



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

DE LAS IDEAS PREVIAS A LOS PROTOCONCEPTOS: PROPUESTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA EVOLUTIVA EN SECUNDARIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

B I Ó L O G A

P R E S E N T A :

TATHALI URUETA ORTIZ



FACULTAD DE CIENCIAS UNAM

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA EUGENIA TOVAR MARTÍNEZ



m. 347316



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
NOMBRE: Tathali Urueta

FECHA: 30 Agosto 2005
FIRMA: P.A. AB

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:

" De las Ideas Previas a los Protoconceptos: Propuesta para la Enseñanza de la Teoría Evolutiva en Secundaria "

realizado por Tathali Urueta Ortiz

con número de cuenta 095543044 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Directora de Tesis
Propietario Dra. María Eugenia Tovar Martínez
Propietario Dr. Luis Felipe Jiménez García
Propietario Biol. Pablo Macías Muñoz
Suplente Biol. Amanda Castillo Cobián
Suplente Dra. María de Lourdes Segura Valdez

Ma Eugenia Tovar Martínez
[Signature]
[Signature]
[Signature]

Consejo Departamental de Biología

[Signature]
M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

FACULTAD DE CIENCIAS



UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGIA

Agradecimientos

A la vida, porque ha sido maravillosa

A Santiago por la espera, porque nadie como tú y sobre todo por el amor

A mi familia de cuatro, mi hermana porque mejor compañía de vida no podría pedir te adoro sis, a mi mamá y mi papá por las raíces, las alas y por el amor.

A mi nueva familia, Shirley y Lucho, gracias por todo.

Gracias a mis sinodales por el apoyo, los comentarios y correcciones, Maru por todo en verdad, gracias.

Comparto

Con mi familia Urueta, Ortiz, Oliva, porque quien no sabe de dónde viene no sabe a dónde va. Muy especialmente con mi abue Clara y mi tío Raúl quienes son un ejemplo y una inspiración.

Con Aline, Ale, Paty, Maris, Bris, Paloma, Norma y Nadia, por darle sabor y significado a la palabra amistad

Con mis amig@s de la facultad con quienes aprendí y compartí tanto: Ana, Xoxo, Paola, Rocío, Candela, Chente, Andrés, y Nacho.

Con mis flores y abejorros porque fueron años maravillosos: Lore, Javier, Enrico, Tuchik, Maika, Emilio, Bárbara, Luís, Carlos, Juan, Gabo, Isa, Liz.

Son muchas personas las que querría mencionar, he tenido la suerte de conocer a gente maravillosa, mis amigos de antes que algunos son los de ahora, mis maestros de la Bartolo, del Freire y Fac., que han sido una gran inspiración, mis alumnos!, por todo gracias.

Con el tiempo...
te das cuenta que cada experiencia vivida con cada persona, es irrepetible.
Borges.

ÍNDICE

Introducción

1. Capítulo 1. LAS IDEAS PREVIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

1.1	La enseñanza de las ciencias.....	1
1.2	Constructivismo.....	2
1.3	Constructivismo en la enseñanza de la ciencia.....	3
1.3.1	Kuhn y la estructura de las revoluciones científicas.....	8
1.4	Ideas Previas.....	12
1.4.1	Ideas previas en Biología.....	14
1.5	Cambio Conceptual.....	16

2. Capítulo 2. EVOLUCIÓN Y ENSEÑANZA

2.1.	Historia del pensamiento evolutivo.....	24
2.2.	Desarrollo de la Teoría Evolutiva de Charles Darwin.....	34
2.2.1.	La lectura de los “Principios de Geología”.....	35
2.2.2.	La lectura de “El principio de la población.....	39
2.2.3.	La selección artificial por criadores.....	42
2.2.4.	La selección natural.....	43
2.2.5.	Otras lecturas.....	44
2.2.6.	Aportes de la Teoría Evolutiva.....	45
2.3.	La historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia.....	47
2.4.	La enseñanza de la teoría Evolutiva en la escuela secundaria.....	48
2.4.1.	El alumno de secundaria.....	49
2.5.	Protoconceptos	52

3. Capítulo 3. ANÁLISIS DE LAS IDEAS PREVIAS EN EVOLUCIÓN

3.1.	Ideas previas en el tema de evolución.....	59
3.2.	Categorización de ideas previas.....	60
3.3.	Análisis de la categorización.....	71

4. Capítulo 4. ANÁLISIS DEL LIBRO PARA EL MAESTRO DE BIOLOGÍA

4.1	Propósitos, prioridades y objetivos del plan de estudios.....	77
4.1.1	Propósitos del plan de estudios.....	77.
4.1.2	Prioridades del plan de estudios.....	78
4.1.3	Objetivos del plan de estudios de la asignatura de Biología.....	79
4.2	Enfoque del plan de estudios para la asignatura de Biología.....	79
4.3	Plan de estudios para la asignatura de Biología	80
4.4	Unidad Temática “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo....	85

5 Capítulo 5. PROPUESTA DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1	Propuesta	89
5.2	Discusión.....	97
5.3	Conclusiones.....	103

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	105
--	------------

REFERENCIAS ELECTRONICAS.....	110
--------------------------------------	------------

APÉNDICE 1

Programa oficial de secundaria

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Analogías entre las escuelas constructivistas de filosofía de la ciencia y el aprendizaje científico de los estudiantes.....	7
Figura 2 Esquema de las ideas previas encontradas en alumnos de secundaria en el tema de evolución.....	70
Figura 3 Programa de secundaria para la asignatura de Biología.....	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 El constructivismo y el conocimiento.....	9
Tabla 1.2 Constructivismo y aprendizaje.....	10
Tabla 1.3 El constructivismo en la enseñanza.....	11
Tabla 2 El alumno de secundaria.....	50
Tabla 3. Protoconceptos.....	54
Tabla 4 Categorización de las Ideas Previas.....	61
Tabla 5 Problemas conceptuales.....	71
Tabla 6 Contenidos y propósitos de la unidad 2: “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”.....	86

Resumen

El presente trabajo se encuentra enmarcado dentro del constructivismo educativo, el cuál ha tenido en la investigación de las ideas previas de los estudiantes una herramienta importante.

La investigación educativa de las ideas previas de los estudiantes de secundaria respecto a la Teoría Evolutiva ha producido diversas publicaciones, debido al papel fundamental que tiene la evolución en el conocimiento biológico. Para este trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica de ideas previas reportadas para nivel secundaria en el tema evolutivo. Se hizo un análisis y una categorización de estas que dieron cuenta de los problemas conceptuales a los que se enfrentan los estudiantes de dicho nivel, esto se realizó con la finalidad de identificar los protoconceptos centrales e indispensables para el entendimiento de la Teoría Evolutiva Darwinista.

Las ideas previas de los alumnos presentan un paralelismo con el desarrollo histórico del pensamiento evolutivo, de tal manera que la historia de la Biología se reconoce como una herramienta importante, para la superación de las ideas previas y para la propuesta de los protoconceptos evolutivos.

En la educación media básica no existe un texto oficial para los alumnos pero si para los maestros: El Libro para el Maestro de Biología, por lo que es importante conocer los propósitos, objetivos y prioridades que se proponen así como los contenidos y su tratamiento con la finalidad de saber cómo se aborda la Teoría Evolutiva y poder hacer una propuesta de los protoconceptos que deberían ser parte de la enseñanza de la evolución.

De esta manera se pretende ayudar a la investigación educativa en nivel secundaria que es tan importante en la formación de los estudiantes y al cual no se le ha dado la importancia que merece.

Abstract

This work is embedded in the field of educational constructivism, which considers the research of previous ideas as a very important tool.

The research in science education of the students' previous ideas with respect to the Theory of Evolution has produced various publications, mainly due to the fundamental role that evolution plays in the Biological knowledge.

A literature search was conducted on previous ideas related to the subject of Evolution for the secondary level (13-15 years old). The analysis and categorization of these ideas showed the conceptual issues faced by students at that level. This was done with the purpose of identifying the core protoconcepts needed for the understanding of Darwin's theory of evolution. The previous ideas of the students exhibit a parallelism with the historic development of evolutionary thinking. Therefore the History of Biology is recognized as an important tool to overcome previous ideas and to propose evolutionary protoconcepts.

