



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
FACULTAD DE CIENCIAS
BIOLOGÍA**

**APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO DEL CONCEPTO DE EVOLUCIÓN
BIOLÓGICA CON BASE EN EL MODELO DE CAMBIO CONCEPTUAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

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

PRESENTA

Biól. Melina Tapia Sandoval

TUTORA:

**Dra. Ana Barahona Echeverría
Facultad de Ciencias**

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:

**Dra. Alejandra García Franco, Facultad de Química
Dr. Ricardo Noguera Solano, Facultad de Ciencias
Mtra. en D. Hilda Claudia Morales Cortés, Facultad de Ciencias
Dr. Luis Eduardo Servín Garcidueñas, Escuela Nacional de Estudios
Superiores Unidad Morelia**

Ciudad Universitaria, CDMX.

Septiembre 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA...

Para las personas que más amo en esta vida, mi familia. Dulce María,
Estanislao, Rosy, Sony, Fabricio y Jaime.

Gracias por existir y por ser.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a mi tutora Ana Rosa Barahona Echeverría por su apoyo en la realización de este trabajo, y sobre todo, por confiar en las capacidades y cualidades de sus alumnos. A todos los integrantes del departamento de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, principalmente a Marco y Alicia.

Agradezco a los miembros del jurado:

Dr. Ricardo Noguera, M. en D. Claudia Morales, Dr. Luis Eduardo Servín y Dra. Alejandra García. Gracias por las contribuciones a este trabajo, por su apoyo y por su paciencia.

A la profesora del CCH plantel sur, Blanca Susana Cruz Ulloa, quien dispuso de su grupo de biología para que pudiese aplicar mi propuesta.

En general, gracias a todos mis profesores del posgrado de la MADEMS, de quienes me llevo muchos aprendizajes, no sólo profesionales sino también personales.

Agradezco al CONACYT, por la beca que recibí para cursar la maestría y para realizar una estancia de investigación.

Finalmente, gracias a la UNAM, por ser la sede del desarrollo de quienes pertenecemos a esta casa.

INDICE

Resumen	1
Abstract	1
1. Introducción	3
2. Hipótesis de investigación	9
3. Objetivos	10
4. Justificación	11
5. Marco teórico	16
5.1 Didáctica	16
5.1.1 La enseñanza	16
5.1.2 La estructura didáctica	20
Subsistema 1: alumno-contenido-objetivo	21
Subsistema 2: profesor-contenido-estrategia	22
Subsistema 3: alumno-contenido-profesor	23
5.1.3 Estructura metodológica	25
5.1.4 Consideraciones para el presente trabajo	27
5.2 Aspectos epistemológicos: hacia una visión analógica de la ciencia en la escuela	29
5.3 Aspectos psicopedagógicos: el método del cambio conceptual como propuesta para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia	38
5.3.1 El modelo del cambio conceptual	38
5.3.2 El conocimiento previo de los alumnos	40
5.3.3 ¿Cómo fomentar el cambio conceptual?	41
5.4 Aspectos disciplinares: la teoría de la evolución y su enseñanza	47
5.4.1 La teoría de la evolución biológica	47

5.4.2 La enseñanza de la evolución biológica en la educación media superior.....	48
Problemas metodológicos en la enseñanza de la ciencia	49
La influencia de los docentes en la enseñanza de la evolución biológica.....	51
Las ideas previas de los alumnos sobre evolución biológica.....	52
¿Qué entienden los estudiantes por adaptación evolutiva?	53
6. Metodología	57
6.1 Análisis didáctico	57
6.2 Aplicación de la estrategia	59
6.3 Análisis de resultados	59
7. Propuesta didáctica	62
7.1 Descripción del programa del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) ...	62
7.2 Estructura conceptual	63
7.3 Estructura de la estrategia de enseñanza-aprendizaje	64
7.4 Desarrollo de la estrategia de enseñanza-aprendizaje	65
8. Resultados	73
9. Discusión y conclusiones	77
10. Anexos	84
11. Bibliografía	103

RESUMEN

El presente trabajo consistió en proponer y aplicar una estrategia de enseñanza-aprendizaje para el tema de evolución biológica por selección natural, específicamente sobre el concepto de adaptación. Se estableció como objetivo principal ampliar las representaciones de los alumnos sobre éste tema. El trabajo está organizado en tres apartados: análisis didáctico, aplicación de la estrategia y análisis de resultados. El análisis didáctico se realizó siguiendo la propuesta de Campos de 1989 sobre los elementos institucionales o subsistemas que componen la estructura didáctica. Con base en la propuesta del cambio conceptual, se diseñó una secuencia de actividades enfocadas en ampliar las concepciones previas de los alumnos sobre el concepto de adaptación evolutiva. Finalmente, se realizó un análisis cualitativo de los resultados, en los cuales, se observó un cambio en las concepciones de los alumnos sobre el concepto de adaptación biológica.

Palabras clave: didáctica de la biología, evolución biológica, concepto de adaptación, cambio conceptual.

ABSTRACT

The present work consisted in proposing and applying a teaching-learning strategy for the subject of biological evolution by natural selection, specifically on the concept of adaptation. The main objective was to expand the representations of students on this topic. The work is organized into three sections: didactic analysis, application of the strategy and analysis of results. The didactic analysis was carried out following the proposal of Campos in 1989 on the institutional elements or subsystems that make up the didactic structure.

Based on the conceptual change proposal, a sequence of activities focused on broadening students' previous conceptions of the concept of evolutionary adaptation was designed. Finally, a qualitative analysis of the results was carried out, in which a change in the conceptions of the students about the concept of biological adaptation was observed.

Key words: didactics of biology, biological evolution, concept of adaptation, conceptual change.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los temas de biología que generan mayor confusión en los jóvenes y polémica en el ámbito social es la evolución biológica. En la educación media superior la enseñanza de este tema ha representado un reto para quienes estructuran el plan de estudio en biología y para los docentes. A través de las generaciones la mayoría de los docentes se han enfrentado a ideas e influencias mediáticas que obstaculizan la comprensión de conceptos evolutivos bajo una connotación biológica.

Diversas investigaciones han revelado que existen dificultades en torno a la enseñanza de la teoría de la evolución a nivel medio y medio superior (Guillén, 1994, Jiménez, 2009, Tamayo, 2007). Paz (1999) señala que la mayoría de los postulados en los que se estructura la teoría sintética de la evolución no son reconocidos por los alumnos en su connotación biológica. Buena parte de esas fallas conceptuales se deben a las ideas alternativas de los estudiantes que obstaculizan el aprendizaje, y a deficiencias en la preparación de la temática por parte de los profesores, aunado a su visión sobre la evolución. De esta manera, se puede decir que los alumnos y al parecer algunos docentes, no son capaces de establecer relaciones entre sus nociones sobre evolución orgánica y las explicaciones ofrecidas por los científicos.

Si bien, es cierto que es de gran importancia conocer a fondo la visión de los profesores y su repercusión en el aula, en el presente trabajo únicamente se considerará las dificultades de los alumnos en el aprendizaje de la evolución, a raíz de las ideas alternas predominantes.

Las ideas previas o alternas pueden definirse como las construcciones que

los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales, conceptos científicos para brindar explicaciones, descripciones y predicciones (Magaña, 2007). La construcción de las ideas previas está asociada a explicaciones causales y a la construcción de esquemas relacionales.

Según Guillén (1995) las ideas previas de los jóvenes sobre la evolución pueden dividirse en dos tipos básicos. Bajo las ideas naturalistas, los jóvenes vinculan los cambios con alguna necesidad y los asocian a una fuerza interna que impulsa a los animales para ser mejores. De manera similar, con base en las ideas previas de tipo ambientalista, los jóvenes piensan que los cambios en los animales se asocian únicamente a cambios con el ambiente.

Tamayo (2004) considera que buena parte de las dificultades en la enseñanza de la evolución se deben a que “numerosos conceptos básicos vinculados a ella son difíciles de definir, delimitar o identificar, siendo ampliamente debatidos por los propios científicos”. Uno de esos conceptos es la adaptación.

Según el autor los alumnos consideran a la adaptación como un proceso individual, en el que los organismos experimentan de forma consciente cambios físicos en respuesta a nuevas necesidades originadas por cambios ambientales.

Tamayo (2004) propone que en los estudiantes de bachillerato existe una confusión entre adaptación fisiológica y adaptación filogenética, debido a influencias culturales y derivadas del uso del lenguaje y las deficiencias en el tratamiento de la adaptación en los libros de texto. Por ello, este autor aconseja que para la enseñanza de la evolución biológica se tenga presente que los

términos adaptarse y adaptación tienen un significado diferente al sentido fisiológico.

Por un lado, la adaptación evolutiva o filogenética supone que determinados individuos, dentro de la población, poseen ciertas características físicas, comportamentales, o de otro tipo, que les confieren mayores posibilidades de supervivencia y de dejar descendencia que otros cuyas características son menos beneficiosas ante el mismo ambiente. Aquellos con mayor posibilidad de dejar descendencia transmitirán esas características (adaptaciones) a las siguientes generaciones, consiguiendo que en cada generación haya un mayor número de individuos con dichas adaptaciones.

La adaptación evolutiva no debe confundirse con la adaptabilidad fisiológica por la que los individuos, ante algún cambio en las condiciones ambientales, responden con cambios de tipo físico, fisiológico o comportamental, en algunos casos reversibles. Ejemplos de esta propiedad los tenemos en el aumento de pigmentación de la piel al exponerse al sol.

Tamayo (2004) propone que es válido utilizar el término adaptación para hablar de ambos procesos, pero es importante relacionarlos con la evolución biológica. Además, es importante aclarar que la adaptación fisiológica es diferente a la evolutiva que se da a nivel poblacional ya que si no se especifican sus diferencias, se corre el riesgo de transmitir a los alumnos la idea equivocada de que se trata exactamente de los mismos procesos (Jiménez, 2009).

Con base en el problema conceptual que propone Tamayo, sobre la confusión entre el término de adaptación biológica y fisiológica, el objetivo de este trabajo va dirigido a diseñar una estrategia de enseñanza-aprendizaje que

fomente el aprendizaje significativo del concepto de adaptación biológica; para ello es fundamental considerar las ideas previas de los alumnos sobre el tema. De esta manera, cabe preguntarse por qué las ideas de los alumnos dificultan la comprensión de la adaptación biológica y cómo pueden ser modificadas.

Carretero (1996, pp. 20) menciona que los alumnos basan sus respuestas en su experiencia cotidiana y su capacidad de observación. En este caso, con base en lo aprendido durante el trayecto de su vida, los estudiantes formulan representaciones que son de gran utilidad para interpretar la naturaleza.

Aunque es cierto que la mayoría de las ideas de los jóvenes se contraponen a la explicación científica, cumplen una función útil para los alumnos en el procesamiento cotidiano de la información (Carretero, 1996, pp. 20). Esta característica funcional de las ideas alternas es la que impide, en su mayoría, la adopción de un pensamiento evolutivo en los alumnos, ya que éste último no es representativo para ellos y se contrapone a sus ideas preexistentes. Como menciona Pozo (2008) “seguimos recurriendo...a representaciones *miméticas o episódicas*¹ que no sólo son eficaces desde el punto de vista cognitivo, sino incluso más eficaces, para algunos de nuestros propósitos, que los sistemas matemáticos más sofisticados que con tanto esfuerzo hemos aprendido en la escuela” (pp. 86).

Aunado a ello, si estas ideas son útiles para darle un sentido al mundo, los alumnos difícilmente adoptarán una nueva postura de representación.

¹Según Donald, en la evolución de la mente y la cultura, la mente episódica es la especializada en detectar y representar covariaciones entre sucesos y acciones en el ambiente. Se trata de representaciones fuertemente dependientes del entorno y de las regularidades que en él acontecen. Es característica de las representaciones implícitas. Por otro lado, la mente mimética imita conductas a través de acciones y emociones (Pozo, 2008, pp. 74).

Como menciona Pozo (2008) “las funciones de la mente humana en cada dominio concreto, sus formas de conocer y aprender, están restringidas por ciertos dispositivos primarios, compartidos en nuestro equipo cognitivo de serie, que nos proporciona, sin apenas coste o esfuerzo adicional, un buen conjunto de representaciones encarnadas” (pp. 69).

Aún cuando las representaciones encarnadas o implícitas difieran de las evolutivas, no deben ser comprendidas como inconmensurables en sentido estricto, ya que “existen aspectos, en especial hechos, que son compartidos en las distintas teorías y que, el que haya sesgos en la interpretación no limita que también haya aspectos que son inteligibles entre ellas” (Flores & Valdez, 2007, pp. 27). Esta consideración puede ser el punto de partida para promover la reestructuración de las representaciones implícitas en los alumnos sobre el tema de evolución, ya que a partir de las similitudes entre la visión de los alumnos y la teoría evolutiva, se les puede plantear a los alumnos una serie de situaciones donde sólo la posición evolutiva pueda dar una explicación coherente.

De esta manera, las representaciones implícitas de los alumnos pueden ser transformadas y, por ende, generar una nueva representación del mundo. Asimismo, los alumnos probablemente desarrollarán la *mente de tipo teórica*, la cual se caracteriza por establecer representaciones explícitas que sólo tienen lugar en el marco de una verdadera sociedad del conocimiento, ya que, hemos nacido para aprender dentro de una cultura (Pozo, 2008).

Con base en lo anterior, sólo a través de la explicitación de las representaciones, el nuevo conocimiento puede ser incorporado y preservado en el sistema cognitivo. Posteriormente, el nuevo conocimiento encarnado será

útil para representar e interpretar el mundo desde una perspectiva diferente a la anterior. De este modo, promover la reestructuración de las representaciones de los alumnos sobre la evolución de los seres vivos, no implica negar o atacar directamente sus creencias o ideas sino proporcionar herramientas que ayuden a ampliar sus capacidades cognitivas y representacionales.

Con base en lo anterior, puede considerarse al problema de la enseñanza de la evolución, más que de complejidad conceptual, un problema de estrategia didáctica (Guillén, 1995). Para ello es pertinente instrumentar estrategias para desarrollar un aprendizaje significativo en los estudiantes de bachillerato sobre el concepto de adaptación biológica (Guillén, 1995, Jiménez, 2009, Arteaga y Tapia, 2009).

Dada la necesidad de diseñar estrategias adecuadas para la enseñanza de la evolución en el bachillerato, el presente trabajo propone una serie de actividades dirigidas a favorecer el aprendizaje significativo del concepto de adaptación biológica a través del modelo de cambio conceptual. Con estas actividades se pretende que los alumnos desarrollen las habilidades que les permita ampliar sus ideas previas sobre el concepto de adaptación, y por ende, su visión de la evolución biológica.

2. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El diseño de una estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el modelo de cambio conceptual puede ampliar las representaciones de los alumnos sobre la evolución biológica por selección natural, específicamente sobre el concepto de adaptación evolutiva.

3. OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Fomentar el aprendizaje significativo del tema de evolución biológica en alumnos de bachillerato con base en el modelo de cambio conceptual.
- Ampliar las ideas alternas de los alumnos sobre el concepto de adaptación evolutiva.
- Servir como guía a los alumnos para que puedan discernir entre los significados del concepto de adaptación fisiológica y adaptación filogenética.

Objetivos particulares

- Conocer las ideas previas de los alumnos sobre el concepto de adaptación evolutiva.
- Fomentar el conflicto conceptual en los alumnos, específicamente sobre la noción que tienen de adaptación evolutiva.
- Promover el interés de los alumnos por conocer y explicar los fenómenos adaptativos.
- Diseñar una serie de actividades capaces de ser modificadas acorde a las inquietudes y dificultades de los estudiantes.

4. JUSTIFICACIÓN

La Teoría de la Evolución biológica por selección natural puede considerarse como un paradigma que permite observar, conocer e interpretar a la naturaleza y al mundo mismo desde una perspectiva diferente. En el ámbito educativo, el conocimiento y la comprensión de la evolución biológica son parte del amplio capital cultural indispensable para el desarrollo personal y social de los individuos.

Bajo esta premisa, cabe preguntarse ¿qué elementos puede ofrecer el conocimiento de la Teoría de la evolución a los estudiantes, que les permita conocer e interpretar al mundo y la naturaleza? y por ende ¿Cómo puede repercutir este conocimiento en la formación y el desarrollo del alumnado?; es decir, ¿por qué es importante enseñar esta teoría en la escuela?

Para responder a estas preguntas y abordar la premisa planteada, es pertinente recurrir al recuento histórico del pensamiento evolutivo. A través de este análisis nos percatamos de que antes del siglo XVIII, casi nadie dudaba de que el mundo fuera un lugar no cambiante, es decir, que todo permanecía exactamente igual y ordenado desde su creación. A decir verdad, esta concepción era incuestionable, pues para la mayoría de las civilizaciones humanas el génesis de las cosas, incluyendo a lo viviente, era interpretado como el resultado de un acto divino. Particularmente desde la perspectiva *Judeo – Cristiana*, el hombre era la prueba irrefutable de la perfección y existencia del creador, ya que había sido hecho a su imagen y semejanza. Asimismo, el hombre era el centro del universo, y los demás seres habían sido creados para su uso y servicio. A esta visión se le llamó antropocentrismo.

Hasta finales del siglo XVIII y principios del XIX, las evidencias geológicas, paleontológicas y taxonómicas generadas en las expediciones de los naturalistas permitieron que muchos personajes cuestionaran la propiedad estática y ordenada de la naturaleza, sin embargo, no se puso en tela de juicio la existencia de un creador. Entre los primeros naturalistas que propusieron una visión cambiante de los organismos estuvo Erasmus Darwin, abuelo de Charles Darwin, y Lamarck. No obstante, sus propuestas fueron poco aceptadas por sus contemporáneos, por lo que fueron el centro de fuertes críticas.

Fue hasta mediados del siglo XIX cuando Charles Darwin y Alfred R. Wallace lograron analizar e interpretar, de manera independiente, las evidencias recabadas en sus expediciones, asimismo, vincularon sus observaciones con las propuestas de diversos autores sobre temas de economía, geología, etc. En resumidas cuentas, ambos coincidieron en que: a) los organismos han ido cambiando a través del tiempo, b) existe una gran variedad de formas en la naturaleza y las poblaciones, c) la diversidad de formas es el resultado de un proceso evolutivo generado por una fuerza o ley natural, y d) todas las formas vivientes provienen o divergen de un ancestro en común.

Para la cosmovisión del siglo XIX, la obra de Darwin y Wallace representó un ataque dirigido a las ideas creacionistas, ya que la selección natural como fuerza o principio evolutivo sugirió que la figura divina *ya no* era necesaria para explicar la gran diversidad de formas vivientes; es decir, la teoría de la evolución por selección natural le permitió al humano formular una explicación natural, y no sobrenatural, para comprender el origen y la

diversificación de la vasta variedad de seres vivos. Asimismo, se puso en entredicho el papel del hombre en la creación del universo, pues de ser el centro de ésta pasó a representar un producto más de la evolución.

A pesar de las fuertes críticas que recibió la teoría de la evolución, después de la publicación del *Origen de las especies*, fue aceptada por la comunidad científica y se difundió por todas las comunidades intelectuales. Actualmente, se considera un conocimiento fundamental en la educación.

De esta manera, se puede decir que la relevancia de la teoría de la evolución se debe al cambio revolucionario que generó para observar, comprender e interpretar a la naturaleza y a las especies vivas y extintas desde una manera diferente al antropocentrismo característico de la visión judeo-cristiana, pues, a diferencia de las implicaciones antropocéntricas, la cosmovisión evolutiva da un giro de 180 grados y permite observar un cambio evidente en los seres vivos; este fenómeno es interpretado como el resultado de una ley natural que ejerce sobre la diversidad de vida, y donde el humano, es un resultado más de este proceso. Como argumenta Dupré (2007) “la importancia de la evolución radica en que ésta tiene consecuencias sobre la visión de nosotros mismos y de nuestro lugar en el universo, así mismo, da al humano el beneficio intelectual de poder comprender y explicar, de manera parcial, por qué un fenómeno biológico ocurrió” (pp. 15).

Con base en las fuertes implicaciones que tuvo la teoría de la evolución en su tiempo, y que actualmente perduran, se considera que la enseñanza de la evolución puede proveer a los estudiantes de argumentos fundamentados en el razonamiento científico que les permita ampliar las representaciones que tienen sobre el entorno. Esto implica que los jóvenes comprendan que diversos

fenómenos tienen una explicación natural compleja de causa - efecto, y que por lo tanto, los procesos biológicos no pueden interpretarse únicamente a partir de explicaciones metafísicas basadas en ideas o creencias que colocan al humano como el centro del universo y propósito final de la creación. Como menciona Cuéllar (2006), el centralismo humano ha producido una idea de poder-dominio del hombre sobre el resto de la vida, pero al costo de la injusticia y el desequilibrio social y al de una autodestrucción acelerada.

