidos, mediante el cual se desarrollaron los seres vivos a partir de organismos primitivos y la Teoría de la Evolución explica cómo se realizaron estos cambios, el origen de la diversidad de seres vivos que hay en la tierra, las relaciones de parentesco entre ellos y cómo responden las especies a los cambios del ambiente.

A lo largo de la historia de la vida de la Tierra, los seres han sufrido cambios y transformaciones, pero sólo a partir de los últimos 200 años se han intentado explicar científicamente tales cambios; durante muchos siglos prevalecieron ideas que atribuían la creación del mundo y de la vida a un ser supremo.

DARWIN Y LA SELECCIÓN NATURAL

La idea de que las especies evolucionaban fue cada vez más aceptada por parte de los científicos durante la primera mitad del siglo XIX. Sin embargo, fue explicada plausiblemente hasta que Charles Darwin propuso su teoría de la evolución por selección natural. Antes de abordar esta teoría es necesario que comprendas los siguientes conceptos:

Especie: conjunto de individuos semejantes que pueden reproducirse entre sí y cuyos descendientes también pueden hacerlo. Por ejemplo un perro y un gato pertenecen a especies diferentes, porque no es posible que se crucen entre sí.

Población: conjunto de individuos de la misma especie que habitan en una misma región. Por ejemplo, las palomas que habitan en las ciudades de León y Guadalajara, son de la misma especie pero constituyen poblaciones diferentes.

Variabilidad: se llama variabilidad a las diferencias que presentan los individuos de una misma especie o población. Por ejemplo, entre las palomas de León, unas son blancas, otras grises y otras negras, unas pueden volar más lejos que otras, etc.

Diversidad: es el hecho de que existan especies diferentes. Así, en Guadalajara hay diversas especies de aves, como palomas, golondrinas, gorriones, colibríes, tórtola, etc.

Segunda sesión:

*EL VIAJE DEL BEAGLE

Charles Darwin (1809-1882) fue un científico inglés. Le interesaba mucho el estudio de los seres vivos. De 1831 a 1836 realizó un viaje de estudio por Sudamérica, Australia y el Sur de África a bordo del barco H. M. Beagle. En Sudamérica recorrió las costas de Brasil, Argentina, Chile y las islas Galápagos.

Las principales observaciones que Darwin realizó durante su viaje, que los convencieron de la evolución de las especies fueron:

*En la selva amazónica, encontró miles de especies distintas de animales y plantas; en unos cien metros cuadrados de selva, parecía haber más especies que en toda Inglaterra. “¿Qué podía causar tal diversidad?”, se preguntaba el joven Darwin.

*En algunas regiones montañosas de Argentina, halló gran diversidad de fósiles. Llamaron su atención los de un armadillo gigante, el *Glyptodon*, con huesos parecidos a los del armadillo actual, surgiendo esta idea en Darwin: “¿acaso el *Glyptodon* podía ser un antecesor del armadillo actual?”.

*En las islas Galápagos, encontró las mayores evidencias. Las galápagos son un grupo de 13 islas principales, 6 islas menores y 42 islotes ubicados frente a Ecuador. Darwin se sorprendió de que cada isla pareciera tener especies propias. Además, todas las islas juntas parecían tener una diversidad de especies mayor a la que había

en Ecuador. Por ejemplo Darwin observó que existían varias especies de pájaros llamados pinzones. Todos se parecían entre sí, por lo que quizá estuvieran emparentados pero cada especie tenía sus propios hábitos, en especial alimentarios, y diferían entre sí en la forma de sus picos. En cambio, en Ecuador sólo había dos o tres especies diferentes de pinzones. También se encontró con la existencia de 13 diferentes especies de tortugas gigantes, llamadas Galápagos, y cada especie habitaba preferentemente en cada una de las 13 islas más grandes. Lo anterior hizo suponer a Darwin que existía la posibilidad de que una sola especie de pinzones y de tortugas arribaran a las islas y que evolucionaran para llegar a constituir tantas especies diferentes.

*En Australia, Darwin advirtió las diferencias que había entre ciertos animales australianos como el ornitorrinco y el canguro, con los de otras partes del mundo. Darwin era profundamente religioso, por lo que le causaba intranquilidad pensar en la evolución biológica como una posibilidad, puesto que esta idea contradecía los textos bíblicos. Por lo tanto, debía encontrar una hipótesis que explicara lógicamente y coherentemente la evolución y que aportara suficientes pruebas.

A su regreso a Inglaterra, Darwin estaba prácticamente convencido de la existencia de la evolución biológica. Así, decidió ordenar todos los datos obtenidos en su viaje, observar y comparar de nuevo los materiales colectados, leer y ordenar sus ideas.

Tercera sesión:

***LAS INFLUENCIAS DE DARWIN: LYELL, MALTHUS Y WALLACE**

Los trabajos de varios investigadores influyeron de manera decisiva en el desarrollo de la teoría de la evolución de Darwin.

Charles Lyell, geólogo, escribió una obra llamada “Principios de geología” donde explicaba los fenómenos geológicos que permitían desechar la teoría de las catástrofes de Cuvier y donde se demostraba que la tierra debía tener millones de años, y que en el transcurso de ese tiempo había sufrido grandes cambios; al contrario de lo que se creía en esa época, donde según cálculos realizados a partir de los sucesos contados en la Biblia, la tierra tenía siete mil años de antigüedad.