There is no official textbook of middle school for students. However, there is such a text for the teachers: "*El Libro para el Maestro de Biología*". Hence, it was important to know the objectives and priorities, as well as the contents of this book. This in order to know how the Theory of Evolution was approached, which enabled us to formulate a proposal of the protoconcepts that should be used when teaching Evolution.

This study is intended to make a contribution in the area of research in Science Education in the secondary level, which is essential in the students' development and has not yet received the importance it deserves.

Introducción

La enseñanza de la ciencia representa hoy día uno de los grandes retos del sistema educativo Mexicano, por un lado los programas y propuestas curriculares no responden a las necesidades reales de nuestro país, por otro nuestros docentes carecen del enfoque constructivista que se pretende en la educación nacional.

La investigación en la enseñanza de la ciencia es un campo “nuevo”, aproximadamente 30 años, esta disciplina surge a partir de la problemática existente en el aprendizaje-enseñanza de la ciencia. Nuestro país no es la excepción, la investigación en esta área ha sido relegada y pobremente abarcada, a comparación de otros países como Israel, Inglaterra, España, EUA, Canadá, etc.

Como resultado de la investigación en la enseñanza de la ciencia se han detectado varios problemas, uno de ellos es el que corresponde al aprendizaje de los conceptos científicos por parte de los estudiantes y donde se ha identificado la dificultad en la construcción de representaciones y nociones con las que los estudiantes interpretan y dan significado a los contenidos científicos y a los procesos naturales que los rodean.

En los estudiantes existen dos clases de representaciones de los conceptos científicos: una propia y con la cual interpretan los fenómenos naturales y dan significado a los conceptos y otra escolarizada que utilizan para dar respuesta a las demandas de los maestros y exámenes. Esta segunda clase sólo forma parte de lo que puede denominarse aprendizaje memorístico y se manifiesta en procesos declarativos y operacionales (Flores, et. al. 2001). A estas nociones y representaciones se les conoce con el nombre de ideas previas, preconceptos, ideas alternativas, etc. En este trabajo se usara el término de ideas previas, que son representaciones propias del estudiante que no han sido modificadas por la enseñanza, y generalmente ajenas a lo que se pretende en la enseñanza de la ciencia.

La investigación acerca de las ideas previas ha demostrado que éstas se encuentran en diversos campos de la ciencia y en todos los niveles escolares, así como que éstas no son específicas ni determinantes de raza, posición socio-

económica, sexo, etc., sino que se presentan de manera universal. Esto se puntualiza aún más al saber que estas ideas previas están más ligadas a los procesos cognoscitivos que al contexto cultural y social. (Flores, F., et. al. 2001). Así, la investigación en la enseñanza de las ciencias ha tomado como una herramienta útil a las ideas previas de los estudiantes, para proponer estrategias de enseñanza y comprender cómo es que los conceptos se construyen, y cómo se lleva a cabo el cambio conceptual.

La investigación sobre las ideas previas y representaciones conceptuales es aún escasa. Por ello, el estudio de ellas constituye, en la actualidad, un campo vigente de investigación, este es el caso del área de Biología que si bien cuenta en el presente con estudios en diversos campos de la investigación educativa (Wandersee, et. al. 1994), no se tiene el nivel de desarrollo que, por ejemplo, se ha alcanzado en la Física (Flores, F. et. al., 2001).

La Teoría de la Evolución no sólo es parte fundamental de la disciplina Biológica, sino también es un componente importante dentro de la cultura general (Zuzovski, 1994). El uso de la evolución, no es exclusivo de los especialistas, por el contrario es empleado por la población en general y es abordado desde muchos puntos de vista, los cuales tienen inferencia en el conocimiento escolar

Las teorías de cómo los organismos vivos cambian a lo largo del tiempo han sido numerosas y diversas en la historia de la humanidad, sin embargo, la Teoría de la Evolución formulada por Darwin representó un cambio de **paradigma** fundamental para la humanidad. La evolución es un concepto organizador del conocimiento biológico, dado este carácter unificador, se explica la importancia que tiene éste en la enseñanza de la Biología.

La investigación en la enseñanza de la ciencia ha dado cuenta del paralelismo existente entre las ideas previas de los estudiantes y la de los científicos pasados, por lo que la historia de la Biología nos proporciona una herramienta esencial en la comprensión de los problemas conceptuales de los alumnos.

El objetivo que se persigue en este trabajo es el localizar mediante el análisis de las ideas previas reportadas en la literatura especializada los

protoconceptos necesarios para la construcción de la Teoría de la Evolución, dichos protoconceptos son aquellos en los que se construirán las bases de un entendimiento evolutivo para, en el futuro tener los elementos necesarios para la Teoría Evolutiva Darwinista.

La historia del desarrollo del pensamiento evolutivo dará pistas de aquellos momentos históricos fundamentales en la elaboración de la Teoría Evolutiva formulada por Darwin.

Este trabajo tiene como uno de sus propósitos colaborar a la concreción de la enseñanza de las ciencias en la escuela secundaria Mexicana. Este nivel educativo es por lo general “zona de nadie y de todos”, merece, definirse mejor y requiere un diseño curricular específico que cumpla con dos requisitos básicos a) preparara a los alumnos para abordar con seguridad y gusto los estudios científicos superiores y b) contribuir a la formación científica (alfabetización científica) de los futuros ciudadanos. De este modo se contribuirá en su formación para que sean capaces de tomar decisiones fundamentadas a la hora de afrontar los problemas medioambientales y sociales, resolver problemas cotidianos, mejorar su autoestima y autonomía, así como su interés crítico por la ciencia. (Furió, et. al 2001)

Se habla de una alfabetización científica para contribuir al desarrollo de una conciencia crítica, para esto será necesario mejorar la enseñanza de la ciencia de toda la población, y para contribuir a cambiar la imagen pública de la ciencia, que en la actualidad y para gran parte de la población se ve como algo ajeno, inasequible o peligroso, algo de lo que a veces se desconfía y, desde luego, no se percibe como parte de la cultura, de los conocimientos o del saber que debe poseer cualquier persona. (Furió, et. al 2001)

En los libros de texto es común encontrar serios errores conceptuales, al menos en el tema de evolución por selección natural (Guillen, 1997) y sobre todo en aras de ajustarse a los programas oficiales, se abordan temarios inalcanzables en extensión y profundidad, que muchas veces son incomprensibles para los propios maestros (Sánchez, 2000). Es por eso que un análisis del Libro para el Maestro de Biología, es fundamental, para conocer qué y

cómo se enseña en el tema de evolución. Y saber si se está cumpliendo con los objetivos y propósitos tanto de planes y programas, como los propios del Libro para el Maestro.

Esta tesis consta de cuatro capítulos, el primero es una introducción al marco teórico del constructivismo, el segundo aborda la historia del desarrollo evolutivo, así como la importancia de la enseñanza de la evolución en el nivel medio básico de la educación. El tercer capítulo presenta las ideas previas encontradas en el tema evolutivo su consecuente análisis y categorización, así como los problemas conceptuales más comunes que presentan los alumnos. En el cuarto capítulo se aborda el libro para el Maestro de biología, se hace un análisis de los propósitos, y objetivos así como de la unidad temática 2 Evolución: los cambios de los seres vivos en el tiempo, esto con el fin de conocer cómo es que se enseña la evolución y si se está tomando en cuenta a la investigación educativa para la formulación de los apoyos didácticos, como lo es el Libro para el Maestro. En el último capítulo se realiza la propuesta de los protoconceptos que se deberían tomar en cuenta para cimentar el conocimiento evolutivo y que propicien una buena construcción de la teoría Evolutiva, en este mismo capítulo se discute y concluye este trabajo.

Capítulo I. LAS IDEAS PREVIAS EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

1.1 La enseñanza de las ciencias

El estudio de las diferentes ciencias se ha convertido en uno de los ejes de atención primordiales de la humanidad. La concepción del mundo que tiene el hombre actual está, en gran medida, determinada por el conocimiento científico y sus aplicaciones tecnológicas, sin embargo, la imagen de la ciencia se ha visto a menudo simplificada y distorsionada (Mellado y Carracedo, 1993), contribuyendo al rechazo sistemático por parte de los alumnos hacia este campo del conocimiento. Es claro que no sólo la escuela contribuye a esta visión, el medio en el que se desenvuelve el alumno juega un papel importante.