Igualmente, el argumento evolutivo puede permitir que los jóvenes cuestionen la visión antropocéntrica y, por consiguiente, proponer bajo una postura responsable soluciones a diversos problemas actuales como la discriminación, la contaminación, el calentamiento global, la explotación sin medida de otras especies y recursos naturales, entre otros. En relación a esta postura, Piñero (2009) argumenta que en México la biología debe continuar con los esfuerzos por incorporar los principios evolutivos a su investigación, docencia y labor de divulgación, porque sólo cuando se haya completado “la revolución darwiniana”, es decir, cuando se haya logrado romper con el concepto antropocéntrico del universo, “podremos darnos cuenta de la importancia de sus aplicaciones en la vida diaria”.

Sobre aspectos menos catastróficos, Grau y De Manuel (2002) mencionan que la utilidad de los conocimientos relacionados con la evolución, más allá de ser un cierto bagaje cultural, reside en la capacidad para interpretar y comprender diversos fenómenos que acontecen en la vida cotidiana de las personas, por ejemplo, la resistencia bacteriana a los antibióticos, la actual diversidad humana, las variedades entre las especies domésticas o de interés comercial.

Es claro que el conocimiento evolutivo provee a los estudiantes de herramientas que les permite ampliar su visión sobre la naturaleza y sobre si mismos, por ello, es de vital importancia diseñar estrategias de enseñanza-aprendizaje que permitan a los jóvenes comprender el verdadero valor explicativo de la evolución biológica por selección natural.

5. MARCO TEÓRICO

5.1 LA DIDÁCTICA

La **didáctica** es el área del conocimiento que se ocupa de la enseñanza, de manera específica, se enfoca en explicar el proceso de enseñanza-aprendizaje y en proponer su proceder acorde a los propósitos educativos (Contreras, 1994).

En esta disciplina coexisten dos dimensiones, una **explicativa** y otra **proyectiva**. Dada su naturaleza, ambas dimensiones no son autónomas, sino que tienen establecido un nexo de dependencia. Contreras (1994) resume la relación dialéctica de estas dimensiones en la frase *explicar para proponer*, ya que a partir del estudio del proceso de enseñanza-aprendizaje, se pueden exponer nuevas propuestas de enseñanza que favorezcan el cumplimiento de los objetivos curriculares.

De esta manera, lo que deja esclarecido la Didáctica es que “las finalidades, y por consiguiente las propuestas de realización de los procesos de enseñanza-aprendizaje, tienen que justificarse por su valor educativo” (Contreras, 1994,p.8).

5.1.1 LA ENSEÑANZA

Por un lado, la **enseñanza** puede ser considerada como una práctica humana que compromete moralmente a quien la realiza o a quien tiene

iniciativas con respecto a ella. Por el otro, la enseñanza es una práctica social, es decir, responde a necesidades, funciones y determinaciones que están más allá de las intenciones y previsiones individuales de los actores directos en la misma, necesitando atender a las estructuras sociales y a su funcionamiento para poder comprender su sentido total (Contreras, 1994).

Aunque, la estrategia de enseñanza parece aludir más a la planificación de la enseñanza y del aprendizaje con base en principios y conceder más importancia al juicio del profesor (Stenhouse, 1998), lo que ocurre en las aulas no depende sólo de lo que desean sus protagonistas sino que está en relación con la estructura organizativa y administrativa de la institución y con los recursos físicos y sociales disponibles (Contreras, 1994).

Con base en lo anterior, el trabajo de la didáctica surge de una necesidad autorreflexiva de tipo moral, ya que tiene que estudiar si la forma en que se relaciona con la práctica social de la enseñanza refuerza o debilita la realización de los valores que pretende la educación.

Sin embargo, la enseñanza no equivale meramente a instrucción, sino a promoción sistemática del aprendizaje mediante diversos medios, donde la estrategia de la enseñanza constituye un importante aspecto del currículo (Stenhouse, 1998). Por ello, la estrategia de enseñanza puede ser entendida como una “actividad intencional, diseñada para dar lugar al aprendizaje de los alumnos” (Tom, 1984 en Contreras, 1998).

De este modo, las correlaciones empíricas que existen entre la enseñanza y el aprendizaje pueden explicarse como resultado de que el profesor modifica las habilidades del alumno para actuar como tal, es decir, para realizar las tareas de alumno. El aprendizaje, por consiguiente, es

resultado de asumir y desempeñar el papel de alumno, no un efecto que se sigue de la enseñanza como causa. Por tanto, no existe una relación de causa-efecto entre enseñanza y aprendizaje, lo que existe es una relación de dependencia ontológica entre las tareas de enseñanza y las tareas de aprendizaje, mediada por el flujo de tareas que establece el contexto institucional y dentro del cual se descubre el modo de realización de las tareas de aprendizaje (Contreras, 1998).

Bajo este argumento, puede establecerse la mediación entre los dos conceptos, de tal manera que comprenda su dependencia y sus desigualdades, a través del uso de un término más complejo que el de enseñanza; el concepto de **proceso de enseñanza-aprendizaje** puede hacer referencia al objeto de estudio de la didáctica. De esta manera, se entiende por procesos de enseñanza-aprendizaje, “el sistema de comunicación intencional que se produce en un marco institucional y en el que se generan estrategias encaminadas a provocar el aprendizaje” (Contreras, 1998).

En relación a este tema, Tyler (1986) propone que en el proceso de enseñanza-aprendizaje la **experiencia** juega un papel muy importante, ya que según el método que el profesor emplee determinara el cumplimiento de los objetivos curriculares. Tyler se refiere directamente a la experiencia de aprendizaje que puede ser entendida como la interacción que se establece entre el estudiante y las condiciones externas del medio ante las cuales este reacciona. En esta, la labor docente consiste en modificar el medio de tal manera que establezca situaciones estimulantes, es decir, situaciones que susciten el tipo de conducta deseada.

Para ello, Tyler propone 5 principios generales que el profesor debe

seguir en la planeación de la experiencia de aprendizaje:

- Para un objetivo dado, el estudiante debe vivir ciertas experiencias que le permitan actuar de acuerdo con el tipo de conducta señalado por ese objetivo.
- Las actividades de aprendizaje deben ser tales que el estudiante obtenga satisfacciones en el tipo de conducta implícita en los objetivos.
- Las reacciones que se espera de las actividades deben figurar dentro del campo de posibilidades de los alumnos, es decir, que se adecue a la capacidad actual del estudiante.
- Existen muchas actividades útiles para alcanzar los mismos objetivos de educación.
- La misma actividad de aprendizaje da, por lo general, distintos resultados.

Tyler remarca que una serie bien planificada de actividades de aprendizaje puede generar experiencias, que al mismo tiempo, resulten adecuadas para el logro de diversos objetivos.

5.1.2 LA ESTRUCTURA DIDÁCTICA

Como se ha mencionado, el estudio de la didáctica abarca el proceso de enseñanza-aprendizaje. En este proceso se presentan relaciones entre los diversos elementos institucionales del aprendizaje que constituyen un sistema o estructura (Campos, 1989).

Los elementos que constituyen la estructura didáctica son: el alumno, el contenido, los objetivos, el profesor y las estrategias, los cuales pueden representarse de la siguiente manera:

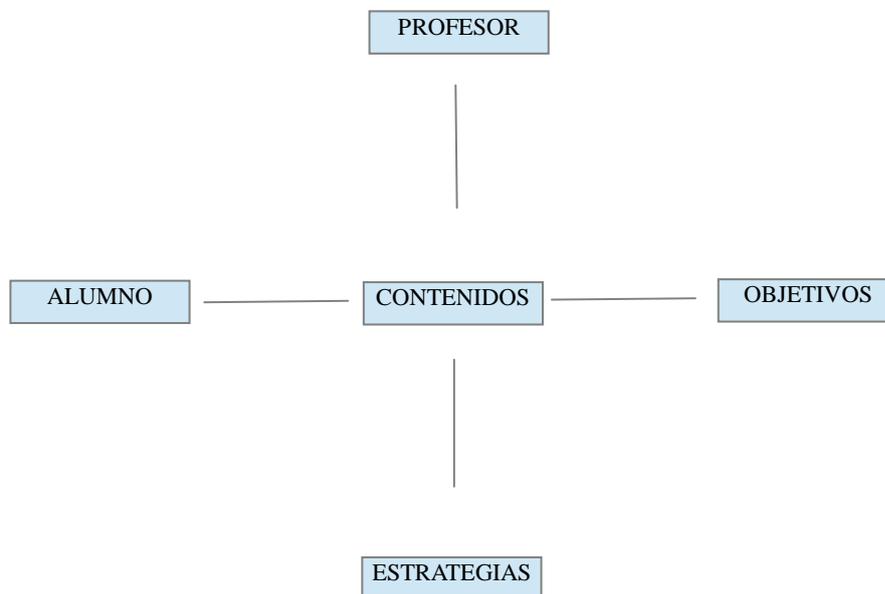


Fig.1 Se presentan las relaciones establecidas entre los diversos elementos institucionales del aprendizaje que constituyen un sistema o estructura (Campos, 1989).

SUBSISTEMA 1: alumno – contenido – objetivo

En este subsistema se reconoce la importancia del alumno en la existencia del proceso de enseñanza-aprendizaje. Dada su condición social, el alumno ha desarrollado y establecido ciertos intereses que difícilmente coinciden con el marco institucional, es decir, existe un desfase entre las aspiraciones y conocimiento del alumno y el contenido escolar.

Sin embargo, el abismo presente entre el alumno y la escuela permite la inserción del primero al proceso de enseñanza-aprendizaje.

En este primer subsistema “el alumno opera sobre un contenido asimilándolo de tal forma que va cubriendo paulatinamente sus propósitos” (Campos, 1989 , pp. 21). No obstante, entre los propósitos del alumno y de la escuela existe una gran diferencia. Así, el proceso de enseñanza-aprendizaje es regulado, en cierta medida, por los objetivos didácticos, los cuales cumplen con la función de enunciar el punto de llegada que los alumnos deben alcanzar. En esta forma, se pretende “desaparecer las diferencias entre el nivel de conocimientos que presenta el alumno y el cuerpo de conocimientos establecidos didácticamente” (Campos, 1989, pp. 22).

Por ende, es de suma importancia determinar el nivel de amplitud y complejidad en que habrá de manejarse el contenido. Este requisito sólo puede ser cumplido a través del trabajo didáctico, el cual, establecerá la estructura conceptual de cierta área del conocimiento necesaria para el logro de los propósitos y objetivos curriculares.

La **estructura conceptual** hace referencia principalmente al conjunto de elementos conceptuales estrechamente relacionados entre sí bajo la lógica disciplinaria, es decir, son un grupo de conceptos que en conjunto dan

congruencia a la explicación e interpretación de cierto fenómeno. La labor didáctica consiste en adecuar la estructura conceptual a las exigencias curriculares expresadas en objetivos, según las condiciones psicológicas del alumno para lograr que éste asimile el conocimiento.

Bajo esta perspectiva, el contenido constituye el núcleo de este subsistema, ya que el análisis conceptual del mismo delimita el grado de complejidad y la secuencia temática que permitirá su fácil asimilación por parte del alumno. A su vez, el grado de complejidad para tal área de conocimiento, considerando la psicología del alumno, estará plasmada y delimitada en los objetivos y propósitos educativos.

SUBSISTEMA 2: profesor – contenido – estrategia

Este subsistema se refiere principalmente a la labor docente destinada a diseñar una estrategia para el cumplimiento de los objetivos curriculares.

Por estrategia puede entenderse como el conjunto de actividades previamente planeadas y sistematizadas encaminadas a facilitar el aprendizaje de los estudiantes. Cabe mencionar que la guía para el docente en la elaboración de las estrategias es la estructura conceptual, ya que ésta delimita el grado de complejidad y la secuencia temática en que el conocimiento debe ser presentado al alumno; de manera específica, lo anterior se ve reflejado en los objetivos y propósitos establecidos.

Así, el éxito y la pertinencia de una estrategia dependerá del grado de complejidad del conocimiento contemplado para ser asimilado por el alumno, del orden lógico en que se presentará el contenido y apoyo en los objetivos

curriculares como punto de referencia.

De esta manera, se puede observar que “las estrategias docentes traducen la lógica del contenido y las representaciones intencionales (propósito y objetivos) a condiciones operativas en el ámbito escolar, por simples que tales sean”(Campos, 1989, pp. 26).

SUBSISTEMA 3: alumno – contenido – profesor

El tercer subsistema comprende las interacciones que emergen entre el alumno y el profesor durante el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde el principal motivo es el cumplimiento de los objetivos y propósitos curriculares.

Sin embargo, el profesor no puede aportar todo el conocimiento requerido porque, por un lado, las condiciones ambientales dificultan, en muchas ocasiones, abarcar la gran cantidad de conocimiento referente a un tema de estudio. Y por el otro, la asimilación del conocimiento se haya limitada por las características psicológicas del alumno y sus características lógicas, de conocimiento y empírica mínimas para operar los nuevos contenidos (Campos, 1989).

Para ello, el profesor apoya sistemáticamente al alumno para lograr los objetivos planteados. De esta manera, “el apoyo sistemático docente no es sino uno de los elementos de esta relación maestro-alumno cuya conexión es únicamente el contenido en lo que a la estructura didáctica se refiere” (Campos, 1989, pp. 27).

Por otro lado, existen relaciones interpersonales entre el profesor y el alumno pero se hayan en su mayoría subordinadas a la vinculación didáctica. En este tipo de relación, hay dos dimensiones altamente articuladas y

complejas: la comunicación y la interacción social, las cuales explican las vinculaciones sistemáticas entre la estructura didáctica y las condiciones histórico-sociales de los sujetos con sus prácticas sociales como docentes y alumnos (Campos, 1989).

Tanto la interacción social como la comunicación tienen una función específica en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Es decir, los constructos ideológicos que se establecen en el aula, ya sean políticos, culturales o de interacción entre los miembros son interiorizados y apropiados por los estudiantes en forma de actitudes; “en este sentido, una planeación didáctica no escapa de las determinaciones sociales que configuran la praxis profesional ni a las concepciones sobre los propósitos curriculares” (Campos, 1989, pp. 30).

Con base en ello, el tercer subsistema de relaciones en la estructura didáctica es condicionado directamente por el sistema social que envuelve a la propia estructura didáctica.

5.1.3 ESTRUCTURA METODOLÓGICA

Como se mencionó anteriormente, los conocimientos que son transmitidos a los estudiantes tienen un cierto grado de complejidad que facilita la asimilación por el alumno. A pesar de ello, no todo el contenido se logra transmitir totalmente debido a ciertas razones sociales y de comunicación, sin embargo, el poco o mucho conocimiento que se transmite no puede ir en contra de los principios científicos establecidos.

Aunado a esta premisa, el trabajo del docente también debe consistir en acelerar la apropiación de la realidad, a fin de que el alumno opere sobre ésta transformándola y además transformándose a si mismo, ya que “la transformación del objeto es el fin del proceso cognoscitivo” (Remedi, 1989, pp. 38).

En este proceso de apropiación y transformación, el maestro se presenta como mediador entre la realidad o el objeto y la experiencia del alumno. Cabe mencionar que en la apropiación del objeto, se adquieren conocimientos y se desarrollan destrezas, habilidades y hábitos.

De esta manera, la **estructura metodológica** actúa como puente entre la estructura conceptual y la estructura cognoscitiva del alumno con la intención de reestructurar la realidad del alumno hacia una más acorde a la establecida por la ciencia. Esto quiere decir que ambas piezas a vincular deben de estar preestablecidas.

En la construcción de la estructura conceptual el maestro tendrá que seleccionar de la realidad o sector de ésta que interese, los elementos o factores que se juzguen esenciales eliminando los factores irrelevantes para su comprensión. Finalmente, el conjunto de elementos electos serán transmitidos

durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Remendi propone los siguientes pasos que el maestro deberá cubrir para construir la estructura conceptual:

1. Determinar, en primera instancia, el objeto o sector de éste a estudiar.
2. Señalar los conceptos que lo delimiten y expliquen.
3. Establecer la ley o leyes fundamentales o inherentes a dicho objeto
4. Marcar los principios y teorías que permitan explicarnos un “x” número de casos.

Una vez elaborada la estructura conceptual se proseguirá a construir la estructura metodológica, la cual, tiene como función especificar las formas en que un cuerpo de conocimientos habrá de estructurarse para que pueda ser asimilado por el alumno. Para ello se toma en cuenta el nivel alcanzado por el alumno y su capacidad de asimilación, para proceder a sincronizarlo con las leyes del desarrollado científico.

De esta manera, en la estructura metodológica convergen tanto los principios lógicos del contenido como las características psicológicas del alumno.

Con base en las características psicológicas del alumno que se conocen, se espera que la posibilidad de interacción entre el estudiante y el conocimiento varíe según la forma en que se presenta el contenido. Por ello, la estructura metodológica deberá relacionarse con la capacidad y el nivel con el que aprende el alumno, es decir con su nivel cognoscitivo.

Así, la estructura metodológica se perfila a ser un puente entre la estructura conceptual y la estructura cognoscitiva del alumno, ya que el valor de la estructura metodológica está dado por “la posibilidad que ofrezca a la

reorganización de la estructura cognoscitiva en términos del ordenamiento de las relaciones entre los hechos, conceptos, nexos, proposiciones, dados en la estructura conceptual” (Remedi, 1989, pp. 50).

De esta forma, la estructura metodológica determina qué hechos, conceptos, leyes de la ciencia, qué métodos de aplicación en la práctica, con qué profundidad y en qué orden hay que enseñar para que en la estructura cognoscitiva de los alumnos se produzca un reflejo más acercado a la realidad científica.

5.1.4 CONSIDERACIONES PARA EL PRESENTE TRABAJO

Con base en lo anterior, es de suma importancia considerar los distintos elementos didácticos en el diseño de una estrategia de enseñanza-aprendizaje, ya que se asegura una mayor probabilidad en el logro de los objetivos planteados. En el presente trabajo se consideraron los diferentes elementos didácticos para la elaboración de la propuesta que a continuación se presentarán. Se elaboró tanto la estructura conceptual como la estructura metodológica.

En la primera, se hizo un listado de los conceptos relacionados con el concepto de adaptación biológica, los cuales, se consideran importantes para su comprensión. Para ello, se analizaron los objetivos de aprendizaje planteados por el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, así como, los objetivos planteados en el presente trabajo. Posteriormente, se elaboró la estructura conceptual de manera gráfica, a través de un mapa conceptual.

En la elaboración de la estructura metodológica, se plantearon una serie de actividades justificadas que pretenden cumplir con los objetivos de aprendizaje establecidos, tanto por el programa del CCH, como por este proyecto. Con ello, se quiso establecer un vínculo entre la estructura conceptual propuesta y la estructura cognoscitiva del alumno.

5.2 ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS

Hacia una visión analógica de la ciencia en la escuela

La enseñanza y el aprendizaje de la ciencia representan una prioridad de la educación en México. Esto se ve reflejado en la estructuración de los planes de estudio de las diferentes modalidades educativas, es decir, desde el nivel preescolar hasta el superior se pretende dar una formación científica que contribuya al desarrollo individual y colectivo de los estudiantes. Sin embargo, en los intereses de la mayoría de los mexicanos dudosamente existen los temas científicos (con excepción de los estudiantes que se forman en alguna de las disciplinas científicas, de profesionales que se dedican a esa actividad humana y los críticos de la ciencia). De hecho, la mayoría de los mexicanos no saben discernir entre lo que es y no es ciencia, y por ende no saben qué proyectos científicos se desarrollan. Tras el desconocimiento del proceder científico, se observa frecuentemente cómo los medios publicitarios y de mercadotecnia utilizan el eslogan “científicamente probado” para asegurar la efectividad de algún producto de quizá dudosa calidad. Esto desencadena una imagen deformada de la actividad y la utilidad de la ciencia.