Durante su viaje, Darwin leyó el libro de Lyell y quedó convencido de que el ambiente físico ha cambiado lentamente a lo largo de millones de años y sigue cambiando.

Para 1838 (dos años después de terminar su viaje), Darwin estaba convencido de los siguientes hechos:

- La tierra tiene una antigüedad de millones de años, y su ambiente físico cambia lentamente conforme pasa el tiempo
- La evolución de los seres vivos es la única forma de explicar que haya fósiles de especies que ya no existen, que algunos fósiles se parezcan a ciertos seres vivos de la actualidad, que haya tal diversidad de seres vivos y que algunas especies posean tantas similitudes entre sí.
- Todos los seres vivos heredan sus características de padres e hijos. Esto lo había comprobado desde joven, al observar cómo en las granjas se realizaban cruces entre las plantas más productivas y el ganado más productivo y así obtener descendientes con las características deseadas.

En octubre de 1838, Darwin leyó el “Ensayo sobre el principio de población” del economista británico **Thomas Robert Malthus** (1766-1834). En este trabajo, escrito en 1798, se afirma que la población humana crecía en razón geométrica (2, 4, 6, 8, 16, etc.), en tanto que la producción de alimentos se realizaba en progresión aritmética (2, 4, 6, 8, etc.); esta desproporción traería como consecuencia la escasez de alimentos y se establecería una lucha entre los individuos para sobrevivir.

Las ideas de Malthus llevaron a Darwin a observar que existe una sobreproducción de descendientes en todas las poblaciones de individuos; sin embargo, el tamaño de éstas permanece constante porque también hay una alta tasa de mortalidad. Darwin propuso que entre los individuos existe una lucha constante por la supervivencia, en la cual los mejor dotados sobreviven y los más débiles tienden a desaparecer; de este modo, los descendientes de los primeros adquieren las características de los progenitores y de produce una generación de organismos más aptos para sobrevivir.

Apoyándose en lo anterior, Darwin desarrolló su teoría de la evolución de las especies por selección natural, lo que le llevó veinte años.

En 1858, un naturalista británico, **Alfred Russel Wallace** (1823-1913), leyó el ensayo de Malthus, combinó las ideas de éste con sus observaciones sobre los cambios de los diferentes grupos de organismos y estableció también la teoría de la selección natural. En tres días, Wallace escribió un artículo en el cual exponía sus ideas y envió el manuscrito a Darwin. Éste sufrió una gran preocupación cuando vio, resumida en pocas páginas, una teoría similar a la que él había desarrollado durante veinte años; sin embargo, decidió colaborar con Wallace. Los dos naturalistas presentaron ante la “Linnaean Society” el artículo de Wallace y un breve avance de los trabajos de Darwin y los publicaron con la firma de ambos.

Cuarta sesión:

*LA VARIABILIDAD Y SUS FUENTES

Para Darwin era un hecho irrefutable la existencia de la variabilidad hereditaria, a pesar de que desconocía los procesos que la originaban. Sostenía que dentro de las variaciones que presentaban los organismos de una misma especie, algunas proporcionaban ventajas que le permitían tener mayores oportunidades de sobrevivir para llegar a la edad adulta, reproducirse y heredarles a sus hijos estas ventajas. Dentro de las variaciones también se presentaban características que no eran ventajosas, lo que ocasionaba que los organismo que la poseían tuvieran menos probabilidades de sobrevivir y, por tanto, de dejar descendientes. Este mecanismo causaría la permanencia de las variables útiles y la eliminación de las variables perjudiciales o menos útiles.

Fue hasta el presente siglo, gracias a los procesos de la genética, cuando el hombre descubrió que las causas de dicha variabilidad (plantas, animales y hombre) son fundamentalmente dos:

- **Mutaciones.** Estas consisten en cambios repentinos en el material genético de la célula, específicamente en los cromosomas o en algún fragmento de ellos (genes). Estas estructuras forman parte del núcleo y son las encargadas de las caracteres hereditarios, así como de la estructura y funcionamiento de la célula u organismos. Dichos cambios dan lugar a la aparición de características nuevas; por ejemplo, cambios en el color del cuerpo; también puede ser la aparición de patas más cortas, etc.

- **Recombinación Genética.** En la reproducción sexual, el nuevo ser forma al fusionarse dos células reproductoras o gametos. Cada una lleva sus propios genes, de manera que al fusionarse resulta una nueva combinación de genes, que es diferente a la de los progenitores y a la de cualquier otro organismo; por tanto, sus caracteres también serán distintos.

La variabilidad biológica es muy importante para la evolución. Entre más variabilidad exista es una población, mayores oportunidades tendrá de sobrevivir y evolucionar. ¿Qué pasa con las especies que tienen poca variabilidad? Por lo general tienden a extinguirse, es decir, desaparecen. Esto ocurre porque la variabilidad permite que las poblaciones se vayan adaptando a los cambios de su ambiente.