En las décadas recientes se han abandonado antiguas posiciones acerca de la enseñanza y en particular de la enseñanza de la ciencia, diversos científicos, pedagogos, filósofos y psicólogos, han contribuido a formar grupos que se especializan en la didáctica de las ciencias. En los últimos treinta años, ésta ha tenido un desarrollo progresivo, pasando por los proyectos de enseñanza vía descubrimiento realizados en los Estados Unidos, Australia y Gran Bretaña hasta los trabajos basados en la escuela de Piaget (Shayer y Adey, 1984 en Mellado y Carracedo, 1993). En los últimos años se destacan los estudios realizados sobre el constructivismo y el aprendizaje significativo, durante este periodo la didáctica de las ciencias se ha nutrido fundamentalmente de las propias disciplinas científicas básicas y de la psicología del aprendizaje (Mellado y Carracedo, 1993), configurándose como una disciplina específica. Desde hace unos años se están estudiando y debatiendo los fundamentos epistemológicos de la misma, así la didáctica de las ciencias tiene un campo específico de conocimiento y no es simplemente la suma de los contenidos de las asignaturas científicas básicas y de la psicopedagogía (Mellado y Carracedo, 1993).

1.2 Constructivismo

Para la filosofía un problema presente desde sus orígenes ha sido la fundamentación del conocimiento científico. En la filosofía clásica, si exceptuamos a las corrientes escépticas que van desde Pirron de Elis en la época helénica hasta diversos autores en épocas más modernas, se van decantando dos corrientes, que se explicitan en los siglos XVII y XVIII en las escuelas: racionalista y empirista (Mellado y Carracedo, 1993).

Durante mucho tiempo, en el ámbito científico prevaleció la idea de que el conocimiento científico surgía de observar y recoger los datos en forma adecuada y que de éstos emanaría la verdad científica, esta corriente, llamada empirista, puso el acento en la justificación del conocimiento a partir de los datos suministrados por la experiencia sensible y estableció un método científico (inductivo y riguroso) apoyado en los datos de esta experiencia. Francis Bacon (1561-1626), junto con John Stuart Mill (1806-1873), fueron los mayores exponentes de la inducción, ésta quedó consagrada como el método científico por excelencia durante dos siglos. Para Bacon, el científico elabora sus teorías registrando, midiendo y describiendo observaciones sin tener ninguna hipótesis previa ni expectativas preconcebidas (Mayr, 1998). Durante las primeras décadas del siglo XX la filosofía que predominó en la ciencia angloamericana fue el empirismo lógico, esta corriente estuvo apoyada por los positivistas lógicos del círculo de Viena, un grupo de científicos, filósofos, matemáticos y científicos sociales, que defendieron el método hipotético deductivo tradicional, considerando que el mejor criterio de validación para una teoría es la verificación mediante comprobaciones repetidas.

En contraposición a esta visión de la ciencia, la escuela racionalista destaca la importancia que la razón y los conceptos creados por la mente tienen en el proceso de formación y fundamentación del conocimiento científico (Mellado y Carracedo, 1993). El creador principal de esta escuela en la época moderna es René Descartes (1596-1650), precediéndole Immanuel Kant (1724-1804), quién con su *idealismo trascendental* intenta llegar a una superación o síntesis del

enfrentamiento surgido entre las dos corrientes filosóficas, estableciendo que si bien todo conocimiento científico tiene su origen en la experiencia sensible tiene, sin embargo, que ser encuadrado en estructuras mentales *trascendentales* y *a priori* para que pueda ser realmente conocido y adquiera el rango de necesidad y universalidad que todo conocimiento científico debe poseer (Mellado y Carracedo, 1993).

Entrado el siglo veinte, la dicotomía entre las dos escuelas (empiristas y racionalistas) se supera y surge una posición a la que se llama **constructivismo**. Dentro de este enfoque se pueden encontrar a muy diversos autores con distintos matices, por ejemplo, Karl Popper (1902-1994) que defiende el falsacionismo y puede ser considerado un filósofo de transición; Imre Lakatos (1922-1974) que preside las tradiciones de investigación; Stephen Toulmin (1922) y su evolucionismo y, finalmente, Thomas Kuhn (1922-1996) quien defiende el revolucionismo.

1.3 Constructivismo en la enseñanza de la ciencia

En el siglo XX maestros, filósofos e historiadores dan paso al constructivismo, que a diferencia del positivismo, supone que la ciencia no es un discurso sobre lo real sino un **proceso** socialmente definido a partir de la elaboración de modelos para interpretar la realidad. La idea de que las cosas están ahí para ser descubiertas, como en el empirismo lógico de Bacon, es opuesta a los preceptos epistemológicos del constructivismo. Aprender ciencia debe ser, por lo tanto, una tarea de comparar y diferenciar modelos, no de adquirir saberes absolutos y verdaderos (Pozo, 1987).

El constructivismo no es tan sólo una teoría, sino un enfoque o paradigma explicativo sobre el funcionamiento del psiquismo humano que es compartido por distintas teorías psicológicas. Diversas corrientes han tenido cabida en la formación de este paradigma, siendo Jean Piaget (1896-1980) uno de los pilares de este enfoque, él contribuyó de manera importante a la fundamentación del constructivismo, ya que la epistemología y psicología genética mostraron en

principio, un proceso posible para interpretar la construcción del conocimiento; pero además, mostró que el desarrollo de las nociones científicas constituye un proceso complejo, con interpretaciones que se transforman o evolucionan en el tiempo y para las cuales, es necesario contribuir y apoyar con procesos educativos específicos (Flores, 2000).

Piaget se opuso con fuerza a las concepciones epistemológicas realistas o empiristas y defendió una concepción constructivista de la adquisición del conocimiento, que se caracteriza por lo siguiente (Gómez-Granell y Coll, 1994):

- ✓ Entre sujeto y objeto de conocimiento existe una relación dinámica (no estática). El sujeto es activo frente a lo real e interpreta la información proveniente del entorno.
- ✓ Para construir conocimiento no basta con ser activo frente al entorno; el proceso de construcción es un proceso de reconstrucción y reestructuración, en el cual todo conocimiento nuevo se genera a partir de otros previos. Lo nuevo se construye a partir de lo adquirido, y lo trasciende.
- ✓ El sujeto es quien construye su propio conocimiento. Ya que sin una actividad mental constructiva propia e individual, que obedece a necesidades internas vinculadas al desarrollo evolutivo, el conocimiento no se produce

Es claro, de acuerdo con los postulados anteriores que, en los estudios de Piaget muchos de los preceptos del constructivismo se encontraban presentes; sin embargo algunos autores como Gómez-Granell y Coll (1994) opinan que la teoría "piagetiana" se ha ocupado fundamentalmente de la construcción de estructuras mentales y ha prestado una escasa o nula atención a los contenidos específicos. Para Piaget el proceso de construcción del conocimiento es un proceso fundamentalmente interno e individual, basado en el proceso de equilibración que la influencia del medio sólo puede favorecer o dificultar (Gómez-Granell y Coll 1994). Esto es evidente en las críticas que se hacen a las propuestas pedagógicas

inspiradas en el constructivismo piagetano, ya que se caracterizan por la poca atención prestada a la interacción social y a los contenidos sociales.

Para Piaget, las ideas científicas del estudiantado son consistentes y estructuradas, para la corriente de las ideas previas no lo son. Esto es, la mente del niño no parece ser tan homogénea como él predecía, pero tampoco tan heterogénea para estar constituida por un número indeterminado de concepciones dispersas. Es decir, se pasó del modelo "piagetano", en el cual el alumno era uno y debía adquirir capacidades generales para la construcción del conocimiento científico, a un modelo centrado en la adquisición de muchos conceptos específicos, cuya relación u organización interna se desconoce (Pozo, 1987); esto es, un cambio de lo general a lo específico. Se pasa, de "la guerra general a la guerra de guerrillas" (Pozo, 1987).