Al dirigir la atención al ámbito educativo, se observa cómo los objetivos de la educación “científica” no se han cumplido; y ello puede ser corroborado en los resultados de la prueba PISA² 2009. Cabe preguntarse por qué el sistema educativo no ha logrado los propósitos de fomentar el interés por el estudio de la ciencia y el desarrollo del pensamiento científico en los jóvenes. Evidentemente, para contestar esta interrogante es

² La prueba PISA (Programme for International Student Assessment) es el Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes. Esta prueba evalúa las competencias de estudiantes de 15 años de edad y sus capacidades para aprender. Más que medir conocimientos adquiridos, evalúa cómo los aplican los estudiantes en situaciones de la vida real. PISA se aplica cada tres años, desde el año 2000, a estudiantes de 15 años de edad. Las áreas que se evalúan son lectura, matemáticas y ciencias, y cada tres años se evalúa con mayor profundidad una de estas áreas. En 2009 se profundizó en el área de lectura, tal como fue el caso de la evaluación del año 2000. En 2003 el énfasis se puso en matemáticas y en 2006 en ciencias.

necesario realizar todo un análisis donde probablemente se verán involucrados diversos factores como la organización interna de la escuela, el rol de la familia, el estatus de pobreza y deserción, etc. No obstante, en el presente apartado se considera que una de las razones principales que obstaculiza los fines educativos referentes a la enseñanza-aprendizaje de la ciencia es la visión positivista que los profesores muestran en las clases, la cual fortalece la imagen publicitaria de la ciencia y, al mismo tiempo, fomenta el desinterés en los alumnos. Como mencionan Fernández y colaboradores (2002), “dado que la enseñanza científica se ha reducido básicamente a la presentación de conocimientos ya elaborados, sin dar ocasión a los estudiantes de asomarse a las actividades características de la actividad científica, cabe esperar que esa imagen popular de la ciencia, en la que abundan los tópicos deformantes (como la imagen de los científicos asociada a «sabios despistados» que trabajan en solitario, aislados del mundo), persista incluso entre los profesores, influenciando negativamente nuestra enseñanza”. La propuesta central del presente apartado es considerar a la historia de la ciencia y la contrastación de modelos como herramientas en la instrucción docente, las cuales, puedan promover que los alumnos desarrollen una visión analógica de la actividad y el conocimiento científico.

Bajo la visión positivista, al dilucidar la relación del hombre con el universo, la ciencia cumple supreciado objetivo, el de aclarar y resolver los problemas de la sociedad a través de un conjunto de leyes y teorías que son verificables por la observación científica, pura por esencia y eficiente en su tarea de beneficiar al mundo con sus sagaces estudios de los fenómenos de la naturaleza. Si la ciencia elucida es porque tiene un método que permite conocer de manera verificada y verificable, y por consiguiente, objetiva y verdadera a la naturaleza que nos rodea y de la que ya no formamos parte desde el momento en que decidimos aplicar el postulado de objetividad en la obtención de la verdad, accediendo a ella en aras de sus fenómenos por elpreciado razonamiento y

experimentación del hombre especializado y dueño del único conocimiento objetivo y puro- la ciencia-.

De esta percepción positivista de la ciencia, Fernández y colaboradores (2002) sugieren la divergencia de siete enfoques o ideas difundidas en la escuela sobre el quehacer científico. “La primera se refiere a una concepción empírica-inductivista y ateórica de la ciencia. Una concepción que resalta el papel de la observación y de la experimentación «neutras» (no contaminadas por ideas apriorísticas), e incluso del puro azar, olvidando el papel esencial de las hipótesis como focalizadoras de la investigación y de los cuerpos coherentes de conocimientos (teorías) disponibles, que orientan todo el proceso. La segunda idea versa sobre una visión rígida (algorítmica, exacta, infalible...) de la actividad científica. Se presenta el «método científico» como un conjunto de etapas a seguir mecánicamente. Se resalta, por otra parte, lo que supone tratamiento cuantitativo, control riguroso, etc., olvidando –o, incluso, rechazando– todo lo que significa invención, creatividad, o duda. En una tercera concepción positivista se haya la visión aproblemática y ahistórica: se transmiten conocimientos ya elaborados, sin mostrar cuáles fueron los problemas que generaron su construcción, cuál ha sido su evolución, las dificultades, etc., ni mucho menos aún, las limitaciones del conocimiento científico actual. La cuarta concepción consiste en una visión exclusivamente analítica, que resalta la necesaria parcelación inicial de los estudios, su carácter acotado, simplificadorio, pero que olvida los esfuerzos posteriores de unificación y de construcción de cuerpos coherentes de conocimientos cada vez más amplios o el tratamiento de problemas «puente» entre distintos campos de conocimiento que pueden llegar a unirse, como ha ocurrido tantas veces. La quinta idea es la que transmite una visión acumulativa, de crecimiento lineal de los conocimientos científicos: el desarrollo científico aparece como fruto de un crecimiento lineal, puramente acumulativo, ignorando las crisis y las remodelaciones profundas, fruto de procesos complejos que no se dejan ahormar por ningún modelo definido de cambio

científico. Una sexta concepción se dirige a una visión individualista y elitista de la ciencia. Los conocimientos científicos aparecen como obra de genios aislados, ignorándose el papel del trabajo colectivo, de los intercambios entre equipos. En particular se deja creer que los resultados obtenidos por un sólo científico o equipo pueden bastar para verificar o falsar una hipótesis o, incluso, toda una teoría. En este enfoque no se realiza un esfuerzo por hacer la ciencia accesible (comenzando con tratamientos cualitativos, significativos), ni por mostrar su carácter de construcción humana, en la que no faltan confusiones ni errores, como los de los propios alumnos. En algunas ocasiones nos encontramos con una deformación de signo opuesto que contempla la actividad científica como algo sencillo, próximo al sentido común, olvidando que la construcción científica parte, precisamente, del cuestionamiento sistemático de lo obvio (Bachelard, 1938). Finalmente, el séptimo enfoque se refiere a la deformación que transmite una visión descontextualizada, socialmente neutra de la ciencia que ignora, o trata muy superficialmente, las complejas relaciones CTS, ciencia-tecnología-sociedad (o, mejor, CTSA, agregando la A de ambiente para llamar la atención sobre los graves problemas de degradación del medio que afectan a la totalidad del planeta). En este enfoque se reducen a la enumeración de algunas aplicaciones de los conocimientos científicos, cayendo así en una exaltación simplista de la ciencia como factor absoluto de progreso” (Fernández y colaboradores, 2002, pp. 54).

Así pues, estas concepciones aparecen asociadas entre sí, como expresión de una imagen ingenua de la ciencia que se ha ido decantando, pasando a ser socialmente aceptada. De hecho esa imagen tópica de la ciencia parece haber sido asumida incluso por numerosos autores del campo de la educación, que critican como características de la ciencia lo que no son sino visiones deformadas de la misma.

Como se ha enunciado, existen diversas ideas del quehacer científico que construyen en conjunto una visión de la ciencia, misma que es transmitida por los

profesores a los alumnos. Sin embargo, cabe preguntarse si esta visión positivista es la que se pretende enseñar o sólo es el resultado de la carencia reflexiva en la labor docente.

Si se recurre a los estudios epistemológicos de la ciencia, se percata de las múltiples corrientes tanto filosóficas como históricas que han surgido en oposición a la visión positivista del desarrollo científico. Por ejemplo, según Thomas S. Kuhn, el desarrollo de la ciencia se da a través de *revoluciones* (Suárez 2000), las cuales delimitan épocas distintas que difieren en la interpretación de fenómenos similares. Tal concepción, dista de considerar al conocimiento científico como proceso acumulativo dirigido al descubrimiento de la verdad, en oposición, el progreso de la ciencia se da de manera discontinua, donde la aceptación del conocimiento depende de los intereses y acuerdos de la *comunidad científica* de la época. No obstante, el punto de conmoción se dio principalmente al considerar que la formulación de las teorías y leyes científicas se hallan influenciadas por factores sociales, económicos, políticos y culturales (Solís 2003, Moro 2006).

La propuesta de Kuhn es considerada uno de los iconos fundamentales para el surgimiento de los estudios sociales de la ciencia, los cuales se enfocan en desentrañar las relaciones entre el desarrollo científico y los distintos factores en los que se puede ver inmiscuida la práctica científica (Moro 2006). A partir de la década de 1980 hasta nuestros días, el enfoque social de la ciencia ha impulsado el surgimiento de nuevas interpretaciones sobre la construcción y dinámica del desarrollo científico. Una de las más novedosas es la propuesta de Bruno Latour (1987), la cual considera que “los objetos que los estudiantes de ciencia intentan analizar nunca son la “ciencia pura” y la “sociedad pura”: son “redes de actores” en las que los seres humanos se conectan con otros seres humanos, las cosas con otras cosas, y las cosas con los seres humanos. Esta observación es rotundamente importante para entender la dinámica y relaciones tanto de

la ciencia como de la sociedad, ya que a partir de este momento, es inaceptable referirse a la ciencia y sociedad como si existiera una demarcación, ahora sólo es permisivo hablar de “asociaciones más fuertes o más débiles de elementos heterogéneos” (Latour citado en Shapin 1992). De hecho, la corriente latouriana postula que los *actores* han manejado términos y creencias que en la actualidad son considerados falsos, y que además, son resultado de la operación de instituciones que coordinaron sus decisiones y actividades. Influenciado por este pensamiento, Shapin propone que las demarcaciones de ciencia y sociedad, y lo intelectual y lo social son totalmente falsas desde un punto de vista analítico.

Con base en esta postura social de la ciencia, se podría construir toda una visión del quehacer científico, sustentada en las relaciones e intereses que se establecen en los institutos de investigación. De esta manera, los alumnos podrían interpretar a la ciencia como una actividad social que funciona y se desarrolla a partir de aspectos subjetivos pertenecientes a los humanos como las creencias, los juicios de valor, los presupuestos, intereses políticos y económicos, etc. Asimismo, la escuela y los profesores podrían contar con una alternativa que contrapusiera la visión positivista de la ciencia que actualmente se enseña.

Sin embargo, cabe preguntarse cuál de las dos visiones de la ciencia- positivista o social- es pertinente enseñar en la escuela. El presente apartado sugiere que se puede establecer una mediación entre ambas posturas, la cual, se asignará como visión analógica de la ciencia. Para abordar esta idea, se recurrirá a la propuesta filosófica de Mauricio Beuchot referente a la *hermenéutica analógica*.

Para ello, puede iniciarse mencionando que la hermenéutica es la disciplina de la interpretación (Beuchot, 2005), de esta forma, el hermeneuta trata de comprender lo que el autor de una obra quiso decir en un texto. En la actualidad pueden distinguirse dos posturas extremas en la hermenéutica (Beuchot, 2005). Por una parte, hay quienes

argumentan que todas las interpretaciones son válidas (Beuchot, 2009), es decir, aceptan las múltiples maneras de interpretar al grado de sostener un relativismo extremo o absoluto de la interpretación. En contraparte, algunos sostienen que sólo una interpretación puede ser válida o verdadera. Al relativismo se le puede considerar una postura equivocista; mientras, la interpretación única puede verse como univocismo.

En palabras de Beuchot (2009): “Lo equivoco es lo que se predica o se dice de un conjunto de cosas en un sentido completamente diverso, de modo que una no tiene conmensuración con otra (...); lo univoco es lo que se predica o se dice de un conjunto en un sentido completamente idéntico, de modo que cabe diversidad entre unas y otras”. Por ello, es necesario establecer una relación entre ambas posturas que permita su mediación y comunicación. De esta manera, la analogía funge como vínculo entre la equivocidad y la univocidad, ya que retoma el aspecto diverso e idéntico de cada postura correspondientemente, y le da predominio a la diversidad.

Trasladando la postura de la hermenéutica analógica a la educación, se podría decir que la visión de la ciencia que es más pertinente de enseñar sería la mediación entre la visión positivista y la visión social de la ciencia. Es decir, podríamos asignar a cada una de estas perspectivas científicas un carácter univocista o equivocista, y establecer una visión reconciliadora.

Dado que la postura univocista sólo reconoce una interpretación válida de las cosas, puede verse demasiado relacionada con la visión positivista de la ciencia, la cual ha recreado en la mayoría de los alumnos, y también en profesores, una interpretación centrada en la racionalidad y el progreso del conocimiento por descubrimiento, que llevará consigo la mejora en la calidad de vida de las personas, es decir, se trata de una visión totalmente maquillada de la ciencia. En apoyo a esta relación, la historia de la hermenéutica univocista sugiere que su origen está vinculado con el positivismo, el cual, adoptó la forma científicista del siglo XIX, en la que sólo valía la interpretación

reduccionista científicista de cualquier texto o acción o evento. Éste tenía que ser completamente unívoca, con un significado único y sin dejar ningún lugar a la ambigüedad (Beuchot , 2009).

Asimismo, el estudio histórico del origen de la hermenéutica equivocista sugiere que la visión social de la ciencia puede vincularse con esta postura, ya que el equivocismo deriva de la filosofía romántica, la cual da predominio a la subjetividad, totalmente opuesta del positivismo. A diferencia del positivismo, la postura romántica plantea que lo que determina la racionalidad en general es la cultura particular, al menos en cuanto se cree que las normas de la cultura local marcan los límites de la racionalidad, y por lo tanto, de la interpretación (Beuchot, 2009).

Habiendo establecido la posición opuesta de ambas visiones científicas en relación a las dos posturas extremas de la hermenéutica, queda establecer que visión fungiría como análoga entre la perspectiva positivista- univocista- y la social – equivocismo-.

Recurriendo nuevamente a los estudios filosóficos e históricos de la ciencia, se puede observar que diversos autores se han opuesto a la inclinación de una u otra postura referente a la construcción del conocimiento científico. Por ejemplo, López (2002) considera que a través del análisis de las diferentes formas que van adoptando los conceptos en el transcurso del tiempo, se pueden identificar las diversas influencias que ejercieron sobre ellos; “es indudable que las decisiones adoptadas por los científicos respecto a cómo articulan o rearticulan un concepto (...) están influenciadas por múltiples aspectos de su entorno conceptual y práctico”. En la construcción de un concepto pueden intervenir diversos factores desde el sociológico, el ideológico, el lexicográfico, hasta el lógico. López enfatiza que por medio de la dinámica de los conceptos se pueden ubicar cuáles de todos estos elementos que fungen como papel preponderante. Para ello, el autor retoma la historicidad de los conceptos propuesta por Georges Canguilhem, quien inicialmente, marca una diferencia entre la historia de la física y la biología, ya que para la

segunda, el desarrollo de los conceptos es de suma importancia para comprender el surgimiento de dicha ciencia (Suárez 2000). Entre otras cosas, Canguilhem considera que el estudio del desarrollo científico se lleva a cabo a través de la historicidad de los conceptos, yuxtaponiendo la linealidad contra la construcción epistemológica del significado. En palabras de Lecourt, esta historia procede mediante reorganizaciones, rupturas y mutaciones.

Con base en la propuesta de López y Canguilhem, se puede establecer una visión de la ciencia que retome el valor lógico y racional en la construcción del conocimiento, así como, la condición social y cultural de la práctica científica. A esta postura, se le considerará la **visión analógica de la ciencia**, con la que se espera que los alumnos puedan interpretar a la ciencia desde una perspectiva multifactorial, cumpliendo con la postura analógica de la interpretación.

A manera de conclusión, se puede decir que a partir de una visión analógica de la ciencia, los estudiantes podrán interpretar a la actividad científica como un producto cultural situado social e históricamente, de igual forma, podrán comprender que el desarrollo de dicha actividad sigue la lógica y la visión de una época dado, por lo tanto, la ciencia sólo puede responder a las interrogantes planteadas a partir de los recursos prácticos y cognitivos a su alcance.

Por otro lado, se considera que tanto la historia de la ciencia como la contrastación de modelos pueden ser de gran utilidad en la transmisión y enseñanza en la escuela de una visión analógica de la ciencia, ya que como menciona López y Canguilhem, a través de la historicidad de los conceptos, pueden revelarse las relaciones intelectuales, sociales, culturales, políticas, económicas, etc., en torno al desarrollo científico.

Cabe mencionar, que la continua reflexión de la práctica docente sobre la visión de la ciencia que se transmite a los alumnos es de gran valor para cuestionar sobre cuáles son los objetivos que busca la educación con la enseñanza de la ciencia, y por ende, cuál

es la visión que se debe enseñar para cubrir tales fines.

5.3 ASPECTOS PSICOPEDAGÓGICOS

El modelo de cambio conceptual como propuesta para la enseñanza y aprendizaje de la ciencia

5.3.1 EL MODELO DEL CAMBIO CONCEPTUAL

La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento científico ha implicado por muchas generaciones un gran esfuerzo por parte de profesores e investigadores, quienes han propuesto y elaborado diversos modelos y estrategias con el fin de fomentar el aprendizaje significativo en esta área.

Sin embargo, a pesar de los múltiples intentos, no se ha logrado ni fomentar el interés por los temas científicos ni obtener los niveles de comprensión conceptual deseados para los estudiantes. Por ello, el aprendizaje de los conceptos sigue siendo uno de los principales focos de atención e interés en la investigación educativa y enseñanza de la ciencia.

Uno de los modelos que apuesta por la comprensión del contenido científico es **el cambio conceptual**, el cual, plantea que a partir de la instrucción, los estudiantes pueden modificar sus conocimientos previos y aproximarlos a una concepción científica.

La propuesta de este modelo está inspirada en la obra de Thomas S. Kuhn, *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (Vosniadou y col, 2008, Keil y Newman, 2008), en la cual, se argumenta cómo el desarrollo del conocimiento científico se ha dado a través de grandes revoluciones epistemológicas que, a su vez, modifican la manera de interpretar y explicar a un fenómeno u objeto de estudio.

La idea principal de Kuhn fue adaptada en dos áreas del conocimiento, el desarrollo cognitivo y la enseñanza de la ciencia (Pozo y Rodrigo, 2001). Por un lado,

Susan Carey la llevó al contexto del funcionamiento cognitivo humano. De esta manera, el desarrollo cognitivo puede entenderse a partir de modificaciones mentales que determinan cómo un individuo percibe y responde a su entorno. Por otro lado, el modelo kuhniano también fue utilizado en la enseñanza de las ciencias para promover el cambio conceptual en los estudiantes a partir de su conocimiento alternativo en ciencias.

En ambas áreas surgen dos maneras de entender el proceso de cambio conceptual, en una de ellas, la culminación del proceso exige el reemplazo de unas ideas por otras, las científicamente aceptadas en el lugar de las alternativas o previas del individuo. En la segunda interpretación, es inútil tratar de reemplazar unas ideas por otras, ya que en la mayoría de los casos, los conocimientos previos cumplen un papel muy poderoso para entender y explicar los fenómenos que nos rodean. De esta manera, el cambio conceptual solo puede concebirse a partir de la reestructuración teórica y mental del individuo, en la cual, se puede presentar una coexistencia de ideas.

Bajo cualquiera de las dos perspectivas, existe un elemento fundamental para considerar el cambio conceptual, las ideas alternativas, ya que son la base sobre la cual se produce dicho cambio. En la mayoría de los casos, estos conocimientos previos son el resultado de una construcción mental derivada de múltiples interpretaciones y respuestas empíricas que cumplen la función de comprender y dar un sentido al mundo que nos rodea. De esta manera, las ideas previas buscan más la utilidad que la verdad (Pozo, 2008).

Por esta razón, la mayoría de estas construcciones mentales difieren de las representaciones planteadas por la comunidad científica, dificultando el aprendizaje del conocimiento científico por parte de los estudiantes. Sin embargo, existe un elemento a favor en este contexto, todo el conocimiento se construye a partir del conocimiento ya existente. Por tal motivo, es indispensable conocer, en primera instancia, cómo interpretan y representan los alumnos a los fenómenos y hechos naturales que la ciencia pretende

explicar.

5.3.2 EL CONOCIMIENTO PREVIO DE LOS ALUMNOS

Carretero (1996, pp. 20) menciona que los alumnos basan sus respuestas en su experiencia cotidiana y su capacidad de observación. En este caso, con base en lo aprendido durante el trayecto de su vida, los estudiantes formulan representaciones que son de gran utilidad para interpretar la naturaleza.

Aunque es cierto que la mayoría de las ideas de los jóvenes se contraponen a la explicación científica, cumplen una función útil para los alumnos en el procesamiento cotidiano de la información (Carretero, 1996, pp. 20). Esta característica funcional de las ideas alternas es la que impide, en su mayoría, la adopción de un pensamiento científico en los alumnos, ya que éste último no es representativo para ellos y se contrapone a sus ideas preexistentes. Como menciona Pozo (2008) “seguimos recurriendo [...] a representaciones *miméticas o episódicas*³ que no sólo son eficaces desde el punto de vista cognitivo, sino incluso más eficaces, para algunos de nuestros propósitos, que los sistemas matemáticos más sofisticados que con tanto esfuerzo hemos aprendido en la escuela” (pp. 86).

Aunado a ello, si estas ideas son útiles para darle un sentido al mundo, los alumnos difícilmente adoptarán una nueva postura de representación. Como menciona Pozo (2008) “las funciones de la mente humana en cada dominio concreto, sus formas de conocer y aprender, están restringidas por ciertos dispositivos primarios, compartidos en nuestro equipo cognitivo de serie, que nos proporciona, sin apenas coste o esfuerzo

³ Según Donald, en la evolución de la mente y la cultura, la mente episódica es la especializada en detectar y representar covariaciones entre sucesos y acciones en el ambiente. Se trata de representaciones fuertemente dependientes del entorno y de las regularidades que en él acontecen. Es característica de las representaciones implícitas. Por otro lado, la mente mimética imita conductas a través de acciones y emociones (Pozo, 2008, pp. 74).

adicional, un buen conjunto de representaciones encarnadas” (pp. 69).