Quinta sesión:

*SELECCIÓN NATURAL

Darwin construyó su teoría basándose principalmente en la selección natural. Los postulados de su teoría son los siguientes:

- a) **Sobreproducción:** Las condiciones favorables permiten a una población aumentar en tamaño. Con el tiempo, las presiones del ambiente limitan el número que puede sobrevivir.
- b) **Variabilidad:** En toda la población ninguno de sus integrantes es idéntico al otro, es decir hay variabilidad biológica. Varían en color, tamaño, peso, resistencia a las enfermedades, a la sequía, etc.
- c) **Supervivencia del más apto:** El ambiente en el que vive una población se encarga de seleccionar (“selección natural”) a los individuos que poseen características que les permiten estar mejor adaptados a ese ambiente. En otras palabras, sólo sobreviven aquellos que resisten las condiciones en las que viven, es decir los que resisten enfermedades, los que logran eludir a los depredadores, los que consiguen con mayor habilidad sus alimentos.
- d) **Reproducción:** Los organismo que poseen características que les permiten adaptarse mejor a su ambiente, sobreviven hasta la adultez, se reproducen y transmiten a sus descendientes las características que les permiten sobrevivir. Los organismos que no se adaptan al ambiente mueren jóvenes, sin dejar descendencia o dejando muy poca.

e) **Especiación:** Como el ambiente físico y no físico está en constante cambio con el transcurrir del tiempo, las poblaciones van teniendo cambios en sus características según se van adaptando a esos nuevos ambientes; así, a través de los años, se originan nuevas especies de seres vivos, distintos a sus ancestros.

Darwin supuso que la selección natural actuaba de manera parecida a la forma en que los seres humanos realizamos la selección de las mejores variedades de plantas y razas de animales. Un avicultor, por ejemplo, selecciona de entre las aves que tiene en su corral, aquellas que poseen características deseadas y las cruza entre sí. De su descendencia, escoge a las que tienen las mejores características y las vuelve a cruzar. Así, después de algunas generaciones, obtiene ejemplares únicos, diferentes de los que les dieron origen. A este proceso se le denomina selección artificial.

Darwin utilizó varios ejemplos para explicar la selección natural. Veamos el caso de los pinzones:

Las Galápagos eran islas muy jóvenes, pues son de origen volcánico y de formación más reciente que el continente americano. En éste había observado tres especies de pinzones y en las Galápagos unas 13. Supuso entonces que las especies de pinzones de Sudamérica habían volado a esas islas. En ellas, esos pinzones encontraron abundancia de insectos y frutos, de los cuales se alimentaban en el continente. Se reprodujeron: aumentó su población; este aumento tornó insuficiente la cantidad de alimento y los pinzones empezaron a competir por él. Algunos murieron por falta de comida. Otros sobrevivieron porque la variabilidad en la mayor dureza y la forma de sus picos, comparadas con las del pico de los pinzones consumidores de insectos y frutos, les permitió adaptarse a su medio; es decir, les permitió alimentarse, por ejemplo de semillas, hojas, tallos, cortezas y gusanos. Había sucedido entonces que el medio había seleccionado naturalmente, para sobrevivir, a los mejor adaptados a él y los había hecho evolucionar. A través de muchas generaciones y a lo largo de miles de años, los pinzones seleccionados transmitieron a sus descendientes las características de adaptación al medio. Así, concluyó Darwin, de pocos antepasados comunes habían surgido las 13 especies de pinzones que había observado en las Galápagos.

Sexta sesión:

*LA PUBLICACIÓN DE *EL ORIGEN DE LAS ESPECIES*

En diciembre de 1859, Darwin publicó su obra “El origen de las especies”, donde explica los mecanismos de la evolución y aporta gran cantidad de datos y evidencias. Si bien dicha teoría fue aceptada por numerosos científicos, causó una verdadera conmoción en el mundo pues contradecía ideas que habían estado arraigadas durante siglos.

En su obra, Darwin llega a las siguientes conclusiones:

- El mundo está y ha estado en constante cambio desde su origen.
- El proceso de la evolución es permanente y gradual
- Todos los organismos con semejanzas descienden de un antepasado común
- La selección depende básicamente de la variabilidad y de la selección natural, que elimina o favorece a los organismos según su grado de adaptación.

RELACIÓN ENTRE ADAPTACIÓN Y SELECCIÓN NATURAL

La riqueza actual de la vida terrestre es el producto de cientos millones de años de evolución. El término evolución se aplica al proceso de cambio que los organismos han manifestado con el transcurso del tiempo.

Cuando los seres vivos evolucionan, se modifican sus estructuras para adaptarse a los cambios del medio. Algunas modificaciones las heredan a sus descendientes; otras se pierden cuando los individuos dejan de reproducirse. Por medio de la reproducción, la información hereditaria de un individuo se mezcla con la de otro, lo que origina una gran diversidad.

El concepto de diversidad biológica o biodiversidad se refiere a la variedad de organismos que habitan en el planeta: en el medio acuático, terrestre y aeroterrestre. Se cree que existen alrededor de cinco millones de seres vivos en la Tierra, de los cuales sólo se conocen 1.8 millones.

Séptima sesión:

*EL ORIGEN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA Y LA ESPECIACIÓN

Con el nombre de especiación se conoce al proceso que da origen a una nueva especie. Las nuevas especies surgen cuando las condiciones del medio son propicias para ello. Por ejemplo, cuando se formaron las islas Galápagos, no existía ningún tipo de vida en ellas. Las primeras especies que las poblaron provenían de Sudamérica, y encontraron un

ambiente propicio para la especiación.

Pudieron surgir nuevas especies de pinzones debido a que, al verse obligados algunos de ellos a comer otros alimentos distintos a los acostumbrados, no había otras aves o algún organismo que pudiera competir con ellos.