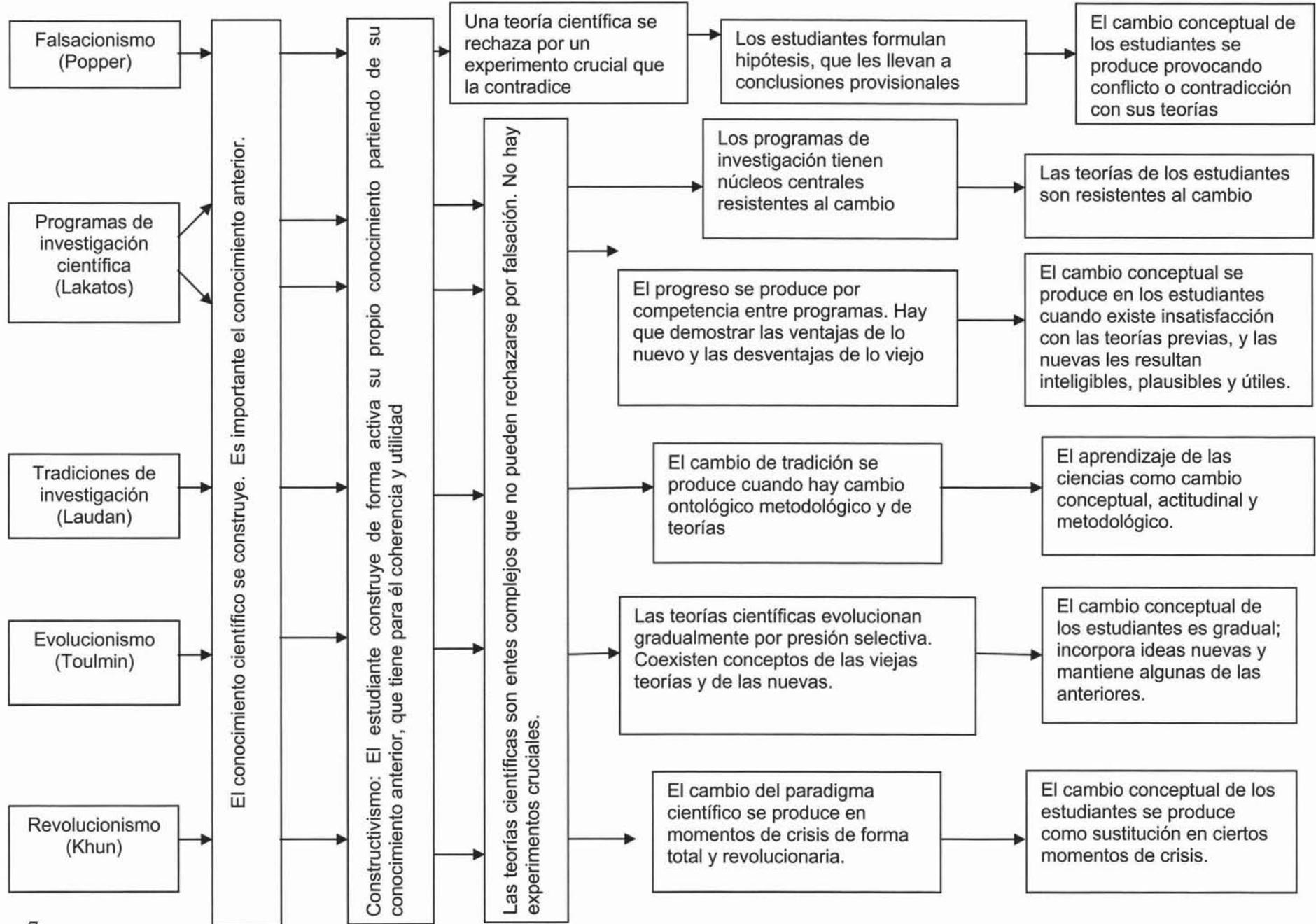
El enfoque constructivista del aprendizaje considera que el estudiante construye de forma activa su propio conocimiento, en el contexto social en el que se desenvuelve, y partiendo de su conocimiento anterior. Las teorías elaboradas por los estudiantes tienen también para ellos coherencia y utilidad, y se corresponden con las experiencias intuitivas que han tenido a lo largo de sus vidas (Mellado y Carracedo, 1993). Por lo tanto, la enseñanza debe tener como meta proporcionar elementos conceptuales para favorecer la construcción y la transformación de los conceptos, tal exigencia enmarca a la enseñanza de la ciencia dentro de un enfoque constructivista (Flores, 2000)

El término constructivismo es unívoco a filósofos, historiadores, maestros, psicólogos, etc., sin embargo, esto no significa que exista un único enfoque del constructivismo. En opinión de Matthews (2000), existen tres grandes tradiciones constructivistas: El constructivismo educativo, el constructivismo filosófico y el constructivismo sociológico. Siendo el constructivismo filosófico la base teórica de las otras dos tradiciones. El constructivismo educativo, según el autor, se puede dividir en el constructivismo personal y el socio-cultural. El primero tuvo su origen con Piaget, el constructivismo social tuvo su origen con Lev Vygotsky (1896-1934), y es enunciado por investigadores tales como Rosalind Driver (1941-1997), distinguida investigadora en el campo de la enseñanza de la ciencia. El

constructivismo filosófico tiene sus orígenes inmediatos con Thomas Kuhn, el constructivismo sociológico es identificado con el “programa fuerte de Edimburgo” y su investigación en la sociología del pensamiento científico. En este enfoque el crecimiento de la ciencia y los cambios en las teorías son interpretados en términos de cambios en las condiciones e intereses sociales (Matthews, 2000).

En el constructivismo filosófico, existen diferentes posiciones las cuales se muestran en la figura 1 con la finalidad de sintetizar estas corrientes, así mismo la tabla muestra las analogías, que según los autores Mellado y Carracedo se presentan con el aprendizaje científico de los estudiantes. Las cinco escuelas filosóficas que se rescatan son: el falsacionismo, los programas de investigación científica, las tradiciones de investigación, el evolucionismo y el relativismo; todas tienen una base constructivista. Consideran que el conocimiento científico es construido por la inteligencia humana, en un contexto generalmente social, teniendo en cuenta el conocimiento existente, y por actos creativos en los que la teoría precede a la observación. Todas las teorías científicas tienen temporalmente una coherencia interna, y se corresponden con un cierto cuerpo de experiencias. De forma análoga, la teoría constructivista del aprendizaje considera que el estudiante construye de forma activa su propio conocimiento, en el contexto social en el que se desenvuelve, y partiendo de su conocimiento anterior.

Fig.1. Constructivismo filosófico (Mellado y Carracedo, 1993)



1.3.1 Kuhn y la estructura de las revoluciones científicas

La *estructura de las revoluciones científicas*, escrita por Thomas Kuhn en 1962 constituye un parteaguas para el pensamiento contemporáneo, dado que el autor plantea una concepción del quehacer científico, radicalmente diferente a la que hasta ese momento se tenía. Kuhn propone que la ciencia progresa de manera discontinua, esto es, por medio de rupturas que él denomina revoluciones científicas (Ledesma 2000), es decir la ciencia no avanza de manera lineal y gradual. El pensamiento de Kuhn, se estructura con un conjunto de conceptos con los cuales él pretende explicar el desarrollo de la ciencia, de ellos él más importante es el de **paradigma**, concepto o sistema de conceptos teóricos que dominan a una ciencia en cada periodo de su historia, que organiza y dirige la investigación científica en cierta orientación, permitiendo así el surgimiento de ciertas conceptualizaciones e impidiendo el desarrollo de otras; es el conjunto de conceptos centrales que validan y justifican a una disciplina científica en un momento histórico determinado y que son juzgados a su vez por la comunidad científica de su época (Ledesma 2000). Una de las características de los paradigmas es que a su vez generan otras preguntas, dejando cuestiones no resueltas o resueltas de manera incompleta a las que se denomina **enigmas**.

Para Kuhn la ciencia es de dos tipos:

- La ciencia extraordinaria y revolucionaria, que consiste en los periodos en donde surge algún paradigma (desplazando frecuentemente a otro).
- La ciencia normal, periodo en el cual la comunidad científica opera de acuerdo a un paradigma y se dedica a la resolución de los enigmas.