Aún cuando las representaciones encarnadas o implícitas difieran de las científicas, no deben ser comprendidas como inconmensurables en sentido estricto, ya que “existen aspectos, en especial hechos, que son compartidos en las distintas teorías y que, el que haya sesgos en la interpretación no limita que también haya aspectos que son inteligibles entre ellas” (Flores & Valdez, 2007, pp. 27).

De esta manera, podemos determinar que en el proceso del cambio conceptual los **conocimientos previos de los alumnos** son de suma importancia, ya que por un lado, son la base de la construcción del nuevo conocimiento, pero por el otro, son los factores que limitan el aprendizaje del conocimiento científico que se pretende enseñar a los estudiantes. Por esta razón, es imposible tratar de erradicar tales ideas dado su alta eficacia para representar al mundo, sin embargo, es importante que los alumnos puedan conocer otras formas de interpretar su entorno. Para ello, es importante fomentar el cambio conceptual en los estudiantes a partir del diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje que guíen la instrucción. Bajo este supuesto, es pertinente preguntarse cómo se procede para fomentar dicho cambio.

5.3.3 ¿CÓMO FOMENTAR EL CAMBIO CONCEPTUAL?

En la enseñanza de la ciencia, los contenidos verbales o conceptuales que se pretenden enseñar a los alumnos pueden ser categorizados en dos grupos. El primero comprende a los hechos y los datos, y el segundo a los conceptos. Aunque ambos sean conocimientos científicos, la manera de enseñanza y de procesamiento cognitivo en los alumnos no es el mismo. Pozo (2008) menciona que mientras los hechos y los datos deben aprenderse de manera repetitiva, el aprendizaje de los conceptos se obtiene a partir de las relaciones con los elementos que lo constituyen y los conocimientos previos de los aprendices.

Por ello, es válido que el método de aprendizaje de los hechos y los datos sea la

repetición o el repaso, ya que estos conocimientos no poseen elementos que puedan establecer una relación entre sí. Por ejemplo, para el aprendizaje de las capitales de los distintos países o las tablas de multiplicar, es preciso repetir varias veces la respuesta correcta para que ese conocimiento se quede guardado en nuestro sistema cognitivo. Es decir, no es necesario comprender para aprender un hecho o un dato, ya que “el repaso deliberado es un proceso de aprendizaje explícito, una estrategia que utilizamos deliberadamente con el fin de facilitar la recuperación de cierta información” (Pozo, 2008).

Sin embargo, el repaso es un proceso poco eficiente ya que es difícil de transferir el conocimiento aprendido a otras situaciones. De tal forma que el aprendizaje de conceptos no es garantizado a través de este método. Referente a esto Pozo (2008) menciona que “la mejor forma de hacer más eficaz el aprendizaje por repaso,..., es reducirlo a su mínima expresión, utilizándolo únicamente como último recurso para aquellos materiales que no admitan un aprendizaje más significativo o comprensivo, ...” (pag. 440). Para el aprendizaje de los conceptos, en el cual se requiere un nivel de comprensión, es pertinente identificar los elementos que componen a un concepto dado y establecer las relaciones de significado que existen entre estos. De esta manera, la comprensión de un concepto puede ser alcanzada a través de la relación conceptual entre sus elementos y no sólo por sus asociaciones. Bajo esta perspectiva, la información requerida para comprender un concepto, como son los datos y otros conceptos, no permanecen aislados sino que establecen una red conceptual con significado (Pozo, 2008).

En consecuencia, el conocimiento aprendido será significativo según las relaciones que los estudiantes logren establecer entre los elementos que componen al concepto, y con sus ideas preexistentes.

Recordemos que la base del cambio conceptual son las ideas alternas de los estudiantes, y según la relación que se logre establecer entre este conocimiento y el nuevo, será el nivel de comprensión. Para este propósito, es necesario conocer de qué

manera los estudiantes comprender los conceptos que se les presentan, qué representaciones han podido construir en el transcurso de su desarrollo sobre un fenómeno dado. Es decir, es necesario que los estudiantes expliciten sus representaciones encarnadas del mundo para después tratar de modificarlas a través de la instrucción.

Según Carey, los conceptos que manejan los alumnos y la científica pertenecen a categorías ontológicas diferentes (Vosniadou y col., 2008). En consecuencia, las representaciones emitidas varían o se hayan contrapuestas. Por tal razón, para que se efectúe el cambio conceptual se requiere de una re-asignación categórica, es decir, los conceptos que los alumnos han construidos, y que pertenecen a una categoría dada, deben ser re-ubicados en una categoría diferente y más cercana a la concepción científica. Esta propuesta se vincula con los tres tipos de cambio conceptual presentes en el proceso de aprendizaje citados por Chi: la revisión de creencias, la transformación del modelo mental y el cambio categórico (Vosniadou y col., 2008). En conjunto se refieren a una re-asignación categórica que consiste en conocer las representaciones de los alumnos, identificar la categoría a la que pertenecen, modificar el modelo mental del que yace dicha categoría y, finalmente, el cambio de una categoría a otra.

En el trabajo realizado por Vosniadou y colaboradores (2008), se analizan las representaciones implícitas de los alumnos sobre los conceptos de Tierra y número. De los cuales, sólo consideraremos el de Tierra en este escrito. Diversas pruebas revelaron que los estudiantes perciben al planeta Tierra como un objeto físico más que astronómico.

Los autores proponen que para que los estudiantes logren una comprensión del concepto científico de Tierra se requiere una re-categorización, es decir, que dicho concepto pueda ser interpretado desde una categoría ontológica de objeto físico a otra de objeto astronómico. A este proceso de re-categorización se le considera una forma de cambio conceptual (Vosniadou y col., 2008). Estos autores parten de la siguiente

hipótesis: el aprendizaje de los conceptos científicos son tan difíciles de aprender porque se hayan embebidos en las teorías científicas que violan los principios de la cotidianidad. La cual, consiste en una construcción compleja estructurada sistemáticamente a partir de un amplio sistema de observaciones, creencias y presuposiciones que dan una relativa coherencia a los fenómenos del entorno. En el ejemplo que los autores presentan, los alumnos construyen sus representaciones de la Tierra a partir de una categoría ontológica física que dista mucho de la categoría astronómica de las representaciones científicas. Para que los alumnos comprendan el concepto de Tierra desde una perspectiva astronómica es necesario que en su sistema cognitivo se lleve a cabo una re-estructuración o cambio de categoría ontológica. Dado que las representaciones alternativas son muy resistentes al cambio por su alta funcionalidad, los autores consideran que el proceso de re-estructuración no consiste únicamente en una modificación simple de creencias sino en un cambio conceptual radical que involucre un cambio de categorías ontológicas.

De esta manera, es importante recurrir a la instrucción para inducir a los alumnos al cambio conceptual, de tal forma que se puedan identificar los dominios o categorías a las que pertenecen las representaciones implícitas de los estudiantes, esto con el fin de poder guiar y diseñar las experiencias de aprendizaje. Posterior a esto, recurrir al uso de experimentos mentales y limitados análisis de caso que promuevan el cambio. A través de lo anterior, los individuos pueden construir nuevos modelos mentales o reconstruir el presente no sólo a partir de su experiencia física, sino también a partir de artefactos culturales (Vosniadou & col., 2008).

Por un lado, la enseñanza basada en el cambio conceptual requiere de profesores que pongan atención a las ideas previas de los estudiantes, lo cual, abre nuevas interrogantes sobre la cognición humana y sobre la naturaleza representacional del conocimiento. Pues ya no interesa tanto el contenido de las ideas que tienen los alumnos,

su grado de complejidad o su carácter erróneo en relación con los conceptos de ciencia, como profundizar en su naturaleza representacional, saber cómo se organizan y qué procesos de cambio requieren. Dado el tiempo y el esfuerzo involucrado en la explicitación de las representaciones implícitas de los alumnos, el cambio conceptual puede considerarse como un proceso gradual y continuo, que involucra la cohesión de muchas piezas interrelacionadas de conocimiento.

Por otra parte, los autores proponen que la explicitación de las representaciones encarnadas y el fomento del cambio conceptual en los alumnos, puede ser promovido a partir del uso de diversos artefactos culturales que pueden ser materiales gráficos. Por ejemplo, para el problema conceptual de la Tierra el uso de mapas o los globos terráqueos pueden facilitar conocer las representaciones implícitas de los estudiantes y al mismo tiempo, funcionar como instrumento en el proceso de reestructuración conceptual.

A través de la aplicación de diversos artefactos culturales durante la instrucción los alumnos pueden construir representaciones mentales más cercanas a las propuestas por la ciencia, pero que probablemente mantendrán una relación con las ideas preexistentes. Esto sugiere que las construcciones representacionales de los individuos son el producto de una síntesis creativa de la combinación de ambas percepciones. Lo que lleva a suponer que los sistemas cognitivos son flexibles y capaces de utilizar una variedad de representaciones que se adecuan a las necesidades de la situación (Vosniadou y col, 2008).

Bajo esta perspectiva, cabe citar a Pozo y Rodrigo (2001), quienes mencionan que “El cambio conceptual no implicaría, por tanto, sustituir unas representaciones por otras, ni sumar unas representaciones a otras, sino cambiar unas representaciones en otras, generar nuevas relaciones entre esas representaciones que faciliten un uso más consistente y coherente de las mismas. El cambio conceptual sería en ese sentido un **cambio representacional**, en la naturaleza y el formato de las representaciones mentales

para un dominio dado (pp. 414).”

Con base a lo anterior, se puede concebir al proceso de cambio más de tipo representacional que conceptual. Sobre este asunto, Pozo (2008) menciona que bajo la perspectiva del cambio representacional los nuevos niveles o categorías ontológicas no necesitan abandonar los niveles anteriores de representación, sino que se lleva a cabo una integración de los mismos, estableciéndose así una categoría de mayor complejidad. Es decir, “El llamado cambio conceptual requiere construir estructuras conceptuales más complejas a partir de otras más simples y, probablemente, establecer usos diferenciales para cada uno de los contextos de aplicación de estas teorías” (Pozo, 2008, pp. 475).

Conjuntando las propuestas de Vosniadou y Pozo, se puede determinar que el cambio conceptual más que basarse en un cambio radical, consiste en la reestructuración de los modelos mentales que los alumnos han desarrollado en el transcurso de su educación formal y no formal. Este proceso de reestructuración se puede interpretar como un cambio representacional que surge del desarrollo de nuevas categorías ontológicas constituidas por la integración de los niveles anteriores. Para ello, es de suma importancia conocer cómo los alumnos interpretan y comprenden a los fenómenos que les rodea, es decir, es necesario hacer explícito las representaciones alternas o implícitas de los estudiantes. Posteriormente, es pertinente hacer uso de diversos artefactos culturales durante la instrucción, como son objetos gráficos y los sistemas externos de representación restantes, los cuales, pueden implementarse como puentes entre el conocimiento previo y las representaciones científicas. De esta manera, los artefactos culturales o sistemas externos de representación pueden cumplir una doble función durante la instrucción, ya que, por un lado promueven la explicitación de las representaciones alternas y, por el otro, son herramientas que fomentan la implicación del nuevo conocimiento en el sistema cognitivo del individuo.

5.4 ASPECTOS DISCIPLINARES

La teoría de la evolución y su enseñanza

5.4.1 LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

Etimológicamente, la palabra **evolución** deriva del griego *evolvere*, que significa “aparecer poco a poco o desenrollarse”. Sin embargo, en el contexto biológico, la palabra evolución simplemente significa **cambio**. Y en un sentido más amplio, se refiere a la descendencia con modificación, que a menudo involucra diversificación (Futuyma, 1998).

Aunque el estudio de la evolución en los seres vivos se remonta a estudios del siglo XVIII, la teoría cobró mayor relevancia a mediados del siglo XIX con la publicación del *Origen de las especies* por Charles Darwin y los trabajos de Alfred R. Wallace.

En el *Origen de las especies*, Darwin desarrolló cinco enunciados que en conjunto constituyen la teoría de la evolución (Mayr, 2000).

- 1) que los organismos evolucionan constantemente a lo largo del tiempo
- 2) que diferentes tipos de organismos descienden de un antepasado común
- 3) que las especies se multiplican con el tiempo
- 4) que la evolución se produce por cambio gradual de las poblaciones
- 5) que el mecanismo de evolución es la competencia entre un gran número de individuos por unos recursos limitados, lo que da lugar a diferencias en la supervivencia y reproducción.

De acuerdo con Darwin, existían dos problemas fundamentales relacionados con la evolución: la diversidad y la adaptación, ya que por un lado los seres vivos son y eran extremadamente diversos, y por el otro, algunas estructuras de los organismos parecían ajustarse de manera extraordinaria al ambiente en que vivían. Para ambos casos la explicación es la misma, son resultado de la selección natural. Con respecto a la **adaptación**, “es la consecuencia automática de la supervivencia superior de las formas

que pueden utilizar de una manera más eficaz los recursos limitados y resistir mejor las exigencias y los peligros del medio” (Mayr, 2000).

En la actualidad, la **selección natural** es considerada uno de los mecanismos principales responsables del cambio evolutivo. La mejor forma de visualizar este mecanismo es como un fenómeno constituido por dos partes: la variación y la selección propiamente dicha. En la primera, se ubica la producción de una gran **variación** genética en cada generación, resultado de la recombinación genética, el flujo génico, de factores aleatorios y de las mutaciones. Según Futuyma (1998), entre los miembros de las poblaciones existe variación en una o más características, de igual manera, se presenta similitud hereditaria entre los padres y los hijos. Esto provoca que en el transcurso de las generaciones pueda presentarse cambios en la proporción de los individuos con diferentes características dentro de la población.

En la segunda parte, la selección natural se haya representada en la **supervivencia** y la **reproducción** diferencial de los nuevos individuos (Mayr, 2000). Dado este argumento, únicamente las características propias de los individuos que sobreviven son transmitidas a las siguientes generaciones a través de la reproducción, de esta manera, existe en la población una gran variedad de características, de las cuales, tienen mayor presencia las que confieren mayor ventajas de supervivencia y reproducción.

5.4.2 LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

La educación media superior (EMS) en México es el período de estudio de entre dos y tres años en sistema escolarizado por el que se adquieren competencias académicas medias para poder ingresar a la educación superior. Se le conoce como bachillerato o

preparatoria.

En el plan curricular de la EMS está la enseñanza de la evolución biológica, comprendida en la materia de biología del área de ciencias. Diversas investigaciones han revelado que existen dificultades en torno a la enseñanza de la teoría de la evolución a nivel medio y medio superior (Guillén, 1994, Jiménez, 2009, Tamayo, 2007). Paz (1999), señala que la mayoría de los postulados en los que se estructura la teoría sintética de la evolución no son reconocidos por los alumnos en su connotación biológica y buena parte de esas fallas conceptuales se deben a deficiencias de preparación de la temática por parte del docente. Los alumnos y al parecer los docentes, no son capaces de establecer relaciones entre sus nociones sobre evolución orgánica y las explicaciones ofrecidas por los científicos.

Dado las dificultades que se han detectado en la enseñanza de la evolución, el presente apartado tiene como objetivo determinar cuáles son los factores que limitan una eficiente enseñanza de este tema.

El desarrollo del presente está dividido en tres secciones, el primero corresponde a los problemas metodológicos que se identifican en la enseñanza de la ciencia y sus posibles causas. Posteriormente, se analiza la visión de los profesores sobre la teoría de la evolución y se vinculan con las dificultades en la labor docente y de aprendizaje de los alumnos. En tercera instancia, se identifican las principales ideas previas de los estudiantes sobre la evolución biológica.

Problemas metodológicos en la enseñanza de la ciencia

En la mayoría de los niveles educativos, la enseñanza de la ciencia presenta diversos factores que afectan de manera directa a la enseñanza de la evolución biológica. Por un lado, los programas de las instituciones educativas abarcan extensos contenidos que con dificultad son eficientemente abordados y concluidos. Además, la mayoría de los temas

de biología establecidos en la EMS se caracterizan por tener un amplio nivel de complejidad conceptual que difícilmente pueden ser comprendidos por los estudiantes si no reciben una buena instrucción docente. Aunado a ello, la enseñanza de la ciencia se halla inmersa en un problema de descontextualización que no le permite al alumno integrar sus conocimientos e incorporarlos a elementos previos (Guillén, 1995), la mayoría de las estrategias de enseñanza-aprendizaje son de tipo tradicional, enfocadas en la memorización de conceptos y fórmulas, así como en el aislamiento de temas y asignaturas. Como menciona Tirado (1990), la educación se ha conformado como un proceso de enseñanza enciclopédico y atiborrante, en el que la mayoría de las veces se recurre a la memorización mecánica con base en la simple repetición; esto lo hace además tedioso y aburrido.

Por otro lado, la visión de la ciencia que se enseña en las escuelas disminuye el interés por la ciencia y dificulta el aprendizaje de los estudiantes de biología. En la mayoría de los casos, los docentes enseñan la ciencia como si fuera una actividad aislada del ámbito social, enfocada al descubrimiento de conocimientos; de esta manera, se representa al método científico como el único camino, mecánico e irreversible, para producir conocimiento verdadero y objetivo. Sin embargo, la ciencia es una actividad humana que lejos de estar englobada en una burbuja aislante, es causa y efecto de la sociedad. Como menciona Latour, (*Science In Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*, 1987.) la ciencia puede ser considerada como el producto de una red de relaciones entre diversos actores involucrados en intereses similares. De esta manera, es importante revalorar la enseñanza del método científico y replantear el modelo de la ciencia que se desea transmitir en la educación. Ya que, como menciona Guillén (1994), aún se mantiene en las escuelas la enseñanza tradicional de la ciencia, en la cual, esta actividad es interpretada como un producto acabado o como un método de trabajo.

De esta manera se puede considerar que, en primera instancia, la enseñanza de la

ciencia, como de la biología, se ve afectada por la excesiva extensión de los contenidos que se pretenden cubrir en el bachillerato, así como por la visión tradicional de la ciencia que se enseña, la cual, repercute directamente en el interés de los jóvenes por la ciencia, haciendo ver a ésta como algo tedioso y aburrido.

La influencia de los docentes en la enseñanza de la evolución biológica

Ciertamente uno de los factores vinculados a la dificultad en el aprendizaje y poco esclarecimiento de lo que es la evolución biológica son los docentes, pues son estos quienes están directamente relacionados con la transmisión y búsqueda de conocimientos.

Lamentablemente, los docentes pueden considerarse como los principales responsables de construir en los estudiantes las ideas erróneas sobre los procesos evolutivos. Magaña (2007) reporta que con regularidad los profesores de primaria tienen una conceptualización incompleta sobre evolución biológica, y el discurso que impera en su saber cotidiano es de tipo lamarckiano y determinista, siendo esta concepción la que enseñan a sus alumnos. Cabe mencionar que la visión de los docentes sobre los procesos evolutivos es el conocimiento que han mantenido desde su formación en bachillerato, y que ciertamente concuerda con las ideas que los jóvenes de secundaria y bachillerato tienen (Magaña, 2007).

Ciertamente, la formación de los profesores en la temática de la evolución es fundamental para mejorar el tratamiento del tema en el aula (Soto, 2009). No obstante, la enseñanza de la evolución biológica se ve afectada y frenada por las creencias religiosas de los docentes. Un análisis cualitativo realizado con profesores de ciencia revela que las creencias religiosas son de fuerte arraigo en los participantes y que determinan las posturas que asumen los docentes con respecto a la teoría de la evolución biológica, pues

guían su práctica educativa (Soto, 2009). La mayoría de los profesores duda de la existencia de la evolución porque, para ellos, es una teoría científica que carece de evidencias contundentes y empíricas; por el contrario, aceptan la existencia de Dios porque la biblia narra eventos que ocurrieron en lugares conocidos y existentes. Asimismo, los pocos docentes que aceptan la teoría de la evolución consideran que por tratarse de un proceso tan complejo es necesaria y evidente la participación de Dios. Finalmente, en el estudio realizado por Soto (2009) son escasos los docentes que tienen una conceptualización eficiente sobre la teoría de la evolución, y que se espera la enseñen a sus alumnos.

Con base en lo anterior, resulta sorprendente y alarmante la postura de los docentes con respecto a la evolución biológica, ya que los profesores de nivel primaria transmiten a los alumnos una conceptualización deficiente fundamentado en una visión lamarckiana y determinista de la evolución. Conocimiento que se espera se corrija en el nivel medio y medio superior; sin embargo, resulta utópico e incongruente llegar al bachillerato y percatarse de que la mayoría de los profesores de “ciencia” basen su conocimiento y labor docente en creencias religiosas que constitucionalmente están prohibidas en la educación laica.