Actualmente se conocen dos formas mediante las cuales se origina la especiación:

La **especiación alopátrica** ocurre cuando una población es dividida en dos o más subpoblaciones por alguna causa geográfica. Por ejemplo, supón que una población de conejos que habita en un valle, se ve de pronto dividida en dos subpoblaciones debido a que un río de gran caudal separa el valle en dos secciones. Con el paso del tiempo, cientos de años, cada subpoblación tendrá cambios diferentes, pues tendrá mutaciones y recombinaciones diferentes, a la vez que la selección natural actuará de manera distinta en cada sección del valle. Habrán cambiado tanto en sus hábitos, tipos de alimentación, coloración, etc., que ya no podrán reproducirse entre sí; es decir, constituirán dos especies distintas.

La **especiación simpátrica** ocurre cuando dos o más grupos de una misma población se aíslan reproductivamente uno del otro, aunque continúen viviendo en el mismo sitio.

Imagina que en un bosque hay una población de aves, que se aparean durante la primavera. Pero supongamos que por una mutación, algunos individuos de la población cambian su temporada de apareamiento, y ahora ocurre en verano. Esto conduce a que la población se fragmente en dos grupos: uno que se reproduce en primavera y otro que se reproduce en verano. Con el paso del tiempo, ambos grupos originarán especies distintas. Otro ejemplo sería si las aves de una población se alimentan de semillas y éstas llegan a escasear, unos se adaptan para alimentarse de hojas, otros de tallos, hasta que la población original se fragmenta en especies diferentes viviendo en el mismo sitio.

Octava sesión:

*EL PRINCIPIO DE ADAPTACIÓN

La adaptación es un proceso lento y gradual que desarrollan los organismos; consiste en el cambio de las poblaciones, a través de las generaciones, debido a la selección natural. Este cambio tiene su origen en las mutaciones y recombinación genética, las cuales, aunque aparezcan en unos cuantos individuos, si son favorables, permite que éstos

sobrevivan y dejen descendientes. De esta forma, las nuevas características van apareciendo en un mayor número de individuos después de varias generaciones. Existen tres tipos de adaptaciones:

Las **adaptaciones morfológicas** corresponden a los cambios de estructura corporal de un organismo; estos cambios lo capacitan para vivir en un ambiente determinado. Algunas de las adaptaciones morfológicas están relacionadas con la alimentación, como el dedo pulgar opuesto de los pandas, que les permiten descortezar los tallos de bambú que acostumbran comer o las lenguas pegajosas de las salamandras para comer insectos. Entre las adaptaciones morfológicas se encuentran los huesos huecos, que facilitan el vuelo de las aves, las “alas” de los murciélagos y las partes especializadas para la reproducción de algunas flores, las cuales se han modificado para atraer insectos que las polinizan.

Ejemplos de adaptaciones morfológicas son el camuflaje (método que permite a los organismos u objetos desaparecer visiblemente para sus depredadores o para sus presas, como cuando la forma o color del organismo es similar al medio donde vive, así que fácilmente se confunde con él) y el mimetismo (se puede entender como la semejanza en apariencia que desarrollan algunos organismos inofensivos para parecerse a otros que son peligrosos o desagradables).

Las **adaptaciones fisiológicas** son el resultado de procesos metabólicos o reacciones químicas de síntesis o degradación de sustancias que permiten la supervivencia y la reproducción de organismos; por ejemplo, la producción de hemoglobina para el transporte de oxígeno, la fotosíntesis de las plantas, la elaboración de sustancias para la defensa del organismo o de enzimas para la digestión.

Las **adaptaciones de comportamiento** son cambios de hábitos y costumbres que las especies han heredado de una generación a otra para facilitar el acoplamiento a determinados ambientes.

Para algunos animales, el modo de alimentación influye en el comportamiento respecto a la población en general; por ejemplo, los delfines son eficaces en la búsqueda y la captura de alimentos porque viven en grupo. Un grupo de delfines puede rastrear varias hectáreas de mar; si un delfín descubre una fuente de comida, o un depredador, inmediatamente lo

comunica a los demás.

Muchos peces, aves, reptiles e insectos presentan comportamientos exclusivos durante el cortejo; esto permite a los organismos de un grupo reconocer y atraer a los miembros del sexo complementario. Los combates entre los machos de ciertos grupos animales determinan cuáles son los más fuertes para acoplarse con las hembras garantizándose que la cruda se realice entre los individuos más aptos para sobrevivir.

La flexibilidad de los organismos para adaptarse a las variaciones del medio está determinada por la información genética que poseen y, en consecuencia, por su morfología y su fisiología. De esta manera, los organismos se adaptan permanentemente a diversas condiciones, como la intensidad de la luz, la temperatura, la presión y la salinidad.

Novena sesión:

***EL NEODARWINISMO: NUEVAS EVIDENCIAS PARA LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN**

La teoría de Darwin acerca de la evolución consta del hecho de que las especies cambian y de que el motor del proceso evolutivo es la selección natural; sin embargo, no explica cómo se produce la variedad de la descendencia.