En el constructivismo educativo existen muchas variantes, en un estudio se identificaron 17 variaciones, incluidos el contextual, el dialéctico, empírico, metodológico, moderado, piagetiano, pragmático, radical, etc.,(Matthews 2000). Sin embargo, dentro del constructivismo educativo encontramos tres ramas claramente enmarcadas, estas tienen las siguientes premisas:

- 1) *El aprendizaje es una actividad solitaria.* Autores como Piaget, Ausbel y los que se enmarcan en la Psicología Cognitiva afirman que el individuo aprende al margen de su contexto social.
- 2) *Con amigos se aprende mejor.* La interacción social favorece el aprendizaje mediante la creación de conflictos cognitivos que causan un cambio conceptual. Es decir, el intercambio de información entre compañeros que tienen diferentes niveles de conocimiento provoca una modificación de los esquemas del individuo y acaba produciendo aprendizaje.
- 3) *Sin amigos no se puede aprender.* Esta sería la posición "Vigotskiana" a la cual se ha llamado radical; desde esta posición se mantiene que el conocimiento no es sólo un producto individual sino eminentemente social (Carretero, 1993).

A continuación se presentan tres tablas (1.1, 1.2, y 1.3) que muestran las bases fundamentales del constructivismo en áreas tales como el conocimiento, aprendizaje y enseñanza. En ellas se resalta de manera comparativa la información con la finalidad de presentar una síntesis, de manera que al lector se le facilite su comprensión.

El constructivismo y el conocimiento

Tabla 1.1. Tomada de: (McAvoy y Paparozzi, 1997)

¿Qué es?	¿Qué no es?
El constructivismo se separa de inicio del positivismo y empirismo	El refugio anhelado del positivismo, la posibilidad del conocimiento imparcial, la posibilidad del conocimiento sensorial libre de sus posiciones teóricas, la unicidad de la ciencia como el camino del saber, la visión inductiva del desarrollo teórico, la mente como espejo de la naturaleza.
No se puede decir nada de la realidad última salvo que existe	Los objetos de la percepción son impresiones sensoriales generadas por objetos materiales
Tiene sus orígenes en la teoría piagetiana- kantiana de la mente	El conocimiento científico da un retrato del mundo que corresponde a una realidad absoluta

¿Qué es?	¿Qué no es?
Una filosofía post- Positivista de la ciencia	
Una nueva filosofía de la ciencia	
Los compromisos epistemológicos del constructivismo y la existencia de un mundo exterior al que no tenemos acceso	Conocer es un descubrimiento dentro de un mundo preexistente e independiente que radica fuera de la mente del sujeto
La ciencia como conocimiento público no es un conocimiento generado por un construcción cuidadosa	Los objetos de la percepción son impresiones sensoriales generadas por objetos materiales
No existe un gran libro de la naturaleza que pueda ser consultado para verificar si el modelo o teorías corresponden a una realidad ontológica	El conocimiento objetivo es totalmente independiente de creencias personales o disposición a sentir o a actuar
La verdad es un constructo viable Verdad es viabilidad	La verdad es describir la realidad absoluta
La viabilidad es una forma de dominio consensual	El conocimiento es un descubrimiento de la realidad externa
Una manera de pensar es adecuada si hace lo que esperamos de ella o si no lo hace	
Construimos nuestro entendimiento a través de nuestras experiencias	
El conocimiento es una construcción e invención de la mente humana	

Constructivismo y aprendizaje

Tabla 1.2. Tomada de: (McAvoy y Pappozzi, 1997)

¿Qué es?	¿Qué no es?
Aprender es una actividad constructiva que tiene que ser realizada por los estudiantes	Los niños adquieren el conocimiento internalizándolo del exterior
El significado es creado por el aprendiz como un procesador activo de información	Aprender es transmitir el conocimiento a un aprendiz pasivo
El aprendiz elabora e interpreta la información dada	Aprender es un cambio en el comportamiento
Aprender para los estudiantes es cómo resolver problemas	

Los estudiantes pueden tomar caminos inesperados y poco convencionales hacia una solución que es evidentemente viable	
El niño adquiere conocimiento construyéndolo desde adentro en una interacción con su entorno	
El conocimiento es siempre el resultado de una actividad constructiva	

El constructivismo en la enseñanza

Tabla 1.3. Tomada de: (McAvoy y Paparozzi, 1997)

¿Qué es?	¿Qué no es?
Negociando, construcción de significado y entendimiento	Transmitiendo de información
Proveer un contenido para aprender que apoye tanto la autonomía como las relaciones	Enseñando en términos de estímulos sensoriales provistos por el maestro
Enfatizar en el dialogo, la conversación, discusión y justificación de las opiniones del alumno y el maestro en un ámbito social	Enseñar es vaciar currículum dentro de mentes pasivas
Actuar como un perturbador del equilibrio	
Estimular la exploración estratégica de errores mientras los aprendices aplican y manipulan el conocimiento	Tratar los errores como la habilidad de producir respuestas "correctas" como un juicio cuantitativo del desempeño
Los maestros constructivistas jamás podrán justificar lo que ellos enseñan afirmando que es verdadero	
Lo que pueden afirmar es aquello derivado de ciertas operaciones convencionales	
Uno activa la mente de los estudiantes para construir conocimiento al permitir el enfrentamiento con problemas que ellos mismos escogen	
Los maestros deben mostrar al alumno qué consideran inadecuado y cómo es que ello no funciona	
Los maestros crean, sintetizan e interpretan información	

1.4 Ideas Previas

Las últimas tres décadas del siglo XX fueron para la enseñanza de la ciencia, la época de las concepciones alternativas. Las investigaciones en la didáctica de la ciencia se orientaron, en esos años, al estudio de las ideas de los alumnos sobre fenómenos científicos específicos (Pozo, 1991) como respuesta a las dificultades experimentadas en el aprendizaje de los conceptos científicos, en concreto sobre las ideas (ideas previas) que los estudiantes emplean para interpretar los fenómenos naturales. Es importante señalar que la importancia de los conocimientos previos había sido ya anteriormente sugerida por Barlett en 1932 y en 1955 por Piaget. Esta rama de la didáctica de la ciencia se ha consolidado como una de las más relevantes, algunos autores como Furió (1996), consideran a esta área el “núcleo duro” de la didáctica de las ciencias.

En la investigación de las ideas previas, han confluído diversos autores dedicados a la enseñanza de la ciencia de todo el mundo, dándole diversidad y amplitud, un ejemplo de esto es el nombre con que son llamadas estas ideas de los alumnos, Giordan y de Vecchi 1987, (citado por Pozo, 1991) afirman haber encontrado hasta 28 denominaciones distintas para referirse a las ideas de los alumnos sobre los hechos científicos. Estas cuestiones lingüísticas no son superficiales y muestran las necesarias tensiones en una comunidad de investigación caracterizada por una crisis de crecimiento (Furió, 1996). Así mismo ejemplifica las posiciones existentes en el tema que refleja en último término la posición epistemológica adoptada por cada autor.

Este trabajo llamará a estas ideas de los alumnos, **ideas previas** éstas son construcciones personales de los estudiantes, pueden ser previas a la instrucción o no, y aunque no concuerden con las dadas por la comunidad científica, conviven con el mundo del estudiante y son funcionales en su realidad (Flores, 2000).

La razón para llamarlas ideas previas obedece a que el término establece que son ideas que el sujeto elabora y que no han sido transformadas por algún proceso educativo específico, por ejemplo una estrategia de enseñanza para el cambio conceptual (Flores, y col. 2000)

Las características comúnmente aceptadas de las ideas previas, que constituirán en la terminología de Lakatos, el núcleo firme de este enfoque son las siguientes (Gilbert y Swift, 1985, citados por Pozo):

- ❖ Construcciones personales de los alumnos.
- ❖ Estables y resistentes al cambio.
- ❖ Compartidas por personas de muy diversas características.
- ❖ Universales, llegan incluso a trascender el tiempo, apareciendo en alumnos actuales ideas similares a las elaboradas por filósofos y científicos eminentes de tiempos pasados.
- ❖ Tienen un carácter implícito frente a los conceptos explícitos de la ciencia.