Evidentemente, resulta necesario y urgente formar, adecuada y eficientemente, a los docentes con los conocimientos fundamentales de la Teoría de la evolución, ya que son ellos quienes forman y enseñan a los jóvenes los conocimientos y habilidades que constituirán los cimientos de un buen ciudadano.

Las ideas previas de los alumnos sobre evolución biológica

Las ideas previas son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales, conceptos científicos para brindar

explicaciones, descripciones y predicciones (Magaña, 2007). La construcción de las ideas previas está asociada a explicaciones causales y a la construcción de esquemas relacionales.

Según Guillén (1995) las ideas previas de los jóvenes sobre la evolución biológica pueden dividirse en dos tipos básicos. Bajo las ideas naturalistas, los jóvenes vinculan los cambios con alguna necesidad y los asocian a una fuerza interna que impulsa a los animales para ser mejores. De manera similar, con base en las ideas previas de tipo ambientalista, los jóvenes piensan que los cambios en los animales se asocian a cambios con el ambiente.

Lo anterior se ve reflejado en las respuestas que dan los estudiantes sobre cómo cambian los organismos evolutivamente. En primera instancia, los jóvenes de secundaria y bachillerato responden al por qué y no al cómo cambian los organismos. Sus argumentos tienen un componente lamarckiano ya que el uso repetido de algún miembro u órgano determinaría una mutación (Guillén, 1994). Aunado a ello, los jóvenes piensan que los cambios de los organismos son resultado de la influencia directa del medio y confunden al proceso evolutivo con la explicación de una función. De esta manera, para los jóvenes estudiantes los mecanismos necesarios para que se efectúe la evolución son de necesidad (el organismo necesita correr más rápido); de uso y desuso (el no uso de los ojos lo convierte en disfuncionales) y de adaptación (el color blanco de la piel de los osos ha cambiado como resultado directo de las presiones ambientales) (Guillén, 1994).

¿Qué entienden los estudiantes por adaptación evolutiva?

Según Jiménez (2009), los alumnos consideran a la adaptación como un proceso individual, en el que los organismos experimentan de forma consciente cambios físicos en respuesta a nuevas necesidades originadas por cambios ambientales.

Guillén (1995) considera que la visión teleológica y antropocéntrica del concepto de adaptación biológica está relacionada al significado cotidiano que se le da a la palabra y al uso en clase de libros de texto con frases como el mejor adaptado o la supervivencia del más apto, frases que transmiten la idea de mejoría en las poblaciones. Por ello, es necesario enfatizar que esta mejoría es tan variable como las presiones de selección que actúan sobre los organismos.

Tamayo (2004) propone que en los estudiantes de bachillerato existe una confusión entre adaptación fisiológica y adaptación filogenética, debido a influencias culturales y derivadas del uso del lenguaje y las deficiencias en el tratamiento de la adaptación en los libros de texto. Por ello, este autor aconseja que para la enseñanza de la evolución biológica se tenga presente que los términos adaptarse y adaptación tienen un significado diferente al que se les da en sentido fisiológico.

Por un lado, la adaptación evolutiva o filogenética supone que determinados individuos, dentro de la población, poseen ciertas características físicas, comportamentales, o de otro tipo, que les confieren mayores posibilidades de supervivencia y de dejar descendencia que otros cuyas características son menos beneficiosas ante el mismo ambiente. Aquellos con mayor posibilidad de dejar descendencia transmitirán esas características (adaptaciones) a las siguientes generaciones, consiguiendo que en cada generación haya un mayor número de individuos con dichas adaptaciones.

La adaptación evolutiva no debe confundirse con la adaptabilidad fisiológica por la que los individuos, ante algún cambio en las condiciones ambientales, responden con cambios de tipo físico, fisiológico o comportamental, en algunos casos reversibles. Ejemplos de esta propiedad los tenemos en el aumento de pigmentación de la piel al exponerse al sol.

Tamayo (2004) propone que es válido utilizar el término adaptación para hablar de ambos procesos, pero es importante relacionarlos con la evolución biológica. Además, es

importante aclarar que la adaptación fisiológica es diferente a la evolutiva que se da a nivel poblacional ya que si no se especifica sus diferencias, se corre el riesgo de transmitir a los alumnos la idea equivocada de que se trata exactamente de los mismos procesos (Jiménez, 2009).

A manera de conclusión, se estima que existen tres aspectos relacionados con los problemas en la enseñanza de la evolución biológica en el bachillerato. En primera instancia, la manera en cómo los docentes enseñan el conocimiento y la visión de la ciencia repercute en cómo los alumnos reciben esta información y la interpretan. Por ello, es importante que el contenido de los programas de educación a nivel bachillerato no sean tan extensos y consideren el tiempo destinado, en este caso, a la materia de biología. Esto conlleva a la necesidad de replantear la imagen de la ciencia que se desea inculcar en los estudiantes, así como la capacitación docente que asegure su correcta interpretación por parte de profesores y alumnos.

En segundo término, es urgente atender el problema sobre la percepción evolutiva del docente, ya que puede considerársele como el principal factor que afecta la enseñanza de la evolución en las escuelas. Cabe preguntarse ¿de qué manera se puede aspirar a una buena educación en evolución si los docentes carecen de los conocimientos básicos sobre este tema? Resulta pertinente que los docentes de primaria cursen una materia destinada a conocer los fundamentos básicos de la teoría de la evolución, ya que la mayoría de las ideas previas que tienen los alumnos a nivel medio superior son el producto de la educación precedente. Asimismo, es de suma importancia que los profesores de ciencia del nivel medio y medio superior estén en constante capacitación sobre los conocimientos de la evolución biológica y conozcan nuevas estrategias de enseñanza-aprendizaje sobre el tema, ya que uno de los problemas de la enseñanza de la evolución es, más que de complejidad conceptual, de estrategia didáctica.

Finalmente, las ideas previas de los alumnos pueden considerársele un obstáculo

epistemológico que limita la comprensión de la evolución en los estudiantes de bachillerato. Por ello es importante que, tanto en la estructuración de los programas educativos de biología como en el planeamiento de la clase, las diversas ideas de los jóvenes sean consideradas para establecer dentro de los objetivos la modificación de dichas ideas y logras buenos resultados en el aprendizaje de la evolución biológica.

Cabe resaltar que los problemas planteados en el presente trabajo en torno a los problemas en la enseñanza de la evolución biológica no se hallan aislados el uno del otro, por lo tanto, es necesaria la solución coordinada de los tres para cumplir los objetivos planteados en la educación sobre la efectividad docente y el aprendizaje de los alumnos sobre la evolución biológica.

6. METODOLOGÍA

El presente trabajo consistió en proponer y aplicar una estrategia de enseñanza-aprendizaje correspondiente al tema de adaptación evolutiva, la cual, estuvo dirigida a estudiantes de educación media superior. La propuesta se diseñó siguiendo el plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM.

A continuación, se describirá el proceso que se llevó a cabo para la realización de este trabajo. Para ello, este apartado está dividido en tres momentos: análisis didáctico, aplicación de la estrategia y análisis de resultados.

6.1 ANÁLISIS DIDÁCTICO

El diseño de la estrategia inició con el análisis didáctico, el cual, se realizó con base en la propuesta de Campos (1986). Para ello, se identificaron tres momentos: Análisis curricular y elaboración de la estructura conceptual (correspondiente al subsistema 1), análisis epistemológico y psicopedagógico (correspondiente al subsistema 3) y elaboración de estrategia de enseñanza-aprendizaje (correspondiente al subsistema 2).

Análisis curricular y elaboración de la estructura conceptual: Se revisó el programa de Biología IV del CCH con el propósito de ubicar el tema de adaptación e identificar los objetivos de aprendizaje que se establecen para dicho tema. Posteriormente, se realizó la estructura conceptual, en la cual, se determinaron los conceptos relacionados con el concepto de adaptación. Dicha relación se representó gráficamente a través de un mapa conceptual.

Análisis epistemológico y psicopedagógico: Se realizó un estudio de tipo epistemológico y psicopedagógico con el objetivo de establecer, por un lado, la visión de la ciencia y del conocimiento que se pretende proporcionar a los estudiantes a través de

la instrucción docente y, por el otro, para determinar un modelo de aprendizaje que guiara la propuesta de enseñanza-aprendizaje.

Con base en lo anterior, se estableció como postura epistemológica, para la enseñanza de la ciencia, a una visión analógica del desarrollo científico y del conocimiento. Tal postura se fundamenta en la propuesta de Mauricio Beuchot (2009), quién propone que a través de la hermenéutica analógica se puede establecer una mediación entre dos interpretaciones polares del conocimiento, lo unívoco y lo equívoco. En este caso, se refiere a la visión de la práctica científica, la cual puede comprenderse desde el enfoque de dos perspectivas, la positivista (unívoca) o la social (equivoca). Como resultado de la mediación entre estas dos posturas, surge una visión analógica del desarrollo científico y del conocimiento, en la cual, se resalta la importancia de la historia de la ciencia y la contrastación de modelos científicos para obtener una mayor comprensión del quehacer científico por parte de los alumnos. Además, dicha propuesta, proporciona herramientas de gran valor heurístico para el diseño de estrategias de enseñanza-aprendizaje que ayuden a cumplir los objetivos curriculares y de aprendizaje establecidos por las instituciones educativas, así como por el docente.

Por otro lado, se consideró el modelo de aprendizaje por cambio conceptual como la base psicopedagógica para el desarrollo de la presente propuesta. Recordemos que, este modelo plantea que, a partir de la instrucción, los estudiantes pueden modificar sus conocimientos previos y aproximarlos a una concepción científica. Para ello, se consideraron las posturas de Carey (2000) y Pozo (2008), quienes consideran al aprendizaje de los conceptos científicos como un proceso gradual en el sistema cognoscitivo del alumno. Carey, por su parte, argumenta que dicho proceso se alcanza a partir de la recategorización o reestructuración ontológica del concepto; mientras que Pozo, propone que el aprendizaje de los conceptos se obtiene a partir de las relaciones establecidas entre los elementos que constituyen al concepto de interés y los

conocimientos previos de los aprendices.

Elaboración de estrategia de enseñanza-aprendizaje: Con base en la propuesta del cambio conceptual, se diseñó una secuencia de actividades enfocadas en ampliar las concepciones previas de los alumnos sobre el concepto de adaptación evolutiva. De esta manera, la estructura de la propuesta se dividió en cinco momentos: identificación de ideas previas, choque cognitivo entre ideas previas y el nuevo conocimiento, disposición de la nueva información, plausibilidad del nuevo conocimiento y evaluación del cambio conceptual.

6.2 APLICACIÓN DE ESTRATEGIA

La presente estrategia de enseñanza-aprendizaje se aplicó en septiembre del 2012 al grupo 614 de Biología IV en el CCH plantel sur, de la UNAM. El grupo estuvo integrado por 22 estudiantes de sexto semestre. Las sesiones fueron impartidas en el transcurso de tres días, en el horario de 7:00 a.m. a 9:00 a.m., dos días martes y un jueves.

Las clases fueron videograbadas y, al final de cada clase, se procedió a archivar los trabajos de los alumnos para su posterior análisis.

6.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se realizó un análisis cualitativo de las respuestas que los alumnos dieron sobre el concepto de adaptación evolutiva. El análisis se dividió en dos momentos: identificación de ideas previas y evaluación del cambio conceptual. Para ello, se dio lectura a las respuestas de los alumnos referente al apartado “qué entiendo por adaptación evolutiva”, que se aplicó al inicio y al final de la estrategia.

Identificación de ideas previas

Después de dar lectura a las respuestas de los alumnos, se identificaron los conceptos utilizados para explicar qué entienden por adaptación, y se contabilizaron.

Los conceptos que se consideraron en la identificación fueron los mismos que se contemplaron para la construcción de la estructura conceptual, y que a continuación se enlistan:

1. proceso evolutivo
2. población
3. variación
4. sobrevivencia
5. reproducción
6. recursos limitados
7. selección natural

Posteriormente, las respuestas fueron clasificadas según dos categorías ontológicas diferentes, correspondientes al concepto de adaptación. Para ello, se retomó la propuesta de Tamayo, quién identifica dos maneras de interpretar la adaptación biológica: la fisiológica y la evolutiva. En la siguiente tabla se muestran las dos categorías consideradas y sus implicaciones.

Categoría conceptual	Características
Adaptación fisiológica	Proceso individual Cambios dados de manera consciente Necesidad de cambio Originado por cambios ambientales únicamente
Adaptación evolutiva	Proceso poblacional Cambios al azar La selección natural como principal mecanismo de cambio Involucra factores internos y externos de los organismos La variación poblacional como materia prima

Evaluación del cambio conceptual

En la evaluación del cambio representacional se siguió el mismo procedimiento que se llevó a cabo para la identificación de ideas previas (identificación de conceptos y asignación de categoría ontológica). Posteriormente, se comparó el análisis cualitativo de los dos momentos (identificación de ideas previas y evaluación del cambio representacional). Aunado a ello, se dio lectura a las reflexiones realizadas por los alumnos sobre su aprendizaje del concepto de adaptación. Y finalmente, en el apartado de resultados, se comparten algunas respuestas que los alumnos escribieron en el apartado de la reflexión.

7. PROPUESTA DIDÁCTICA

La siguiente estrategia de enseñanza-aprendizaje está diseñada para el programa de Biología IV del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM. Tiene una duración total de 6 horas, divididas en 3 sesiones de 2 horas cada una.

7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DEL CCH

Asignatura: Biología IV

Unidad 1: ¿CÓMO SE EXPLICA EL ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD A TRAVÉS DEL PROCESO EVOLUTIVO?

Tema I: Fuerzas evolutivas y sus consecuencias

Subtema: Adaptación

No. sesiones: 3

Duración: 2 horas por sesión

Propósito de la unidad 1: Al finalizar la Unidad, el alumno comprenderá que las especies son el resultado de la evolución, a través del estudio de los mecanismos y patrones evolutivos, para que explique el origen de la biodiversidad.

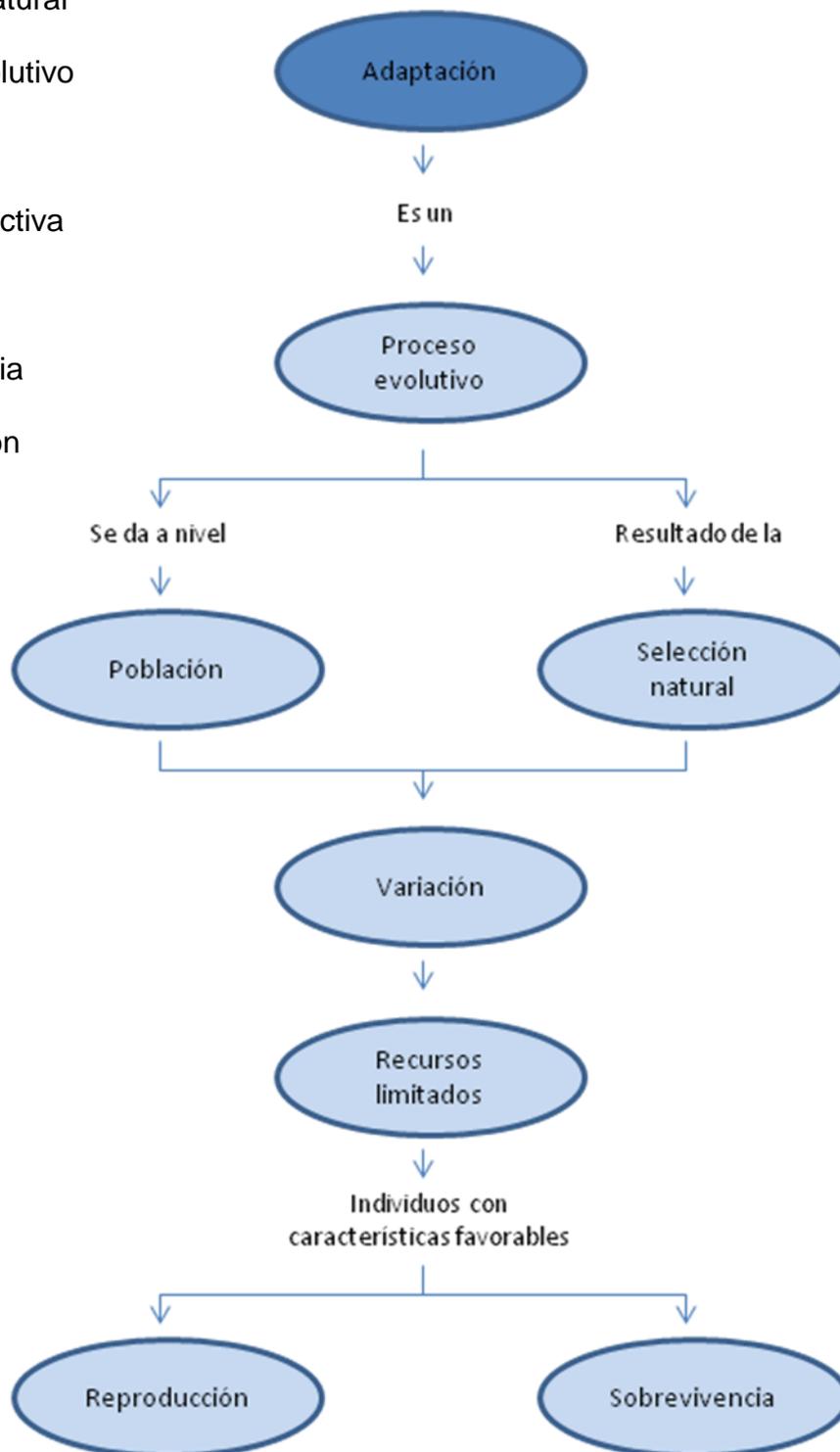
Aprendizajes esperados:

1. Reconoce que la selección natural es la fuerza principal que determina el proceso de la evolución.
2. Explica la adaptación como proceso que influye en la diversidad biológica.

7.2 ESTRUCTURA CONCEPTUAL

Contenido general:

- Adaptación
- Selección natural
- Proceso evolutivo
- Población
- Presión selectiva
- Variación
- Sobrevivencia
- Reproducción



7.3 ESTRUCTURA DE LA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

	No. ACTIVIDAD	NOMBRE DE ACTIVIDAD	DURACIÓN	DÍA
IDENTIFICACIÓN DE IDEAS PREVIAS	1	Presentación de objetivos y organizador previo	15 min.	1 Duración: 120 min.
	2	Identificación de ideas previas	25 min.	
CHOQUE COGNITIVO ENTRE IDEAS PREVIAS Y NUEVO CONOCIMIENTO	3	Clase I de adaptación: contrastación de modelos	50 min.	
	4	Diferencias y relaciones	20 min.	
DISPOSICIÓN DE NUEVA INFORMACIÓN	5	Recordando lo aprendido	15 min.	2 Duración: 120 min.
	6	Cómic: Los problemas existenciales de Darwin y sus primeras interpretaciones.	35 min.	
	7	Clase II de adaptación	50 min.	
	8	Identificación de conceptos	20 min.	
PLAUSIBILIDAD DEL NUEVO CONOCIMIENTO	9	Recordando lo aprendido	15 min.	3 Duración: 105 min.
	10	Y quiénes sobreviven	40 min.	
EVALUACIÓN DEL CAMBIO CONCEPTUAL	11	¿Qué entiendo por adaptación?	30 min.	
	12	Reflexionando sobre lo aprendido	20 min.	