A mediados del siglo XX, algunos científicos, como el genetista Theodosius Dobzhansky, el taxónomo Ernst Mayr y el paleontólogo George Simpson, postularon una teoría que pretende integrar las ideas de darwinistas de la selección natural con los estudios de genética derivados de los trabajos de Mendel (quien postuló las leyes de la transmisión de los caracteres hereditarios) y Morgan (el cual en su teoría cromosómica de la herencia incluyó por primera vez los conceptos de genes y cromosomas). Llamaron a su teoría “teoría sintética de la evolución”, porque sintetizó o resumió los principales conocimientos de la genética, la paleontología, la anatomía comparada, la bioquímica y la ecología, con la teoría de Darwin. También se le conoce como teoría neodarwinista o neodarwinismo, por ser una versión actualizada de la teoría darwiniana.

Según el neodarwinismo, la variabilidad en los organismos se debe a cambios en su material genético por mutaciones y recombinación, que se van acumulando gradualmente; la selección natural es la fuerza directriz de la evolución, pues favorece a

los organismos, cuyas variaciones los hace adaptarse mejor a su medio. La unidad evolutiva es la población y no el individuo.

Décima sesión:

*PRUEBAS DE LA EVOLUCIÓN

Para la ciencia, la evolución más que una teoría es un hecho. ¿Por qué? Porque hay evidencias que así lo demuestran y algunas de estas pruebas son las siguientes:

Pruebas morfológicas o anatómicas. Los seres vivos presentan ciertas semejanzas anatómicas cuando pertenecen a grupos próximos. A pesar de la enorme diversidad de organismos, no hay una infinidad de modelos morfológicos, sino más bien un número reducido de estructuras básicas. La comparación anatómica permite distinguir, principalmente dos tipos de estructuras, llamadas homólogas y análogas, para entender el proceso evolutivo:

- **Las estructuras homólogas** tienen un mismo origen, aunque pueden presentar funciones distintas son pruebas de la **evolución divergente** porque indican la existencia de un ancestro común. Por ejemplo, las extremidades anteriores de un murciélago y de un caballo presentan la misma estructura básica, aunque están adaptadas a ambientes diferentes.
- **Las estructuras análogas** cumplen la misma función, pero su origen es diferente. En estas estructuras se observa el efecto de adaptación y son el resultado de una **evolución convergente**, ya que, ante el mismo problema de adaptación, organismos diferentes adoptan formas y características parecidas; tal es el caso de las alas de las aves comparadas con las de los insectos
- Existen estructuras, llamadas **vestigiales**, que aparentemente no tienen ningún propósito en algunos organismos; por ejemplo, los molares en los murciélagos vampiros que son hematófagos, y que no utilizan porque ya no mastican el alimento; en otros organismos estos órganos sí son funcionales.

Pruebas Fisiológicas. Todos los seres vivos realizan un conjunto de funciones fisiológicas esenciales, como la nutrición, la respiración y la reproducción. En estas funciones intervienen sistemas que presentan similitudes en organismos de grupos próximos, lo que demuestra la relación de ancestros comunes.

Pruebas embriológicas. Grupos de animales o de vegetales muy distintos en su estado adulto, pueden presentar un gran parecido en sus embriones, o primeras fases de desarrollo, y muchas veces es imposible diferenciarlos. Esto permite suponer que existen antecesoros comunes entre los grupos que presentan parecidos embrionarios.

El embrión de todos los mamíferos, incluido el humano, atraviesa por una etapa en la que posee hendiduras branquiales y otras características propias de los peces. Esto demuestra que los mamíferos descienden, a través de muchas generaciones, de algún tipo de pez. Varios animales poseen cola durante alguna fase embrionaria, pero después la pierden.

Pruebas bioquímicas. El estudio de los seres vivos en el nivel molecular indica un mismo origen y, por tanto, unas relaciones evolutivas. Básicamente, todos los seres vivos están compuestos por los mismos elementos químicos: carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Las biomoléculas que conforman las estructuras celulares (glúcidos, lípidos y proteínas) son las mismas en todos los organismos y las moléculas de ADN, responsables de la herencia, son similares en los diversos seres vivos.

Pruebas paleontológicas. El estudio de los restos fósiles permite comprobar que las variaciones de los organismos corresponden a un proceso evolutivo constante. La Paleontología ha logrado reconstruir, mediante el registro fósil, series evolutivas completas, las cuales muestran diferentes etapas de evolución de un grupo animal: tal es el caso de los artrópodos, el caballo, el elefante y los camélidos.

Pruebas biogeográficas. La distribución geográfica de muchas especies animales y vegetales sólo encuentra explicación satisfactoria por medio de la evolución. Por ejemplo, la fauna de las islas que se separaron de los continentes en tiempos muy remotos es muy diferente de la fauna que existe en el continente; esto se debe a que las especies originales siguieron procesos evolutivos independientes en condiciones ambientales distintas.