La investigación sobre ideas previas ha mostrado que es posible determinar algunas de sus causas y orígenes. Se pueden sintetizar en 6 rubros (Flores et. al. 2000)

1. Las ideas de los alumnos se encuentran en buena medida reguladas por la percepción.
2. La mayoría de las ideas previas tienen como referente los aspectos visibles de los fenómenos.
3. Las ideas de los alumnos son dependientes de situaciones contextuales locales, es decir, referidas al fenómeno observado.
4. En general, los conceptos a los que aluden las ideas previas están indiferenciados, lo que implica poca precisión y por consiguiente uso poco consistente.
5. Las ideas previas son generadas principalmente a partir de situaciones de cambio y no de aquellas que presentan procesos estáticos o de conservación.
6. El razonamiento que se emplea en forma genérica para las ideas previas es causal directo, esto es, son inferencias simples que involucran una premisa y una conclusión.

Diversos autores han destacado el origen perceptivo de las ideas previas, que las hace estar centradas en lo aparente, en lo observable y en lo que cambia; más que en otras variables o factores no observables que sólo son accesibles por elaboración conceptual. Este carácter fenomenológico sitúa a estas concepciones más cerca del pensamiento concreto, e incluso más cerca del pre-operacional que del de las operaciones formales, las ideas previas, suelen basarse en causalidad simple y lineal (Anderson 1986 en Pozo 1987) y en una definición de los conceptos en términos absolutos más que como una relación entre otros conceptos previamente definidos (Driver, 1988). Junto a este origen sensorial o perceptivo de las concepciones de los alumnos, existen también ideas que proceden del contexto lingüístico y cultural.

La forma en que dichas ideas están organizadas es uno de los campos de estudio de muchas investigaciones. Algunos autores manifiestan que éstas constituyen “estructuras mentales,” otros dicen que constituyen esquemas, y otros piensan que estas concepciones están organizadas en formas de “teorías implícitas” o “teorías personales”. Las implicaciones de las ideas previas han sido numerosas desde las metodológicas hasta la formación de procesos que generan nuevas propuestas educativas como el enfoque de cambio conceptual. Es decir, la transformación de los estados previos del conocimiento a otros con características nuevas (Flores, 2000).

1.4.1 Ideas previas en Biología.

La investigación de las ideas previas en Biología, tiene particularidades que la diferencian de otros campos como la Física. No sólo el número de investigaciones a lo largo de los últimos 10 años es mucho menor, sino que la forma de abordar las interpretaciones de esas ideas previas es diferente. Mientras que en el caso de la Física se centra en el establecimiento de modelos para la construcción de teorías cognoscitivas o epistemológicas que den cuenta de la formación y

transformación de esas ideas previas, en el caso de la Biología, se muestra generalmente una clara tendencia a la sola descripción del estado que guardan los estudiantes y a identificar los problemas de aprendizaje de una manera temática, es decir, cuales temas de la Biología son más complejos que otros (Flores, et. al 2000)

La investigación de las ideas previas en el área de Biología, ha sido menos nutrida que en otras áreas del conocimiento científico, como la Física y la Química. Para la Biología de acuerdo con Wandersee, Mintzes y Novak, (1994) se reportan más de 200 trabajos. En las últimas décadas del siglo XX el número de investigaciones reportadas creció, un ejemplo concreto de esto es el trabajo llamado "Ideas Previas" que contiene un importante reporte de estas correspondientes a las áreas de Biología, Química y Física, esta base alberga 5237 ideas previas de las tres áreas arriba mencionadas que corresponden a todos los niveles educativos; este trabajo se hospeda en la red de redes, la dirección en la que se puede consultar es: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/index.php>. Sin embargo, aún faltan muchas investigaciones que ayuden a la exploración del campo. *Algunas* líneas de investigación que sería importante seguir son: el pasar del nivel descriptivo al de la transformación conceptual; la existente necesidad de encontrar fundamentos teóricos que permitan una interpretación homogénea y fructífera de las ideas previas; los aspectos contextuales y socioculturales ligados a las fuentes de las ideas previas en los estudiantes; investigar sobre los aspectos históricos y filosóficos para contar con mejores elementos de interpretación de la construcción de las nociones de los estudiantes (Flores, et. al 2000).

Los estudios sobre ideas previas en Biología se han categorizado y centrado en cinco áreas: a) concepciones de los estudiantes de la vida, animales y plantas, b) el cuerpo humano, c) reproducción, d) genética y e) evolución, y otros fenómenos biológicos (cadenas alimenticias y aspectos de la célula) (Wandersee, Mintzes y Novak, 1994)

En nuestro país los estudios del tema son escasos, presentando un patrón similar al internacional, en el área de Física están la mayoría de ellos. Sin

embargo, el número de trabajos en el área de Biología ha crecido contribuyendo de manera importante al conocimiento del estado en que se encuentra la investigación educativa (en esta área) en nuestro país.

La investigación que precede éste trabajo, se ha realizado generalmente por estudiantes de postgrado. En nivel licenciatura los estudios realizados en el área de enseñanza de las ciencias son escasos, es pues, la investigación en la enseñanza de la Biología, un campo incipiente en nuestro país que requiere transformación para la mejora de nuestro sistema educativo y del país.

1.5 Cambio Conceptual

Hasta este punto, se ha expuesto qué son las ideas previas, sin embargo es necesario trascender este punto. Como se vio anteriormente las ideas previas de los estudiantes no son fáciles de cambiar por la explicación que el mundo científico ha dado de los fenómenos naturales; una de las razones para que este cambio no se produzca es que éstas resultan adecuadas para interpretar la realidad del aprendiz.

Para Pozo (1987), la idea básica del constructivismo es que aprender y enseñar implica la transformación de la mente de quien aprende. Por lo tanto, el aprendizaje de los conocimientos científicos implica una transformación conceptual. El aprendizaje sólo se logrará cuando el estudiante haya construido una nueva representación y un nuevo significado de los conceptos, o bien haya elaborado un esquema conceptual que le permita **integrar** y **relacionar** los conceptos nuevos con sus experiencias y conocimientos previos. Bajo este marco, las personas conocemos el mundo no de un modo directo sino a través del filtro impuesto por nuestras ideas y expectativas, “vemos las cosas no como son, sino como somos nosotros” (Koffka, citado por Pozo, 1991).

Es de esta manera que siguiendo el camino del constructivismo, en la década de los ochenta autores como Posner, Strike, Hewson y Gertzog, (1982), articularon una teoría que pretende describir y explicar las dimensiones sustantivas del proceso por el que las personas cambian sus conceptos centrales,

sus organizadores, desde un conjunto de conceptos a otro incompatible con el primero. A esta se le ha llamado Teoría del Cambio Conceptual.

Posner, *et. al.* (1982), postularon que la mayor fuente de hipótesis relativas al cambio conceptual es la filosofía contemporánea de las ciencias, dado que una cuestión central de esta filosofía es cómo los conceptos cambian con el impacto de las nuevas ideas o de las nuevas informaciones (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982). Los puntos de vista contemporáneos de la filosofía de las ciencias sugieren que existen dos fases diferenciables en el cambio conceptual en ciencias. Por lo general el trabajo científico se hace sobre el fondo de compromisos centrales que organizan la investigación. Estos compromisos centrales son los que definen los problemas, indican las estrategias a utilizar para tratar con ellos y especifican los criterios para dar aquello que se ofrece como solución.

Kuhn, denomina dichos compromisos centrales como paradigmas y a la investigación dominada por dichos paradigmas como “ciencia normal” (Posner, *et. al.* 1982). Irme Lakatos denominó los compromisos centrales de los científicos como su “esencia teórica pura” y sugiere que dichos compromisos generan “programas de investigación” diseñados para aplicarlos y defenderlos de la experiencia. La segunda fase del cambio conceptual sucede cuando estos compromisos centrales necesitan alguna modificación. En este caso el científico se enfrenta con un reto a sus supuestos básicos. Si debe llevar a cabo la investigación, el científico debe adquirir nuevos conceptos y una nueva forma de ver el mundo. Como lo llamó Kuhn revolución científica. Para Lakatos constituyen un cambio en los programas de investigación (Posner, *et. al.* 1982).