7.4 DESARROLLO DE LA ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

DIA 1

CONTENIDOS	APRENDIZAJES	ACTIVIDAD	RECURSOS
Adaptación fisiológica	<p><u>Conceptuales</u></p> <p>Conoce los diferentes significados que puede tener el concepto de adaptación</p> <p>Identifica las diferencias entre los conceptos de adaptación fisiológica y adaptación evolutiva</p> <p>Relaciona al concepto de adaptación con otros conceptos</p>	<p><u>INICIO</u></p> <p>ACTIVIDAD 1</p> <p>Presentación de alumnos y del plan de trabajo. La profesora se presentará con los alumnos y les pedirá que escriban su nombre en un gafete. Posteriormente, dará a conocer los objetivos y la estructura de la clase con ayuda de un organizador de la información (15 min).</p> <p>Justificación: Con esta actividad se pretende que los alumnos establezcan una relación con la profesora y conozcan los objetivos de la clase, así como, la estructura de la clase.</p> <p>ACTIVIDAD 2</p> <p>Identificación de ideas previas. La profesora pedirá a los alumnos que elaboren un dibujo donde expresen lo que entienden por adaptación. Después, cinco alumnos compartirán su dibujo y todos colocarán su trabajo en los lados derecho e izquierdo del pizarrón (25 min).</p> <p>Justificación: Con esta actividad se busca conocer las ideas previas de los alumnos sobre el concepto de adaptación.</p>	<p>Organizador previo (Anexo 1)</p> <p>¿Qué entiendo por adaptación evolutiva? (Anexo 2)</p>
Adaptación evolutiva	<p><u>Procedimentales</u></p> <p>Identifica la información que se le solicita y la plasma en tablas de datos.</p>		

	<p><u>Actitudinales</u></p> <p>Expresa de manera gráfica y escrita lo que entiende por adaptación</p>	<p><u>DESARROLLO</u></p> <p>ACTIVIDAD 3</p> <p>Clase adaptación (parte I). La profesora expondrá la clase correspondiente, a la vez, los alumnos participarán dando sus opiniones. La clase partirá de la pregunta ¿Qué entiendo por adaptación?</p> <p>La clase se dividirá en dos periodos, durante el primero, se mencionarán diferentes significados que tiene el concepto de adaptación en diferentes contextos. Se mostrarán algunas imágenes a través de un proyector.</p> <p>En el segundo periodo, se contrastarán dos modelos sobre adaptación pertenecientes al ámbito biológico (adaptación fisiológica y adaptación evolutiva), se identificarán sus diferencias y se relacionarán estos conceptos con otros (50 min).</p> <p>Justificación: El objetivo de esta actividad está enfocado a que los alumnos sepan que el concepto de adaptación tiene diversos significados que difieren del concepto evolutivo. Además, los alumnos conocerán que en el ámbito biológico, el concepto de adaptación evolutiva puede confundirse con el fisiológico.</p> <p><u>CIERRE</u></p> <p>ACTIVIDAD 4</p> <p>Diferencias y relaciones: Al iniciar la clase de adaptación, se les entregará a los alumnos un</p>	<p>Diapositivas que muestran diversas imágenes sobre diferentes significados del concepto de adaptación (Anexo 3)</p> <p>Contrastación de modelos (Anexo 4)</p>
--	---	---	---

		<p>formato que llenarán al final de la misma. En éste, los alumnos escribirán las diferencias entre los modelos de adaptación fisiológica y adaptación evolutiva. Posteriormente, escribirán los conceptos que consideren están relacionados con el concepto de adaptación evolutiva. Finalmente, los alumnos compartirán sus respuestas (20 min).</p> <p>Justificación: En esta actividad se pretende que los alumnos identifiquen las diferencias presentes entre los conceptos de adaptación fisiológica y evolutiva, así como establecer relaciones de conceptos con el concepto de adaptación evolutiva.</p>	<p>Diferencias y relaciones entre modelos (Anexo 5)</p>
--	--	--	---

DÍA 2

CONTENIDOS	APRENDIZAJES	ACTIVIDAD	RECURSOS
Adaptación	<u>Conceptuales</u> Establece relación entre conceptos	<u>INICIO</u> ACTIVIDAD 5 Recordando lo aprendido: Se les entregará a los alumnos una hoja en la cual escribirán lo que recuerden de la clase anterior. Posteriormente, los alumnos compartirán sus respuestas y la profesora escribirá las ideas importantes en el pizarrón (15 min).	Recordando lo aprendido (Anexo 6)
Evolución		<u>Procedimentales</u> Identifica las ideas principales de un texto	
Población	<u>Actitudinales</u> Trabaja en equipo		<u>DESARROLLO</u> ACTIVIDAD 6 Cómic: Los problemas existenciales de Darwin y sus primeras interpretaciones. Se formarán equipos de cuatro personas, a cada integrante se le entregará una copia del cómic. Se realizará una lectura por equipo, al mismo tiempo los alumnos subrayarán las ideas importantes que consideren del cómic, mismas que escribirán en una tabla. Asimismo, relacionarán un concepto con esa idea. Finalmente, los alumnos narrarán lo que entendieron del cómic utilizando los conceptos que identificaron (40 min).
Presión selectiva		Expresa sus ideas con sus compañeros	
Variación			
Sobrevivencia			
Reproducción			
Recursos limitados			
Selección natural			

		<p>con el de adaptación evolutiva, así como ser capaces de identificar ideas importantes de un texto.</p> <p>ACTIVIDAD 7</p> <p>Clase adaptación (parte II). La profesora impartirá la clase de adaptación integrando nuevos conceptos a los mencionados en la clase pasada (30 min). Se utilizará como ejemplo el fenómeno de mimetismo en la <i>Bistón betularia</i>. Utilizando figuras negras y blancas los alumnos participarán para representar el cambio en la población de las palomillas.</p> <p>Los conceptos que se integrarán serán:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. recursos limitados 6. selección natural 7. sobrevivencia 8. reproducción <p>Justificación: En esta actividad se retomará el fenómeno de mimetismo en las <i>Bistón betularia</i> como un ejemplo del proceso de adaptación evolutiva. Se pretende que los alumnos integren los conceptos de recursos limitados, selección natural, sobrevivencia y reproducción, al concepto de adaptación.</p> <p><u>CIERRE</u></p> <p>ACTIVIDAD 8</p> <p>Se les entregará a los alumnos un formato con los conceptos vistos durante la clase, en el cual, escribirán lo que entendieron por cada uno de ellos (20 min.).</p>	<p>Cuadro de conceptos (Anexo 9).</p>
--	--	--	---------------------------------------

		Justificación: En esta actividad los alumnos podrán reconocer los conceptos más importantes de la clase. Por otra parte, la profesora podrá saber qué entienden los alumnos por esos conceptos.	
--	--	--	--

DÍA 3

CONTENIDOS	APRENDIZAJES	ACTIVIDAD	RECURSOS
Adaptación	<u>Conceptuales</u>	<u>INICIO</u> ACTIVIDAD 9	
Evolución	Aplica lo aprendido a un problema determinado	Recordando lo aprendido: Se les entregará a los alumnos una hoja en la cual escribirán lo que recuerden de la clase anterior. Posteriormente, los alumnos compartirán sus respuestas y la profesora escribirá las ideas importantes en el pizarrón (15 min).	Recordando lo aprendido (Anexo 6).
Población	Identifica conceptos importantes dentro de un conjunto de información	Justificación: En esta actividad se pretende que los alumnos se introduzcan al tema a través del recuerdo de la clase pasada.	
Presión selectiva			
Variación			
Sobrevivencia			
Reproducción	<u>Procedimentales</u>	<u>DESARROLLO</u>	
Recursos limitados	Identifica la información que se le solicita y la plasma en tablas de datos.	ACTIVIDAD 10	
Selección natural	<u>Actitudinales</u>	Y quiénes sobreviven. Se formarán equipos de tres personas (el número de equipos dependerá del total de alumnos), a cada grupo se les entregará un problema dado sobre la situación actual de una población de organismos, se les pedirá que predigan su situación en un tiempo	Ejercicio de aplicación y tabla de datos

	<p>Expresa sus ideas con sus compañeros</p> <p>Expresa de manera gráfica y escrita lo que entiende por adaptación</p>	<p>determinado. En una tabla los alumnos registrarán los datos siguientes:</p> <p>Nombre de la población</p> <p>Variantes en la población</p> <p>Presión selectiva</p> <p>variante favorable</p> <p>variante desfavorable</p> <p>¿quiénes tendrán mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse?</p> <p>¿qué variante predominará en la población?</p> <p>¿qué puedes deducir del proceso de adaptación?</p> <p>Tiempo 40 min.</p> <p>Justificación: El objetivo principal de esta actividad es que los alumnos puedan aplicar los conocimientos aprendidos, en las clases anteriores, a un problema dado.</p> <p>ACTIVIDAD 11</p> <p>¿Qué entiendo por adaptación?: Con ayuda de la tabla anterior, los alumnos elaborarán un dibujo en el cual representen lo que entienden por adaptación. Realizarán una breve descripción del dibujo. Los estudiantes compartirán su dibujo. (30 min).</p> <p>Justificación: En esta actividad se pretende que los alumnos externalicen lo que entienden por adaptación evolutiva a través del dibujo y su descripción. Esta actividad es una herramienta para identificar si existieron cambios en las representaciones de los alumnos.</p>	<p>(Anexo 10).</p> <p>¿Qué entiendo por adaptación evolutiva? (Anexo 2)</p>
--	---	---	---

		<p><u>CIERRE</u></p> <p>ACTIVIDAD 15</p> <p><i>Reflexionando sobre lo aprendido.</i> Se les entregará a los alumnos el dibujo que realizaron en la actividad de Identificación de ideas previas, se le pedirá que observen su trabajo y lo comparen con la actividad anterior. Finalmente contestarán una encuesta, en la cual reflexionarán sobre su aprendizaje (20 min).</p> <p>Justificación: El objetivo principal de esta actividad está enfocado en que los alumnos puedan observar las diferencias en las representaciones que tienden por adaptación evolutiva antes y después de la presente estrategia. Y al mismo tiempo sean conscientes, si existiera algún cambio en sus concepciones sobre adaptación.</p>	<p>Reflexionando sobre lo aprendido (Anexo 11).</p>
--	--	---	---

8. RESULTADOS

Identificación de ideas previas

Después de leer las repuestas que los alumnos dieron sobre qué entienden por adaptación evolutiva se contabilizaron los conceptos utilizado en cada respuesta. Se identificó que la mayoría de los estudiantes utilizaron en promedio dos conceptos, de los siete considerados fundamentales para entender y explicar el concepto de adaptación evolutiva, y, por ende, que tienen mayor relación con dicho concepto (Ver gráfica.1 y gráfica.2).

Los conceptos que mayor número de veces se mencionaron fueron sobrevivencia con 14 menciones, seguido de reproducción con 5 menciones. Y los menos mencionados fueron los conceptos de recursos limitados (0 menciones), seguido por el de variación (2 menciones) (ver gráfica.3).

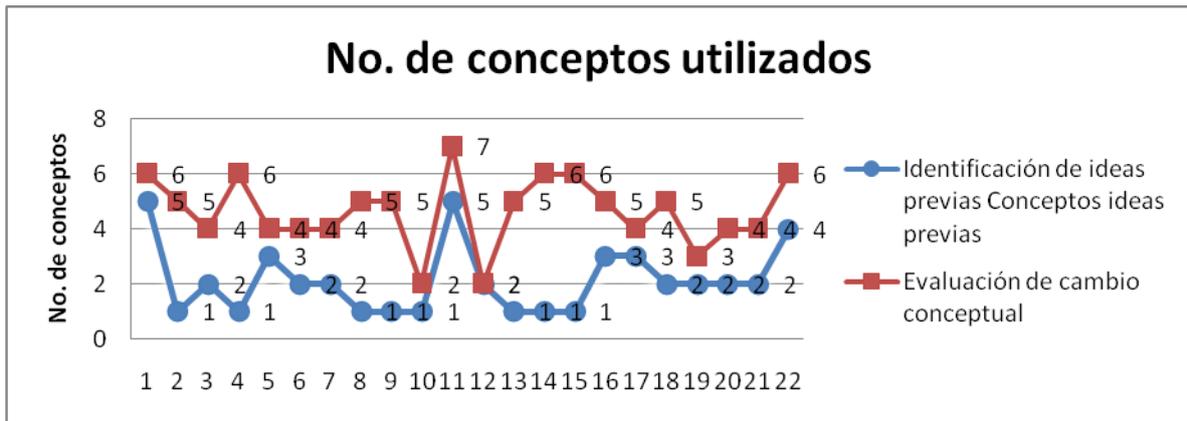
Por otro lado, se identificó que la mayoría de los estudiantes presentaron una concepción fisiológica de la adaptación, específicamente 13 alumnos de 22, es decir, el 59.1%. Mientras que el 40.9%, correspondiente a 9 alumnos, tuvieron una concepción evolutiva de la adaptación al inicio de la estrategia (ver gráfica.5 y gráfica.6).

Evaluación del cambio conceptual

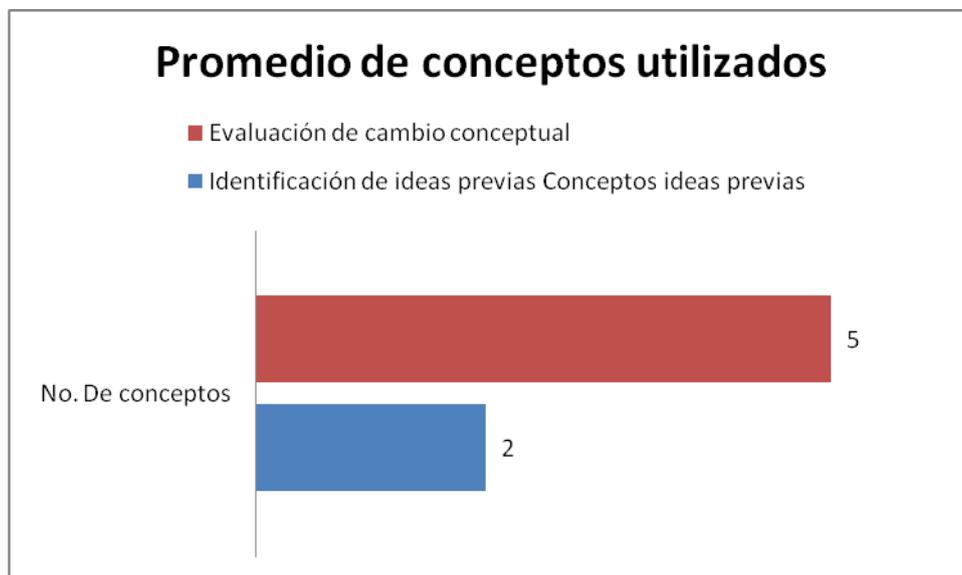
En la evaluación del cambio conceptual se identificó que en promedio los alumnos utilizaron 5 conceptos de los 7 seleccionados como significativos para la conceptualización del concepto de adaptación evolutiva (ver gráfica.2). El concepto más utilizado fue el concepto de sobrevivencia, con 19 menciones, seguido por el de reproducción, con 16 menciones. Mientras que el concepto con menor número de menciones fue el de recursos limitados, con 6 menciones, seguido por el de selección natural con 8 menciones (ver gráfica.3 y gráfica.4).

Asimismo, se identificó que la mayoría de los alumnos presentaron una concepción evolutiva de la adaptación, es decir, 16 alumnos que corresponde al 72.8%. Mientras que 6 alumnos mantuvieron una representación fisiológica de la adaptación, correspondiente al 27.2% (ver gráfica.5 y gráfica.6).

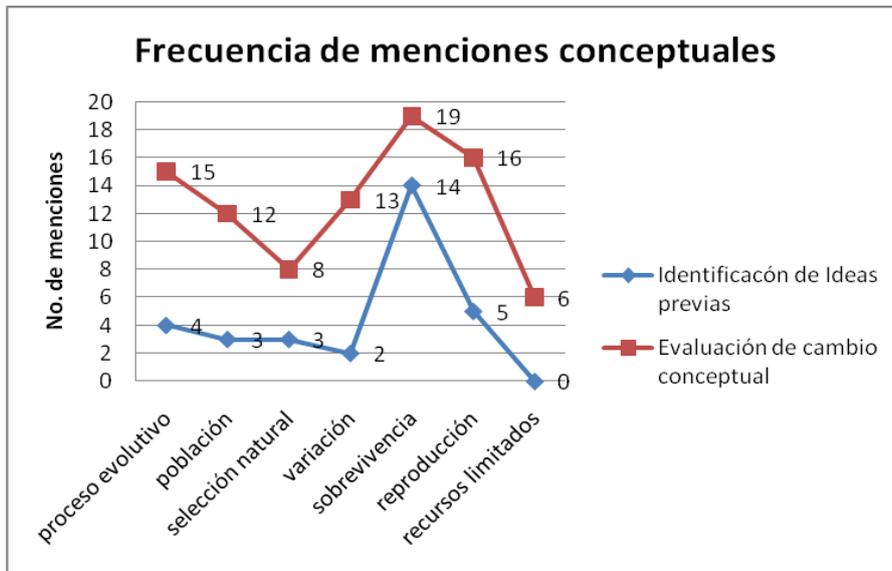
Gráficas



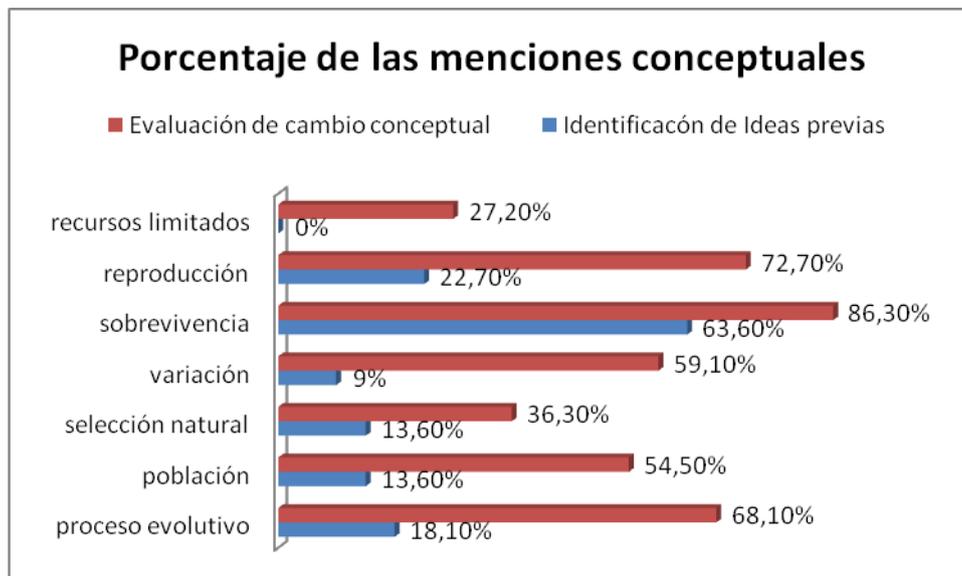
Gráfica.1 Se muestra el número de conceptos que los alumnos utilizaron para explicar qué entienden por adaptación evolutiva. Los puntos marcados con color azul representa la fase de identificación de ideas previas, mientras que los puntos de color rojo se refieren a la fase de evaluación del cambio conceptual. Como se puede observar, el número de conceptos utilizados aumenta en la fase de evaluación.



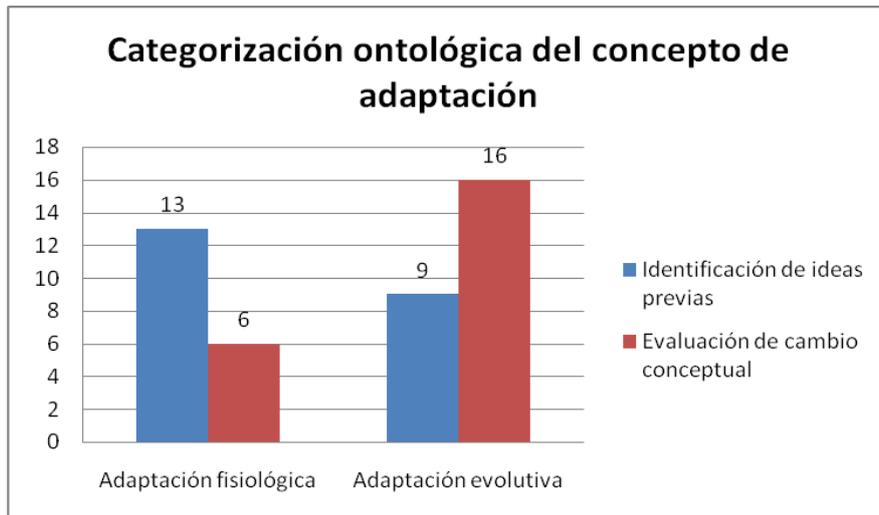
Gráfica.2 Se muestra el número promedio de conceptos que los alumnos utilizaron para explicar qué entienden por adaptación evolutiva. Como se puede observar, los estudiantes utilizaron mayor número de conceptos en la fase de evaluación del cambio conceptual que en la identificación de ideas previas.