Apéndice D. Evaluación del trabajo cooperativo (percepciones y sentimiento de los estudiantes)

En la escala de la derecha marca la opción que refleje de mejor manera tu grado de acuerdo o desacuerdo con cada una de las afirmaciones. No es necesario que pongas tu nombre.	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo
1.- En las sesiones que trabajamos por equipo, siempre supe lo que tenía que hacer.	3	2	1
2.- Durante los trabajos por equipo, siempre cooperamos todos los integrantes.	3	2	1
3.- Todos los integrantes de los equipos nos organizamos para realizar el trabajo correctamente y a tiempo.	3	2	1
4.- Todos los integrantes del grupo participaron con responsabilidad en el trabajo y se comprometieron con el mismo.	3	2	1
5.- Cuando tuve oportunidad de hacerlo, siempre quise participar.	3	2	1
6.- Me siento satisfecho con los resultados del trabajo que realicé por equipo.	3	2	1
7.- Durante el trabajo por equipo pude preguntar, responder y explicar a mis demás compañeros.	3	2	1
8.- Durante el trabajo por equipo aporté ideas que sirvieron para realizar la actividad.	3	2	1
9.- El trabajo por equipo me permitió conocer y comunicarme mejor con los diferentes compañeros de clase.	3	2	1
10.- Me gustó mucho trabajar por equipo, quisiera volver a hacerlo.	3	2	1

Si deseas, puedes añadir algún comentario:

Apéndice E. Formato de auto y coevaluación

Nombre: _____

Sesión número: _____

Equipo número: _____

Papel asignado: _____

Del trabajo que realizó el equipo el día de hoy, califícate en una escala de uno a 10, indicando qué tanto contribuiste en cada uno de los siguientes puntos. Tus compañeros solo firmarán si están de acuerdo con tus calificaciones.

1) Funcionamiento del grupo	2) Comunicación apropiada	3) Terminar el trabajo a tiempo	4) Exponer ideas que ayudaran al trabajo	5) Desempeño de mi papel en el equipo

Nombre y firma de los demás integrantes:

**Apéndice F. Observaciones realizadas durante la instrucción mediante
trabajo cooperativo**

Número de sesión: _____

Número de equipo: _____

En cada sesión se deberá indicar el nivel de respuesta que describa mejor la afirmación mencionada.	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	Indeciso	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1.- Cada estudiante del equipo conoció e interactuó con los demás integrantes.	5	4	3	2	1
2.- No hubo conflictos entre los integrantes del equipo.	5	4	3	2	1
3.- Los integrantes del equipo saben lo que tienen que hacer.	5	4	3	2	1
4.- Ningún integrante del equipo rehúsa mezclarse con los demás.	5	4	3	2	1
5.- Los estudiantes parecen disfrutar su trabajo.	5	4	3	2	1
6.- Los alumnos están organizados y su trabajo es constante.	5	4	3	2	1
7.- La mayor parte de los integrantes parecen preocupados por el progreso de sus compañeros.	5	4	3	2	1
8.- La mayor parte de los alumnos cooperan entre sí.	5	4	3	2	1
9.- Todos los integrantes del equipo se respetan.	5	4	3	2	1
10.- Los integrantes están cumpliendo con el papel que se les asignó.	5	4	3	2	1
11.- Todos integrantes del equipo están trabajando con la misma dedicación.	5	4	3	2	1
12.- Los estudiantes se apoyan para que todos entiendan los conceptos.	5	4	3	2	1

Apéndice G. Desarrollo del cuestionario

Variables de conocimiento	Pregunta del cuestionario	Respuestas	Valor
Especie	5.- Una especie es:	a) Grupo de individuos que viven en un mismo lugar. b) Grupo de individuos que se parecen y que se cruzan, dejando descendientes. c) Grupo de individuos que se parecen y que viven en un mismo lugar.	1 3 2
Población	6.- Una población es:	a) Grupo de individuos de la misma especie que habitan en el mismo lugar. b) Grupo de individuos que habitan en el mismo lugar. c) Grupo de individuos que se parecen y que habitan en el mismo lugar.	3 1 2
Adaptación	11.- Adaptación se define como:	a) Proceso mediante el cual los individuos se adecúan al medio ambiente. b) Proceso que desarrollan los organismos, consiste en que pueden cambiar de forma, comportamiento o metabolismo. c) Proceso mediante el cual cambian las poblaciones, a través de las generaciones, debido a la selección natural.	2 1 3
Variabilidad	7.- La variabilidad se define como:	a) Todas las especies son diferentes. b) Todos los individuos de una especie son diferentes. c) Todos los seres humanos son diferentes.	1 3 2
Sobreproducción de individuos	8.- Sobreproducción de individuos significa:	a) Que con el alimento suficiente los individuos de una especie se reproducen más. b) Que una pareja de seres vivos puede tener muchos descendientes. c) Que algunas especies pueden tener más descendientes que otras.	3 1 2
Lucha por la existencia	10.- La lucha por la existencia es:	a) Que los organismos de una especie se pelean para tener comida y sobrevivir. b) Que los organismos de una especie se pelean por las hembras más sanas.	2 1