Posner, *et. al.*, (1982), consideran que existen pautas análogas entre el cambio conceptual científico y el aprendizaje. Esto es, que conciben el aprendizaje como un cambio paradigmático del mismo tipo que el que propone Kuhn para explicar la sustitución de unas teorías científicas por otras. Según esta propuesta, aprender ciencia significa sustituir un paradigma basado en las ideas previas por otro nuevo acorde con las ideas científicas. El aprendizaje de las ciencia es, para estos autores, una actividad racional que pasa por un proceso similar al de la

investigación científica; trata en ambos casos de un cambio conceptual (Nieda y Macedo, 1997). A veces los estudiantes utilizan conceptos ya existentes para trabajar con nuevos fenómenos, a esta variante de la primera fase del cambio conceptual la denominan *asimilación*, sin embargo, a menudo los conceptos preexistentes o ideas previas en los estudiantes son inadecuados para permitirle captar los fenómenos satisfactoriamente, entonces el estudiante debe reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales. A esta forma más radical de cambio conceptual le denominan *acomodación*. Existen algunas condiciones que deben cumplirse antes de que suceda la acomodación:

1. Insatisfacción con las concepciones existentes, es decir que ante determinadas situaciones concretas las ideas no resulten de utilidad para afrontarlas con éxito.
2. La nueva concepción debe ser inteligible
3. La nueva concepción, inicialmente, debe aparecer como verosímil
4. El nuevo concepto debe sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.

El modelo de cambio conceptual propuesto por Posner, et. al (1982), parte de que la idea previa y la nueva son incompatibles. Sin embargo, existen algunos casos en los que las ideas de los estudiantes evolucionan o se amplían a lo largo de la escolarización, como sucede en algunos casos de la Biología. Por esta razón Hewson (citado en Jiménez, 1991), propone ampliar el modelo de cambio conceptual al caso en que las ideas previas y las nuevas puedan conciliarse, y llama a esta modalidad *captura conceptual* o **aprendizaje significativo**.

Ausbel (1963), acuña el concepto de aprendizaje significativo para distinguirlo del repetitivo o memorístico y señala el papel fundamental que juegan los conocimientos previos del alumno en la adquisición de nuevas informaciones. Para el autor dicho aprendizaje es el proceso que ocurre en el interior del individuo, donde la actividad perceptiva le permite incorporar nuevas ideas, hechos y circunstancias a su estructura cognoscitiva; a su vez, matizarlas exponiéndolas y evidenciándolas con acciones observables, comprobables y

enriquecidas luego de cumplir con las actividades derivadas de las estrategias de instrucción, planificadas por el mediador y/o sus particulares estrategias de aprendizaje. Según Ausbel en el aprendizaje significativo el estudiante logrará relacionar la nueva tarea de aprendizaje, en forma racional y no arbitraria con sus conocimientos y experiencias previas, almacenadas en su estructura cognoscitiva. De ahí que estas ideas, hechos y circunstancias son comprendidos y asimilados significativamente durante su internalización. El aprendizaje significativo puede darse por recepción y por descubrimiento. El aprendizaje significativo por recepción es aquel donde el total del contenido que debe ser aprendido por el estudiante se le presenta en su forma final. Aquí, el estudiante tiene como tarea comprender e incorporar la nueva información a su estructura cognoscitiva. (Mata, 2003)

Para este enfoque del aprendizaje significativo, la *significatividad* sólo es posible si se relacionan los nuevos conocimientos con los que ya posee el sujeto. El autor dice que el aprendizaje por descubrimiento y la enseñanza mecánica repetitiva tradicional son muy poco eficaces para el aprendizaje de las ciencias. Propone la necesidad de diseñar para la acción docente lo que llama organizadores previos, que son una especie de puentes cognitivos o anclajes, a partir de los cuales los alumnos pueden establecer relaciones significativas con los nuevos contenidos. Defiende un modelo didáctico de transición-recepción significativo, que supere las deficiencias del modelo tradicional, al tener en cuenta el punto de partida de los estudiantes y la estructura y jerarquía de los conceptos (Nieda y Macedo, 1997)

Ausbel defendió tres condiciones básicas para que se produzca el aprendizaje significativo:

- Que los materiales de enseñanza estén estructurados lógicamente con una jerarquía conceptual, situándose en la parte superior los más generales, inclusivos y poco diferenciados.
- Que se organice la enseñanza respetando la estructura psicológica del alumno, es decir, sus conocimientos previos y sus estilos de aprendizaje
- Que los alumnos estén motivados para aprender (Nieda y Macedo, 1997).

El aprendizaje significativo se puede producir de varias formas a partir de las ideas previas:

- Por medio de estrategias que Hewson (1981) llama de intercambio en el caso de que las ideas previas y las nuevas sean irreconciliables.- como parece ser el caso de las interpretaciones en el cambio biológico-. Ya que si no se produce el cambio, coexisten (memorización repetitiva).
- Por medio de estrategias que Hewson (1981) llama de integración, es decir diferenciación, extensión o ampliación de las ideas previas. Esto supone una reconciliación entre la idea previa y la nueva, lo que implica que hay relaciones significativas entre ambas, que pueden ser consistentes y no se contradicen a esto se le denomina captura conceptual (Jiménez, 1991).

Una de las críticas importantes que se ha hecho al modelo "ausbeliano" es el reduccionismo conceptual, así mismo, muchos investigadores cuestionan su pertinencia sobre todo en edades tempranas. De igual manera es señalado, dicho modelo, por considerar que no es capaz de resolver los problemas asociados a la persistencia de las ideas previas.

Strike y Posner (1995) presentaron una modificación a su teoría inicial de cambio conceptual (1982), sugieren que su primera teoría puso demasiado énfasis en el aspecto racional y descuidó los aspectos sociales y afectivos del cambio conceptual. De esta manera proponen un intervalo más amplio de factores que afectan el cambio conceptual. Otro aspecto importante de la revisión que hacen los autores, concierne a la ecología conceptual de los estudiantes. Dicha propuesta "ecologías conceptuales" fue desarrollada por Toulmin (1972), quien enfoca su análisis a los procesos de transformación del conocimiento. Considera que dichos procesos son de carácter gradual, no hay saltos, no hay revoluciones; y por ello propone una epistemología evolutiva, que desde su punto de vista da cuenta de la modificación del saber humano (Ruiz y Ayala, 1998). Este autor establece una analogía entre el desarrollo del conocimiento y la evolución de los seres vivos, plantea que la evolución conceptual puede tomar como modelo o patrón de comparación la evolución de las poblaciones orgánicas; por lo que

sostiene que: “El conocimiento avanza gradualmente a partir de la selección de variantes teóricas” (Ruiz y Ayala, 1998).

Strike y Posner (1995) postulan que, inicialmente se descuidaba la interacción de las concepciones previas y las nuevas, los autores ahora solicitan que los puntos de vista de las “ecologías conceptuales” se enfoquen en el desarrollo y la interacción. Así, concluyen que su “visión del cambio conceptual deberá ser más dinámica y enfocada al desarrollo, haciendo énfasis en los patrones variables de influencia mutua entre los distintos componentes dinámicos de una ecología conceptual cambiante” (Strike y Posner, 1995).

Las críticas a la teoría de cambio conceptual proveen un marco teórico para desarrollar acercamientos adecuados en la enseñanza de la ciencia. En palabras de Duit (1999), la teoría del cambio conceptual, ya no es la inicial, los investigadores en enseñanza de la ciencia, que se refieren al trabajo original, interpretan la teoría desde una perspectiva diferente a la que tenían los investigadores en la década de los ochenta.

Se hizo obvio que no sólo las ideas previas de los estudiantes son factores determinantes de cambios conceptuales, sino también otro tipo de concepciones como las concepciones de ciencia, la filosofía de los estudiantes respecto a las ideas científicas, concepciones de enseñanza y aprendizaje (concepciones meta cognitivas) y también formas de ser y creencias emocionales. El cambio conceptual a nivel múltiple es necesario porque tanto estudiantes como maestros tienen puntos de vista muy limitados de la naturaleza de la ciencia y la meta cognición (Duit, 1999). Se ha superado la idea de propiciar cambios conceptuales parciales, ya que los alumnos no manejan sólo conceptos diferentes a los científicos, sino que utilizan verdaderas teorías alternativas. Cada vez se constata que el desarrollo cognitivo no se produce al margen de las variables afectivas, sociales y motivacionales (Nieda y Macedo, 1997)

En el desarrollo de la enseñanza de la ciencia de los últimos años el cambio conceptual ocupa, sin lugar a duda, un lugar importante (Flores, 2004), sin embargo, no se cuenta aún con una teoría que satisfaga todas las interrogantes que se presentan. Así mismo existen varios modelos de cambio conceptual, aquí

se retoma la propuesta pionera de Strike y Posner (1985) ya que enmarcan de manera general los posteriores modelos de cambio conceptual (Flores, 2004).