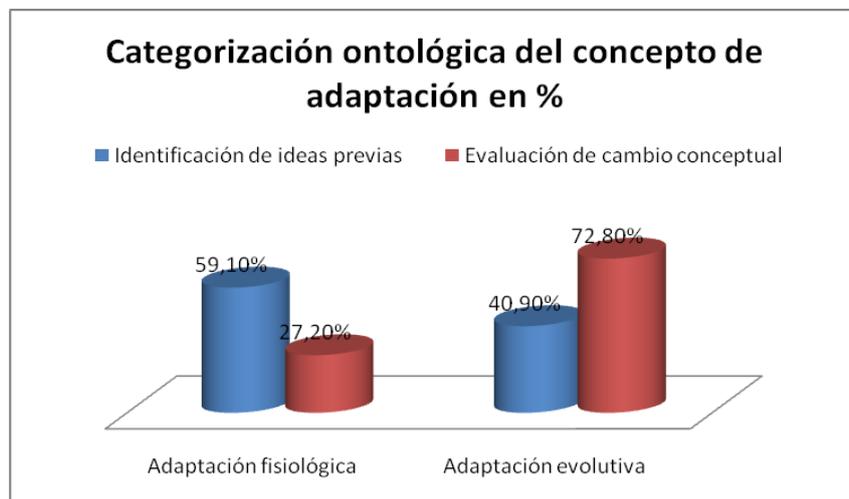
Gráfica.3 Se muestra los conceptos que con mayor frecuencia fueron mencionados por los alumnos para explicar qué entienden por adaptación evolutiva, tanto en la fase de identificación de ideas previas (líneas azules) como en la evaluación del cambio conceptual (líneas rojas). Para ello, se establecieron siete conceptos que son fundamentales para entender y explicar qué es adaptación evolutiva, y, por ende, que tienen una mayor relación con dicho concepto. Como se puede observar, los conceptos que incrementaron su frecuencia de mención fueron los de proceso evolutivo, variación y reproducción.



Gráfica.4 Se muestra en porcentaje los conceptos que los alumnos mencionaron con mayor frecuencia para explicar qué entienden por adaptación evolutiva. Las barras de color azul representan la fase de identificación de ideas previas, y las barras de color rojo representan la fase de evaluación del cambio conceptual.



Gráfica.5 Se muestra el número de alumnos, en cada fase (identificación de ideas previas y evaluación del cambio conceptual), que tienen una concepción ya sea fisiológica o evolutiva del concepto de adaptación. Para ello, se establecieron dos categorías ontológicas: Adaptación fisiológica y adaptación evolutiva. Como se puede observar en la gráfica, durante la fase de identificación de ideas previas hay mayor número de alumnos que presentan una concepción fisiológica de la adaptación, en comparación a la fase de evaluación del cambio conceptual. Sin embargo, se observa un aumento en el número de alumnos con una percepción evolutiva, del concepto de adaptación, durante la fase de evaluación del cambio conceptual.



Gráfica.6 Se muestra el porcentaje de alumnos que tienen una concepción fisiológica o evolutiva de la adaptación, tanto en la fase de identificación de ideas previas como en la de evaluación del cambio conceptual. Como se observa en la gráfica, se presenta un aumento significativo del porcentaje de alumnos que tiene una concepción evolutiva durante la fase de evaluación del cambio conceptual, en comparación a la fase de identificación de ideas previas.

9. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo tuvo como objetivo principal promover el aprendizaje significativo del concepto de adaptación biológica en alumnos de educación media superior, para ello se diseñó una estrategia de enseñanza-aprendizaje utilizando como base psicopedagógica al modelo de cambio conceptual. Recordemos que, en dicho modelo se propone que a partir de la instrucción, el profesor puede ampliar las representaciones que el alumno tiene sobre los conceptos científicos, en este caso, el concepto de adaptación biológica.

De este modelo, se consideraron las propuestas de Carey (2000) y Pozo (2008), la primera autora argumenta que el cambio conceptual se lleva a cabo a partir de la reestructuración representacional. Por otro lado, Pozo indica que el aprendizaje de los conceptos se da a partir de la relación que el alumno pueda establecer entre el concepto clave, otros conceptos y con sus ideas preexistentes. Ambos autores indican que el proceso de cambio es gradual y que las ideas preexistentes son muy difíciles de erradicar debido a su alta funcionalidad para explicar el mundo. Dado esto, en la mayoría de los casos el aprender un concepto no implica remplazar unas ideas por otras, porque las ideas previas pueden permanecer, sin embargo, el proceso de aprendizaje por cambio conceptual puede entenderse como una reestructuración o ampliación de las representaciones.

En este apartado final, se discutirán los resultados obtenidos y se contrastarán con la propuesta del cambio conceptual, con el objetivo de conocer si la hipótesis de investigación se cumplió. Recordemos que en la hipótesis se planteó que el diseño de una estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el modelo de cambio conceptual podría ampliar las representaciones de los alumnos sobre la evolución biológica por selección natural, específicamente sobre el concepto de adaptación evolutiva. Para ello, se discutirán tres aspectos: número de conceptos utilizados, frecuencia de menciones y

cambio de categoría ontológica.

En primera instancia, se observó que las respuestas de los alumnos no fueron las mismas al inicio y al final de la instrucción docente. En cuanto al número de conceptos utilizados para responder a la pregunta qué entiendo por adaptación evolutiva, se contabilizaron más conceptos en la fase de la evaluación que en la fase de identificación de ideas previas. Este fenómeno puede observarse en la gráfica.1, ya que en la primera fase se obtuvo una media de dos conceptos utilizados a diferencia de la fase de evaluación con una media de cinco conceptos utilizados. Esto nos indica que los alumnos pudieron utilizar e integrar, al final de la estrategia, más conceptos de los que ya utilizaban anteriormente para representar de manera escrita qué entienden por adaptación evolutiva.

Esta primera conclusión puede sostenerse con los datos integrados en la gráfica.4, los cuales, muestran cómo el número de menciones para cada concepto incrementa en la fase de evaluación. Por ejemplo, en el caso del concepto de recursos limitados, el cual, no fue mencionado en la fase de identificación de ideas previas, durante la fase de evaluación seis alumnos lo mencionan para explicar qué entienden por adaptación evolutiva. También, se observa que la mayoría de los alumnos mencionan los conceptos de proceso evolutivo, población y variación para redactar sus respuestas. Inclusive, los conceptos con mayor mención (sobrevivencia y reproducción) en ambas fases, incrementan en número de menciones. Con base en estos datos, se puede deducir que los alumnos lograron hacer uso de un mayor número de conceptos para representar de manera escrita qué es adaptación evolutiva.

De igual manera, en la gráfica.4 se puede observar el porcentaje de menciones para cada concepto, es decir, el número de alumnos que utilizaron cada uno de los siete conceptos considerados como relevantes para entender y explicar qué es adaptación evolutiva. Las barras indican que los conceptos con mayor incremento en su frecuencia de mención fueron reproducción, variación, población y proceso evolutivo, seguido por el

de recursos limitados, sobrevivencia y selección natural. Esto nos indica que los alumnos, por un lado, pudieron establecer más fácilmente una relación entre los primeros conceptos y el concepto de adaptación evolutiva; y por el otro lado, que pudieron integrar con mayor facilidad estos conceptos a sus ideas previas.

Con base en el aumento de las frecuencias de mención para cada concepto, se puede decir, que el grupo de alumnos fue capaz de utilizar los conceptos vistos en clase para articular sus respuestas sobre el concepto de adaptación evolutiva.

De igual manera, en la asignación de categoría ontológica, las respuestas de los alumnos fueron muy diferentes entre las fases de identificación de ideas previas y de evaluación. Recordemos que para asignar un tipo de categoría u otra, se consideró el planteamiento de Tamayo, el cual, menciona que en el ámbito biológico, pueden identificarse dos maneras de interpretar la adaptación: fisiológica y evolutiva.

Con base en esta propuesta, se dio lectura a las respuestas de los alumnos sobre qué entienden por adaptación evolutiva y se identificaron las características que plantea Tamayo (ver tabla de pag. 34) para identificar una interpretación u otra del concepto de adaptación.

Para ejemplificar la modificación del marco mental en los alumnos, se escogieron cuatro trabajos representativos, de los cuales, dos de ellos habían sido asignados a la categoría fisiológica de la adaptación, y los dos restantes, se habían agrupado dentro de la categoría evolutiva, durante la fase de identificación de ideas previas.

A continuación, se presentan las respuestas de estos alumnos de los dos primeros casos:

Pregunta: ¿Qué entiendes por adaptación evolutiva?

Respuesta 1. *“Es un tipo de mecanismo usado por todos y cada uno de los seres vivos, en el cual estos buscan sobrevivir más fácilmente al ambiente que los rodea y de esta manera desarrollan mecanismos ya sea de comportamiento*

o fisiológicos.”

Respuesta 2. *“La adaptación es aplicar ciertas características para sobrevivir en un cierto ambiente”.*

Con respecto a la respuesta 1, la alumna realiza un dibujo donde representa la resistencia de las bacterias a los antibióticos, argumentando lo siguiente:

“Un ejemplo sería el de las bacterias, quienes para sobrevivir a los efectos medicinales se van fortaleciendo constantemente. Cada vez que se trata de atacar a la bacteria con un método medicinal esta se vuelve más resistente”.

Con respecto a la respuesta 2, el alumno elabora un dibujo que representa a un oso polar frente al ambiente, y argumenta:

“El oso polar desarrolló pelaje por las bajas temperaturas que fueron aumentando”

En ambos casos, los alumnos mantienen una idea individual del cambio, aunado a que dicho cambio responde a una necesidad de sobrevivencia. Además, consideran al ambiente como el único factor de cambio, sin mencionar otros elementos, como la variación o la selección natural.

Sin embargo, al finalizar la estrategia de enseñanza- aprendizaje, los mismos alumnos elaboran las siguientes respuestas:

Pregunta: ¿Qué entiendes por adaptación evolutiva?

Respuesta 1. *“En un ambiente existen distintas especies, estas a su vez tienen distintos especímenes a esto se le llama variabilidad y es la unidad fundamental para la adaptación. La variabilidad se da en un grupo determinado de especies, el cual, resultado de factores genéticos como la mutación, dan como resultado una variabilidad de las especies, es decir, distintos tipos de individuos entre una especie o grupo. El entorno entonces determinará si*

algunos de las especies podrán sobrevivir, estos factores ambientales se consideran factores externos, mientras que lo que también ayudará a que ciertas especies sobrevivan será las características de un individuo, es decir, los factores internos. Mientras exista una variación entre las especies mayor oportunidad tendrá de sobrevivir. Las especies que sobrevivieron por equis características ya sean internas o externas, se reproducirán y harán que su especie predomine, esto es adaptación.”

Respuesta 2. *“La adaptación es un proceso que se lleva a cabo en un largo tiempo, sino sería un proceso de aclimatación. Como decía Darwin, la parte fundamental es la variación, ya que, así un elemento o una característica le da ventaja de sobrevivencia y ya después de una reproducción exitosa a su misma especie. Cuando sólo hay una característica, los depredadores se alimentan de esta especie y con el paso del tiempo se extinguirá. También se decía que la variación debía ser a nivel poblacional no individual. ”*

Como se puede observar, las respuestas de los alumnos se han modificado rotundamente. En primer lugar, utilizan más elementos o conceptos relacionados con el concepto de adaptación evolutiva, como son variación, población, sobrevivencia, reproducción y selección. Aun cuando tienen dificultad para articular los elementos, los alumnos lograron relacionar los nuevos conceptos con sus ideas previas, y en algunos casos, reestructuraron su marco mental. Por ejemplo, en ambos casos, la adaptación deja de ser un proceso individual y, ambos alumnos, pueden representarla como un fenómeno de grupo, ya sea poblacional o de especie. También, en ambos casos, la variación poblacional es fundamental, pues sobre ella actúa la selección. Dado este análisis de las respuestas de los alumnos, se puede decir que el marco mental de los alumnos sufrió una modificación, produciendo representaciones diferentes a las previas sobre el concepto de

adaptación evolutiva. Con base en esto, las respuestas de ambos alumnos, en la fase de evaluación, se reclasificaron dentro de la categoría evolutiva de la adaptación. Estos resultados se ajustan a la propuesta de Carey, en la cual, el cambio conceptual se da de manera gradual a partir de la recategorización ontológica, como resultado de una reestructuración en el modelo mental o sistema cognitivo del individuo.

Finalmente, se realizó un análisis donde se compararon las respuestas iniciales y finales de los alumnos que, en la fase de identificación de ideas previas, sus respuestas fueron agrupadas en la categoría evolutiva de la adaptación.

Las respuestas fueron las siguientes:

Pregunta: ¿Qué entiendes por adaptación evolutiva?

Respuesta 1. *“Yo entiendo como el conjunto de características físicas y genéticas que le permiten a una especie sobrevivir a un ecosistema. Ya sea colores, pelaje, garras, etc.”*

Respuesta 2. *“El modo en que una especie va cambiando a lo largo del tiempo en relación al ambiente y al ecosistema en el que se desarrollan. No todos los cambios son para bien, ya que el ambiente puede variar y la adaptación desarrollada puede dejar de servir”.*

Como se puede observar, ambos alumnos consideran que el proceso de adaptación se da a nivel grupo o especie, no de manera individual. También, en ambos casos el ambiente no se presenta como la única fuerza de cambio, ya que, son consideradas las características del grupo. Asimismo, la adaptación parece no ser estática sino fluctuante.

A continuación, se presentarán las respuestas que ambos alumnos dieron en la fase de evaluación del cambio conceptual:

Pregunta: ¿Qué entiendes por adaptación evolutiva?

Respuesta 1. *“La adaptación es un proceso evolutivo en el que una población*

hay organismos que tienen características favorables en un determinado ambiente que les permite sobrevivir y reproducirse.”

Respuesta 2. *“La adaptación es un proceso evolutivo que ocurre en una población. Dentro del proceso existen factores y recursos limitados que determinarán el crecimiento o disminución de la población como el alimento, agua, ph, etc. Se selecciona los organismos mejor adaptados, sobreviven y por tanto al tener una capacidad reproductiva, perduran.”*

Como se puede observar, los alumnos mantienen una visión evolutiva de la adaptación, sin embargo, integran más elementos a su antigua representación. Por ejemplo, siguen considerando que la adaptación es a nivel grupal, en este caso a nivel población, pero ahora, consideran también que es un proceso evolutivo y que hay más elementos relacionados con el concepto como son la variación, los recursos limitados, la sobrevivencia y la reproducción.

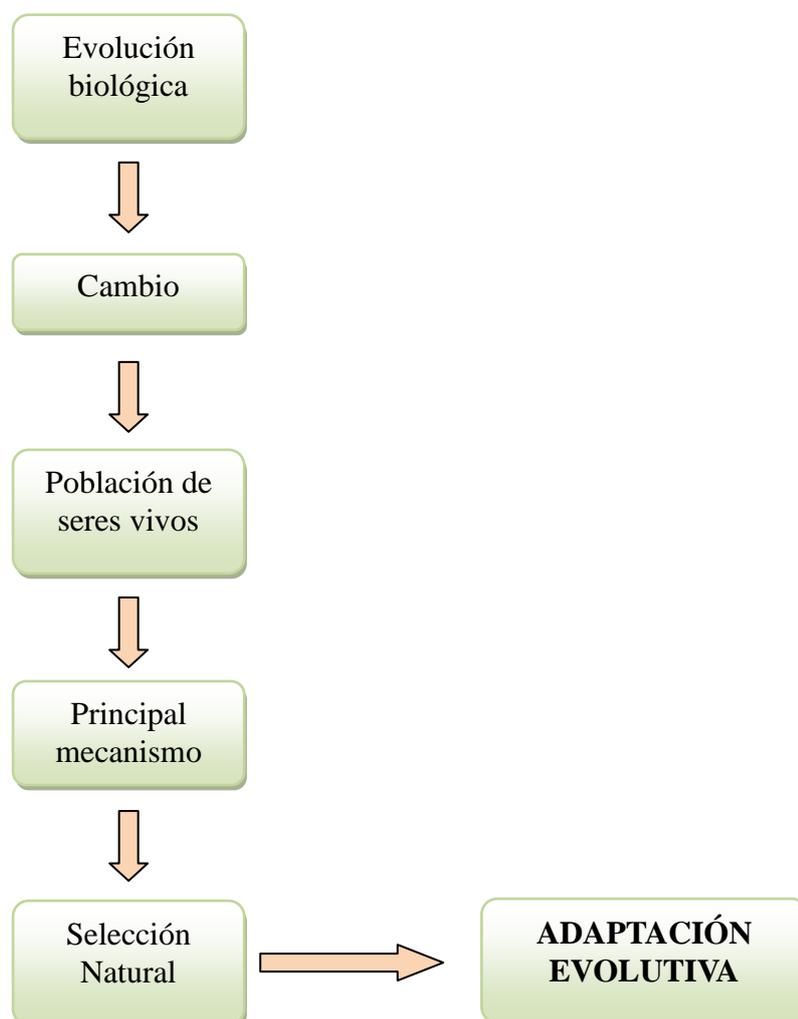
De esta manera, estos resultados muestran que el proceso de cambio conceptual puede entenderse con base en la propuesta de Pozo, en la cual, el cambio representacional cobra efecto a partir de las relaciones que el alumno pueda establecer entre los diferentes elementos vinculados al concepto central y sus ideas previas.

Para finalizar con este apartado, se puede concluir que, con base en los datos que se muestran en las diferentes graficas y el análisis realizado en las respuestas de los alumnos sobre qué entienden por adaptación evolutiva, el objetivo principal de este trabajo se ha cumplido, ya que el diseño de la presente estrategia de enseñanza-aprendizaje con base en el modelo de cambio conceptual, logró ampliar las ideas previas que los alumnos tenían sobre evolución por selección natural, específicamente del concepto de adaptación biológica.

10. ANEXOS

Anexo 1

ORGANIZADOR PREVIO



¿Qué entiendo por adaptación evolutiva?

Nombre:

Menciona los conceptos que consideres están relacionados con el concepto de adaptación evolutiva:

--

Elabora un dibujo en el cual representes lo que entiendes por adaptación evolutiva:

--

Escribe una breve descripción de tu dibujo:

--

Diapositivas: Diferentes significados del concepto de adaptación

CONCEPTO DE ADAPTACIÓN

www.chistotas.com

1

CONCEPTO DE ADAPTACIÓN

Capacidad de Adaptación
Tiene sus usos

2

CONCEPTO DE ADAPTACIÓN

S. C. Elegant		
Largo	Fondo	Altura
2.00mts	0.94mts	0.94mts

3

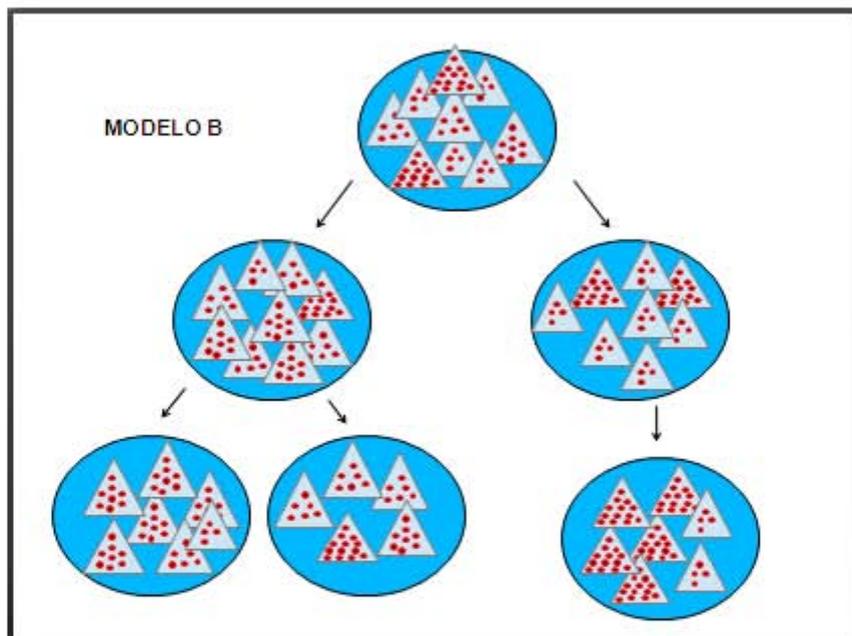
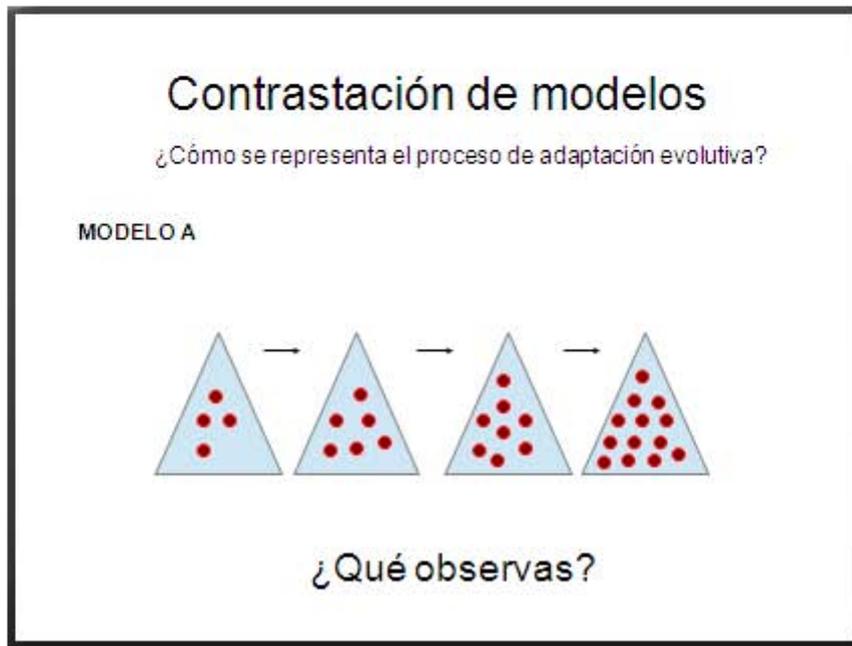
CONCEPTO DE ADAPTACIÓN

A

B

4

Diapositivas: Contrastación de modelos



DIFERENCIAS Y RELACIONES ENTRE MODELOS

Nombre:

Instrucciones: Observa los dos modelos de adaptación biológica que aparecen en la pantalla e identifica sus diferencias y posibles relaciones. Escribe tus observaciones en el cuadro correspondiente.