		c)Que los organismos de una población compiten para obtener agua, alimentos, espacio, etc.	3
Evolución poblacional, cambios genéticos individuales	12.- De las siguientes oraciones, cuál es la correcta:	a)Evolucionan los individuos de las poblaciones debido a que en ellos se presentan cambios genéticos. b)Evolucionan las poblaciones porque se presentan cambios genéticos en todos los individuos que las forman. c)Evolucionan las poblaciones, aunque los cambios genéticos se presenten solamente en unos individuos.	1 2 3
Cambios debidos a mutaciones y recombinación genética	9.- En ocasiones, se presentan cambios en algunos individuos de una población debido a:	a)Modificaciones en el medio ambiente. b)Mutaciones y recombinación genética. c)Que los individuos necesitan modificarse.	2 3 1
Pruebas de la evolución	20.- Las diferentes pruebas de la evolución indican:	a)Que la evolución es cierta. b)Que la evolución está a punto de ser comprobada. c)Que la evolución aún no se ha comprobado.	3 2 1
Relación entre adaptación y evolución	13.- De las siguientes oraciones, indica cuál es la correcta:	a)Las sucesivas adaptaciones de los organismos tienen como consecuencia el proceso evolutivo. b)Las sucesivas adaptaciones originan nuevas especies y el proceso de evolución. c)Las sucesivas adaptaciones de los organismos no se relacionan con el proceso de la evolución.	2 3 1
Variables sobre las preconcepciones	Pregunta del cuestionario	Respuestas	Valor
Adaptación por necesidad	19.- Las aletas de las ballenas surgieron porque:	a)Necesitaban adaptarse para nadar mejor. b)Necesitaban adaptarse a cambios del medio ambiente. c)Por casualidad apareció una mutación en alguna y se le formaron las aletas.	1 2 3
Variabilidad poblacional,	18.- Cada año se necesita una mayor	a)El insecticida ha ocasionado de las poblaciones de mosquitos se	1

supervivencia y reproducción de los más aptos.	cantidad de insecticida para matar a los mosquitos. Esto se debe a:	acostumbren y ya no los puede matar. b)En las poblaciones de mosquitos, algunos individuos son resistentes al insecticida y sobreviven, pudiendo tener descendientes a los cuales les heredan la resistencia.	3
		c)Debido al insecticida, algunos mosquitos se adaptaron y heredaron esta característica a sus descendientes.	2
Cambios graduales en todos los individuos de la población	4.- La evolución se debe a:	a)Que algunos individuos de la población sufren cambios genéticos pequeños.	3
		b)Que algunos individuos de una población cambian drásticamente.	1
		c)Que poco a poco van cambiando genéticamente las poblaciones.	2
Adaptación en una generación	14.- Una adaptación se presenta cuando:	a)La nueva generación de una población adquiere una característica favorable.	1
		b)Después de muchas generaciones todos los individuos de la población presentan una característica favorable.	3
		c)Después de dos o tres generaciones, todos los individuos de la población presentan una característica favorable.	2
Evolución como proceso direccionado y progresivo	3.- Los seres vivos evolucionan porque:	a)Cambia el medio ambiente y solo sobreviven los más aptos.	2
		b)Cambia el medio ambiente y se adaptan a él.	1
		c)Surgen cambios genéticos en algunos seres vivos que los favorecen.	3
Dudas sobre la evolución porque es teoría	1.- La teoría de la evolución:	a)Es verdadera, aunque aún tiene detalles que necesitan ser comprobados.	2
		b)Es verdadera, aunque siga siendo una teoría, porque son muchas las pruebas que así lo demuestran.	3
		c)Aún tiene que comprobarse, por eso es una teoría, de lo contrario sería una ley.	1
Las mutaciones causan daños	15.- Las mutaciones:	a)Siempre causan deformaciones.	1
		b)En ocasiones causan la aparición de características favorables.	3
		c)En ocasiones causan deformaciones.	2
Convivencia	2.- Debido a la	a)Los seres humanos surgieron junto	1

entre humanos y dinosaurios	evolución:	con los dinosaurios. b) Los seres humanos surgieron miles de años después que los dinosaurios. c) Los seres humanos surgieron millones de años después que los dinosaurios.	2 3
La pérdida de algún rasgo implica la aparición de otro	17.- Cuando por algún cambio genético se pierde alguna característica:	a) Puede ser favorable para el organismo y darle ventajas sobre los demás. b) Puede ser benéfico o dañino para el organismo. c) Aparece otra que la reemplaza.	3 2 1
Variables de conocimiento y sobre concepciones	Pregunta del cuestionario	Respuestas	Valor
*Supervivencia del más apto * Aptitud como sinónimo de fuerza	16.- Supervivencia del más apto significa:	a) Que en una población solo sobreviven los individuos más grandes, fuertes e inteligentes. Al sobrevivir, llegan a la edad adulta y se reproducen, dejando descendientes con las mismas características. b) Que en una población solo sobreviven los individuos que tienen las mejores características, aunque sean pequeños. Al sobrevivir, llegan a la edad adulta y se reproducen, dejando descendientes con las mismas características. c) Que en una población solo sobreviven los individuos que se pueden esconder mejor de sus depredadores. Al sobrevivir, llegan a la edad adulta y se reproducen, dejando descendientes con las mismas características.	1 3 2

Apéndice H. Cuestionario

DE LAS OPCIONES DE RESPUESTA QUE SE TE PRESENTAN A CADA UNA DE LAS PREGUNTAS, SUBRAYA LA QUE CONSIDERES CORRECTA O BIEN LA QUE TERMINA CORRECTAMENTE LA ORACIÓN. SI CREES QUE DOS SON CORRECTAS, SOLO SUBRAYA LA QUE TÚ CREAS QUE CONTESTA MEJOR LA PREGUNTA.

1.- La teoría de la evolución:

- a) Es verdadera, aunque aún tiene detalles que necesitan ser comprobados.
- b) Es verdadera, aunque siga siendo una teoría, porque son muchas las pruebas que así lo demuestran.
- c) Aún tiene que comprobarse, por eso es una teoría, de lo contrario sería una ley.

2.- Debido a la evolución:

- a) Los seres humanos surgieron junto con los dinosaurios.
- b) Los seres humanos surgieron miles de años después que los dinosaurios.
- c) Los seres humanos surgieron millones de años después que los dinosaurios.

3.- Los seres vivos evolucionan porque:

- a) Cambia el medio ambiente y solo sobreviven los más aptos.
- b) Cambia el medio ambiente y se adaptan a él.
- c) Surgen cambios genéticos en algunos seres vivos que los favorecen.

4.- La evolución se debe a:

- a) Que algunos individuos de la población sufren cambios genéticos pequeños.
- b) Que algunos individuos de una población cambian drásticamente.
- c) Que poco a poco van cambiando genéticamente las poblaciones.

5.- Una especie es:

- a) Grupo de individuos que viven en un mismo lugar.
- b) Grupo de individuos que se parecen y que se cruzan, dejando descendientes.
- c) Grupo de individuos que se parecen y que viven en un mismo lugar.

6.- Una población es:

- a) Grupo de individuos de la misma especie que habitan en el mismo lugar.
- b) Grupo de individuos que habitan en el mismo lugar.

c) Grupo de individuos que se parecen y que habitan en el mismo lugar.

7.- La variabilidad se define como:

- a) Todas las especies son diferentes.
- b) Todos los individuos de una especie son diferentes.
- c) Todos los seres humanos son diferentes.

8.- Sobreproducción de individuos significa:

- a) Que con el alimento suficiente los individuos de una especie se reproducen más.
- b) Que una pareja de seres vivos puede tener muchos descendientes.
- c) Que algunas especies pueden tener más descendientes que otras.

9.- En ocasiones, se presentan cambios en algunos individuos de una población debido a:

- a) Modificaciones en el medio ambiente.
- b) Mutaciones y recombinación genética.
- c) Que los individuos necesitan modificarse.

10.- La lucha por la existencia es:

- a) Que los organismos de una especie se pelean para tener comida y sobrevivir.
- b) Que los organismos de una especie se pelean por las hembras más sanas.
- c) Que los organismos de una población compiten para obtener agua, alimentos, espacio, etc.

11.- Adaptación se define como:

- a) Proceso mediante el cual los individuos se adecúan al medio ambiente.
- b) Proceso que desarrollan los organismos, consiste en que pueden cambiar de forma, comportamiento o metabolismo.
- c) Proceso mediante el cual cambian las poblaciones, a través de las generaciones, debido la selección natural.

12.- De las siguientes oraciones, cuál es la correcta:

- a) Evolucionan los individuos de las poblaciones debido a que en ellos se presentan cambios genéticos.
- b) Evolucionan las poblaciones porque se presentan cambios genéticos en todos los individuos que las forman.
- c) Evolucionan las poblaciones, aunque los cambios genéticos se presenten solamente en unos individuos.

13.- De las siguientes oraciones, indica cuál es la correcta:

- a) Las sucesivas adaptaciones de los organismos tienen como consecuencia el proceso evolutivo.
- b) Las sucesivas adaptaciones originan nuevas especies y el proceso de evolución.
- c) Las sucesivas adaptaciones de los organismos no se relacionan con el proceso de la evolución.

14.- Una adaptación se presenta cuando:

- a) La nueva generación de una población adquiere una característica favorable.
- b) Después de muchas generaciones todos los individuos de la población presentan una característica favorable.
- c) Después de dos o tres generaciones, todos los individuos de la población presentan una característica favorable.

15.- Las mutaciones:

- a) Siempre causan deformaciones.
- b) En ocasiones causan la aparición de características favorables.
- c) En ocasiones causan deformaciones.

16.- Supervivencia del más apto significa:

- a) Que en una población solo sobreviven los individuos más grandes, fuertes e inteligentes. Al sobrevivir, llegan a la edad adulta y se reproducen, dejando descendientes con las mismas características.
- b) Que en una población solo sobreviven los individuos que tienen las mejores características, aunque sean pequeños. Al sobrevivir, llegan a la edad adulta y se reproducen, dejando descendientes con las mismas características.
- c) Que en una población solo sobreviven los individuos que se pueden esconder mejor de sus depredadores. Al sobrevivir, llegan a la edad adulta y se reproducen, dejando descendientes con las mismas características.

17.- Cuando por algún cambio genético se pierde alguna característica:

- a) Puede ser favorable para el organismo y darle ventajas sobre los demás.
- b) Puede ser benéfico o dañino para el organismo.
- c) Aparece otra que la reemplaza.

18.- Cada año se necesita una mayor cantidad de insecticida para matar a los mosquitos. Esto se debe a:

- a) El insecticida ha ocasionado que las poblaciones de mosquitos se acostumbren y ya no los puede matar.

- b) En las poblaciones de mosquitos, algunos individuos son resistentes al insecticida y sobreviven, pudiendo tener descendientes a los cuales les heredan la resistencia.
- c) Debido al insecticida, algunos mosquitos se adaptaron y heredaron esta característica a sus descendientes.

19.- Las aletas de las ballenas surgieron porque:

- a) Necesitaban adaptarse para nadar mejor.
- b) Necesitaban adaptarse a cambios del medio ambiente.
- c) Por casualidad apareció una mutación en alguna y se le formaron las aletas.

20.- Las diferentes pruebas de la evolución indican:

- a) Que la evolución es cierta.
- b) Que la evolución está a punto de ser comprobada.
- c) Que la evolución aún no se ha comprobado.