	Diferencias	Relaciones
Modelo A Adaptación fisiológica		
Modelo B Adaptación evolutiva		

RECORDANDO LO APRENDIDO

Nombre:

Fecha:

Menciona los conceptos que se abordaron en la clase pasada (sólo los que recuerdes):

--

Escribe en el siguiente apartado una idea que consideres importante rescatar de la clase pasada:

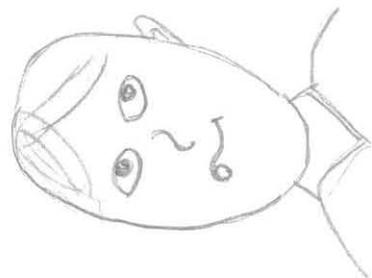
--

CÓMIC:

Los problemas existenciales de Darwin y sus primeras interpretaciones

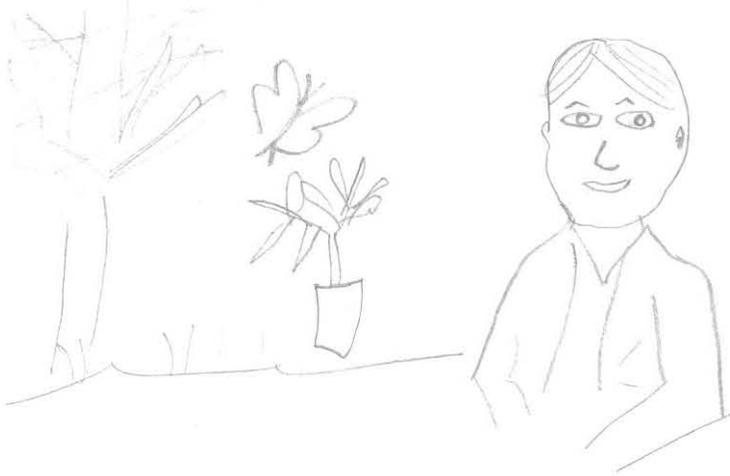
1

Los problemas existenciales
de Darwin y
sus primeras interpretaciones.



Cómic
Melina Tapia Sandoval
MADEMS - Biología

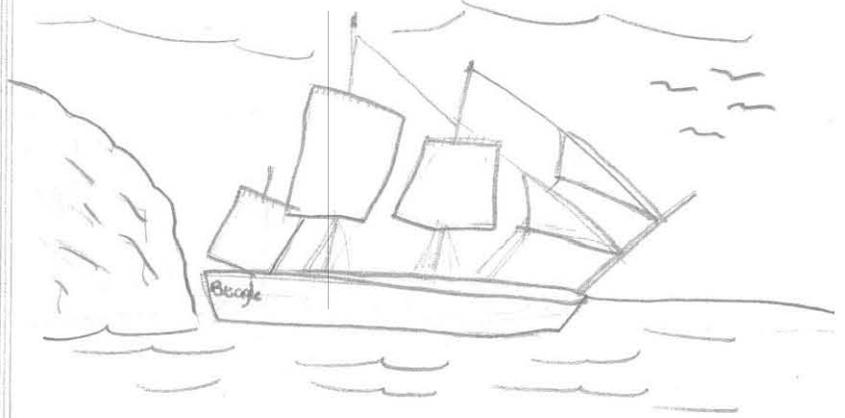
Charles Darwin fue un naturalista inglés que disfrutaba observar y estudiar la naturaleza. Un día fue invitado a un viaje en Suramérica.



Uno de los sitios que más impactaron a Darwin fueron las islas de los Galápagos.



El Beagle, como se le llamó al barco, zarpó de Inglaterra en 1831. Darwin experimentaría aventuras que cambiarían su forma de ver a los seres vivos.



¿Ede... qué?



Sí, las especies que habitan estas islas son endemicas porque su ubicación se limita a estas tierras



¡En otro lugar jamás serán vistas!



Después de casi cinco años de viaje, el Beagle arribó en Inglaterra, y con él cientos de muestras, fósiles, escritos y dibujos de plantas y animales listos para ser analizados.

CON GOULD EL ORNITÓLOGO

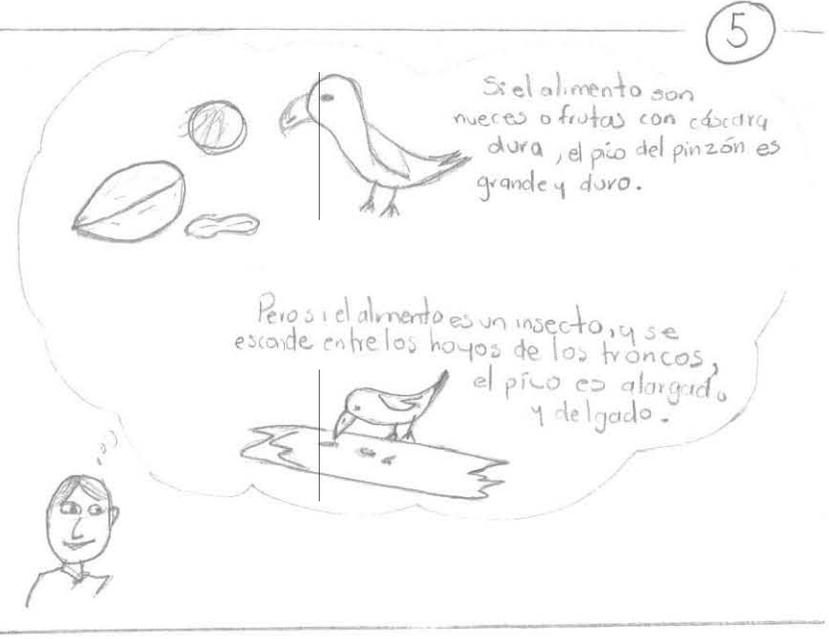


4



Después de visitar a distintos personajes entre ornitólogos y coleccionistas, Darwin consiguió 7 pinzones más.

Sobre su mesa de trabajo colocó las 13 especies de pinzones y las observó...



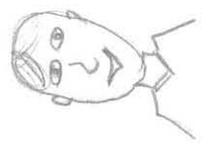
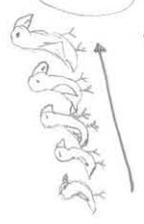
Sin duda esa pregunta se había convertido en el dolor de cabeza para Darwin.

Los años pasaban y las notas del viaje parecían haberse quedado mudas.

Según Lamarck, cada una de estas variantes serían estudios intermedios de un pinzón más perfecto.

¿Pero cuál de todos es el perfecto?

Solo sé que existe una relación entre la forma del pico y el tipo de alimentación.



1 En cada isla habitan pinzones con una alimentación en particular.

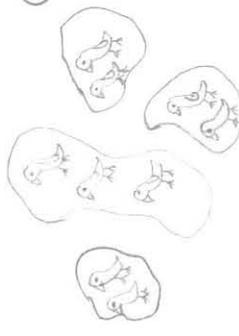
2 Pero, ¡alto! Los pinzones no viven aislados, viven en grupo y comparten una zona geográfica, es decir, viven en poblaciones.



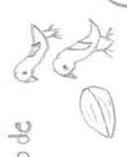
3 Entonces, la evolución no se da de manera individual, como dijo Lamarck, se da de manera poblacional.

4 Pero... ¿cómo?

1 Quizá en todas las islas habitaba una única población de pinzón, y después fueron adquiriendo características hasta su forma actual.



2 No pudiesen eso, hubiesen muerto de hambre.



3 Los pinzones de pico pequeño, no pudieron alimentarse de nueces.

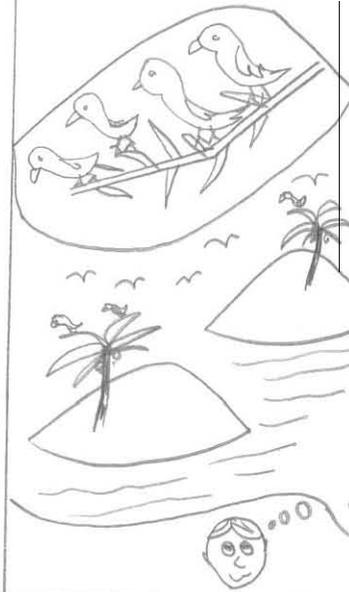
4 Y se alimentaron de frutas blandas, para que desarrollan un pico duro.

Esta hipótesis no cuenta, ni modo Lamarck, la evolución tampoco es lineal.



Creo que me volveré loco, yo no quiero soñar con pinzones.

Charles ocupaba su tiempo libre en analizar sus esquemas y notas, quizá interpretaría la especiación de los pinzones de manera diferente



Mmm... La única manera en que los pinzones se diversificaran sin morir de hambre sería que las variantes ya existieran

Probablemente, existió una población ancestral con una amplia variedad de picos. Después, grupos de esta población viajaron a otras islas y así ocurrió la especiación.

Esto quiere decir que las variantes de pico no se desarrollaron poco a poco, como Lamarck dijo



¡WOW!
La VARIACIÓN es la materia prima de la evolución

Darwin había llegado a cuatro conclusiones importantes:

- La evolución no era de manera lineal
- Que no existían organismos perfectos
- La evolución es a nivel poblacional
- La variación es la materia prima de la evolución

Sin embargo, a Darwin le faltaban más elementos para comprender el proceso evolutivo. **FIN**

CÓMIC

LOS PROBLEMAS EXISTENCIALES DE DARWIN Y SUS PRIMERAS INTERPRETACIONES

Nombre:

Fecha:

Instrucciones:

1. Lee el cómic.
2. Subraya las ideas que consideres importantes (tres como mínimo).
3. Por equipo, escribe las ideas importantes en la tabla siguiente y relaciónalas con los conceptos que se presentan en la siguiente tabla.

Ideas importantes	Concepto
	Población
	Variación
	Sobrevivencia
	Reproducción
	Proceso evolutivo

CONCEPTOS IMPORTANTES DE LA CLASE DE ADAPTACIÓN EVOLUTIVA

Nombre:

Fecha:

Instrucciones:

Escribe dentro del cuadro lo que entendiste de cada concepto.

Concepto	Qué entiendo
Variación	99
Recursos limitados	
Sobrevivencia	
Reproducción	
Selección natural	

EJERCICIO DE ADAPTACIÓN

Equipo _____
Integrantes:

SECCIÓN 1

Instrucciones

La siguiente pregunta contiene dos partes. En la primera tacha la opción que mejor complete la frase. Estas opciones están indicadas con los números 1 ó 2.

En la segunda parte tendrás que seleccionar la razón por la que elegiste la respuesta de la primera parte. Es decir, tacha una de las tres opciones marcadas con las letras A, B, C, que explique mejor tu primera elección.

Planteamiento del problema

En estado silvestre, flores que tiene una corola (conjunto de pétalos) corta son más fácilmente polinizadas por una avispa. Si una gran población de flores fuera sembrada en un jardín lleno de avispas que sólo polinizan flores de corola larga:

1. Algunas flores morirían y otras vivirían
2. Las flores desarrollarían cada vez corolas más largas

Porque:

A. Las Flores que tengan corolas largas sobrevivirían hasta reproducirse.

B. Las flores de corola corta necesitan corolas largas para sobrevivir.

C. Las corolas de las flores cambiarían lentamente hasta que tuvieran la longitud necesaria para ser polinizadas.

SECCIÓN 2

Instrucciones

Con base en la información del problema anterior llena la siguiente tabla

Nombre de la población		
Variante en la población		
Presión selectiva		
	En estado silvestre	Sembradas en un jardín
Variante favorable		
Variante desfavorable		
¿Quiénes tendrán mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse?		
Con base en lo anterior, ¿qué variante predominará en la población?		
¿Qué puedes deducir del proceso de adaptación de las flores?		

REFLEXIONANDO SOBRE LO APRENDIDO

Nombre: _____ Fecha: _____

Instrucciones:

Coloca ambas hojas de respuesta sobre la mesa, lee tus respuestas y llena la siguiente tabla.

¿Qué diferencias y similitudes observas entre tus respuestas?	
Diferencias	Similitudes
¿Cuántos conceptos utilizaste para explicar lo que entiendes por adaptación evolutiva en cada hoja de respuestas? Mencionarlos	
Hoja 1	Hoja 2
¿Consideras que tus conocimientos sobre adaptación evolutiva se han ampliado? ¿Por qué?	

11. BIBLIOGRAFÍA

Allueva, P. (2002), Desarrollo de habilidades metacognitivas: programa de intervención. Zaragoza: Consejería de Educación y Ciencia.

Arteaga, Y., Tapia, F. (2009), Núcleos problemáticos en la enseñanza de la biología. *Educere*, Vol. 13, Núm. 45, pp. 719-724

Beuchot, M. (2005). Perfiles esenciales de la hermenéutica. México: UNAM

Beuchot, M. (2009). Tratado de hermenéutica analógica. Hacia un nuevo modelo de la interpretación. México: Itaca

Blanco, R. (2007). Hermenéutica analógica, filosofía, psicología y pedagogía. México: Torres asociados.

Campos, M. A. (1989). La estructura didáctica. En: ENEP-UNAM Aportaciones a la Didáctica en la Enseñanza Superior. México: ENEP-UNAM.

Canguilhem, G. (1982), El objeto de la historia de las ciencias. en Saldaña, J. J. (ed.), Introducción a la teoría de la historia de las ciencias. Antología. México: UNAM, pp. 149-172.

Carretero, M. (1996), Construir y enseñar las ciencias experimentales. Argentina: Aique.

Contreras, J. (1994). *Enseñanza, currículum y profesorado. Introducción crítica a la didáctica*. Madrid, España: Akal.

Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), pp. 109-120

Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A., & Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Historia y epistemología de las ciencias*. 20 (3), 477-488.

Flores, F. & Valdez, R. (2007), Enfoques epistemológicos y cambios representacionales y conceptuales. En *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y enseñanza de las ciencias*. Pozo, J.I. & Flores, F. (Coord). Madrid, España: Machado libros.

Guillén, F. (1995), Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en secundaria. *Ciencia*. Vol. 46. pp. 23-31

Guillén, F. (1994), El nuevo enfoque en la enseñanza de la biología en secundaria. *Ciencia*. Vol. 45, pp. 247-262

Jiménez, M.P. (2009), Los conceptos de población y de especie en la enseñanza de la biología: concepciones, dificultades y perspectivas. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.

Keil, F. & Newman, G. (2008). Two tales of conceptual changes: what changes and what remains the same. En Vosniadou, S. (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 83-101). New York: Taylor & Francis.

Laudan, L. (1990), "La historia de la ciencia y la filosofía de la ciencia", en Martínez, S. (eds.), *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 131-147.

Lecourt, D. (2005), "La historia epistemológica de Georges Cangulhem", en Cangulhem, G. (2005), *Lo normal y lo patológico*. Traducción española. Madrid: Siglo XXI.

López, C. (2002), "Por una nueva historiografía de los conceptos científicos. El caso de la herencia biológica", en Martínez, S. (eds.), *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 307-340.

Magaña, S. M. (2007). "Concepciones sobre evolución biológica presentes en estudiantes de licenciatura en educación primaria", IX Congreso Nacional de Investigación Educativa, Consejo Mexicano de Investigación Educativa, disponible en <http://www.comie.org.mx/congreso/memoria/v9/aplicacion/pat05.htm> (consultado el 18 de febrero de 2009).

Moreno, T. (2007), *La evaluación del aprendizaje: una vieja historia contada desde otra ventana*. En *Docentes y alumnos: perspectivas y prácticas*. Barrón, C. y Chehaybar, E. coordinadores, UNAM: México, pp. 147-183.

Moro, O. (2006), "La sociología como metodología crítica de la ciencia: La historia social de las ciencias sociales", *EMPIRIA: Revista de la Metodología de las Ciencias Sociales*, vol. 11, pp. 71-91.

Drupé, J. (2006), *El legado de Darwin*. Buenos Aires: Katz.

Paz, R.V. 1999. La enseñanza de la evolución en la educación primaria como una evidencia de los obstáculos a los que se enfrenta el niño para construir conceptos complejos. Ponencia, V Congreso nacional de investigación educativa, COMIE, Aguascalientes.

Perales, R., Sañudo, L., García, M. (2007), Diagnóstico de la enseñanza de las ciencias en educación básica, media superior y superior en el estado de Jalisco, En *Las voces de los agentes Educativos*.

Perales, R., Sañudo, L., García, M. (2009), La enseñanza de las ciencias desde la visión de sus docentes , X congreso nacional de investigación educativa, área 14: práctica educativa en espacios escolares, disponible en: http://www.comie.org.mx/congreso/memoria/v10/pdf/area_tematica_14/ponencias/1658-F.pdf

Pérez, G. (2007), *Hacia un modelo de educación centrado en el aprendizaje*. En

Docentes y alumnos: perspectivas y prácticas. Barrón, C. y Chehaybar, E. coordinadores, UNAM: México, pp. 61-106

Pozo, J. I. (2008), *Aprendices y maestros. La psicología cognitiva del aprendizaje*. Madrid, España: Alianza editorial.

Pozo, J. I. & Rodrigo, M. J. (2001). Del cambio de contenido al cambio representacional en el conocimiento conceptual. *Infancia y aprendizaje*, 24 (4), 407-423

Remendi, V. (1989). Construcción de la estructura metodológica. En: *ENEP-UNAM Aportaciones a la Didáctica en la Enseñanza Superior*. México: ENEP-UNAM.

Shapin, S. (1992), "Disciplina y delimitación: la historia y la sociología de la ciencia a la luz del debate externalismo-internalismo", en Martínez, S. (eds.), *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 67-112.

Siguenza, A. y Sáez, M. (1990), Análisis de la resolución de problemas como estrategia de enseñanza de la biología. *Enseñanza de las ciencias*, Vol. 8, Núm. 3, pp. 223-230

Solís, C. (2003), "Una revolución del siglo XX", en Kuhn, T. S., *La estructura de las revoluciones científicas*. México, D. F.: Fondo de cultura económica, pp. 9-43.

Soto, J. (2009), Influencia de las creencias religiosas en los docentes de ciencia sobre la teoría de la evolución biológica y su didáctica. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol. 14, Núm. 41, pp. 515-538

Suárez, E. (2003), "La historiografía de la ciencia", en Martínez, S. (eds.), *Historia, filosofía y enseñanza de la ciencia*, México: Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 17-40.

Stenhouse, L. (1998). *Investigación y desarrollo del currículum*. Madrid, España: Morata

Tamayo, M. (2004), *Evolución de las teorías biológicas en libros de texto de enseñanza en Chile*. Tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada.

Tirado, F. (1990), La crítica situación de la educación básica en México. *Ciencia y desarrollo*, Vol. 91, pp. 59-69

Tirado, F. y López, A. (1994), Problemas en la enseñanza de la biología en México. *Perfiles Educativos*, Núm. 66

Tyler, R. (1986). *Principios básicos del currículo*. Buenos Aires, Argentina: Troquel.

Vosniadou, S., Vamvakoussi, X. & Skopeliti, I. (2008). The framework theory approach to the problem of conceptual change. En Vosniadou, S. (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (pp. 3-34). New York: Taylor & Francis.

Piñero, D. (2009), En: <http://www.jornada.unam.mx/2009/01/15/index.php?section=ciencias&article=a02n1cie>

Ruiz, R. (2009), En:

<http://www.jornada.unam.mx/2009/01/23/index.php?section=ciencias&article=a02n1cie>

Baez, O. (2008), La teoría de la evolución biológica en el pensamiento moderno,
CIENCIA, en <http://www.voltairenet.org/La-teoria-de-la-evolucion>