Capítulo 2: EVOLUCIÓN Y ENSEÑANZA

Una de las grandes tareas de la humanidad ha sido explicar la naturaleza de la “vida”. La rama del conocimiento que se ha dedicado a esto ha sido la Biología.

Esta disciplina tiene un origen muy reciente: mediados del siglo XIX, cuando la historia natural que había dedicado grandes esfuerzos a describir detalladamente plantas y animales, se convierte en una Biología que pretende explicar los procesos y los fenómenos biológicos (Jiménez, 2003). El término Biología se introdujo en la literatura hacia 1800, en las obras de Lamarck, Treviranus y Burdach (Mayr, 1998). Sin embargo, en un principio no existía un campo de investigación que mereciera este nombre. No obstante el término indicaba una intención o un objetivo, y representaba un cambio respecto a los estudios estrictamente descriptivos y taxonómicos, a favor de un mayor interés por los organismos vivos (Mayr, 1998).

La Biología, en su estado actual, es una ciencia extraordinariamente diversificada, esto se debe a que estudia organismos enormemente variados, así como abarca muchos niveles jerárquicos, más las interacciones y la organización de los organismos en familias, comunidades, sociedades, poblaciones, especies, etc. Cada nivel de actividad y organización constituye un campo de estudio especializado con nombre propio. Pero además, la Biología tiene una amplia gama de aplicaciones, cada rama tiene su propio conjunto de teorías, su estructura conceptual, sus libros de texto, publicaciones y sociedades científicas (Mayr, 1998).

2.1 Historia del pensamiento evolutivo

La Teoría de la Evolución ocupa un lugar central en la Biología, de hecho, juega un papel fundamental en la unificación e integración del conocimiento biológico, (Jiménez, 2003); como postuló Dobzhansky (1973). “Nada en la Biología tiene sentido, si no es a la luz de la evolución”.

Abordar el problema del surgimiento del pensamiento evolucionista, plantea una sistematización de diferentes enfoques y propuestas a este respecto, lo que implica una periodización:

1ª etapa: El precientífico, que abarcaría desde la antigua Grecia hasta el siglo XVIII

2ª etapa: El transicional, que implica los conceptos que prevalecieron en el siglo XVIII y parte del XIX.

3ª etapa: El científico, que se inauguraría con la publicación de la obra de Charles Darwin, y que conduce a la formulación de la teoría sintética de la evolución en el siglo XX (Ledesma, 2000).

1ª etapa: El precientífico

La raíz de las concepciones filosóficas y científicas acerca de la vida sobre la Tierra (su origen, organización, la estabilidad de las formas vivientes, etc.) se ubica en los inicios de la historia de la humanidad (Sarukhán, 2000).

La primera etapa, o periodo precientífico, nos remonta a la antigua Grecia. Mucho se ha mencionado acerca del origen del pensamiento evolutivo, es decir, el problema de la evolución es muy antiguo, y ciertos textos de la historia de la ciencia, remontan el problema de la evolución orgánica hasta Anaximandro (siglo VI a.C.); sin embargo más que una anticipación a una concepción evolucionista, obedece a una lógica distinta, a una visión congruente con esa búsqueda del origen de la realidad como totalidad. Los filósofos presocráticos, en su mayoría, tuvieron una gran preocupación por conocer el origen de todas las cosas, de la realidad entendida como totalidad, así como por entender los cambios en ella; creían en el movimiento y el devenir como un principio fundamental de la

naturaleza, que ellos concibieron en incesante fluir, lo que es muy diferente a pensar en términos de lo que será el evolucionismo que se conceptualizó en el siglo XIX (Ledesma, 2000). Los filósofos griegos tuvieron, en su mayoría, una visión naturalista y materialista, razón por la cual pensaban que había un origen de las cosas, pero esto no se puede considerar evolucionista en el sentido biológico, pues se carece de una clara noción de tiempo, de la vida, así como de qué es una especie biológica.

Tratar de explicar todos los conceptos y teorías actuales remontándose ancestralmente a los griegos forma parte de una tendencia muy depurada hacia buscar los inicios de todo en el pasado, lo cual concuerda con una visión continuista de la ciencia (Ledesma, 2000).

La preocupación de esta etapa precientífica se centra en el origen de la realidad en su conjunto, y en cuanto a los seres vivos se explica, la generación de éstos, vista como algo simultáneo, tanto de los organismos que existen aquí y ahora, mediante la generación espontánea o generación reproductiva; o bien, de la aparición inicial de los seres vivos como consecuencia de un evento único: teogonía (relato en el que se expone el origen o nacimiento de los dioses), zoogonía (teoría que explica la aparición de los primeros seres vivos, a partir del limo) o creación divina. Si se hablara de origen sería un origen sin evolución (Ledesma, 2000).

Todas las culturas humanas tienen mitos sobre el origen del mundo, del hombre y de las demás creaturas. La tradición judeocristiana, como ejemplo de la más difundida, atribuye el origen de los seres vivos a su creación por un Dios omnipotente, quien proveyó a los pájaros de alas para que pudieran volar, a los peces de agallas y aletas para vivir en el agua, y al hombre de inteligencia para dar culto a su creador (Ayala, 1998). La historia de la creación del Génesis es un prototipo de este concepto de origen y muchas de estas historias acerca de la generación tienen en común la idea de que la creación fue un acto único y definitivo, lo cual deriva en una concepción estática y atemporal del mundo (Ledesma, 2000). El creacionismo, corriente del pensamiento religioso que sostiene que el Universo, en el que se incluye a nuestro planeta y los seres que lo

habitamos, fue creado por un acto especial divino, representó, por siglos, la única explicación válida y aceptada por la civilización judeocristiana, acerca de la vida en la tierra.

La idea aceptada en las sociedades europeas acerca de la Tierra, además de su juventud era que ésta permanecía inmutable desde su creación, excepto por las modificaciones generadas en su superficie a causa del diluvio universal. La idea que se tenía de los seres vivos era que los animales y plantas que vemos son los mismos que aparecieron sobre la faz de la Tierra el día de la creación y, que fueron “bautizados” por Adán y rescatados en parejas por Noé en su gran arca (Sarukhán, 2000).

Esta etapa “precientífica” abarca la edad media que se caracterizó por estar dominada por el pensamiento aristotélico, así como por las nociones fijistas sustentadas en el esencialismo (creencia en que la diversidad de la naturaleza se puede reducir a un número limitado de clases básicas, que representan tipos constantes y bien delimitados: pensamiento tipológico, Mayr, 1998). Sin embargo, durante este periodo algunos pensadores, como Francis Bacon (1561-1626), tuvieron la idea de mutabilidad en las especies. Así como Leibnitz (1646-1716), quien sugirió que las especies están sometidas a cambios.

2ª etapa: El transicional

En el ámbito laico, de los siglos XVII y XVIII, se empezaron a gestar otras ideas, que no escapaban a las restricciones impuestas por el pensamiento religioso. Surgió el Deísmo, corriente del pensamiento impulsada por la iglesia y dominante por mucho tiempo, que sostenía un vínculo “racional” de Dios con todas las criaturas, vínculo susceptible de comprensión por la raza humana. El deísmo proponía una visión optimista de la naturaleza, en que la armonía total entre los seres era el principio regulador, así como una concepción antropocéntrica según la cual todo lo creado por Dios era útil y por lo tanto era ofrecido para uso del hombre (Sarukhán, 2000). Coexistió otra postura a la cual se le llamó Progresionismo, ésta gozaba de más elementos laicos, proponía la existencia de

una “cadena de los seres”, en la cual cada eslabón era el resultado de un acto especial de creación divina. Esta corriente fue muy popular durante el siglo XVIII y parte del XIX (Sarukhán, 2000)

Como ya se expuso el pensamiento teológico dominó durante los siglos XVII, XVIII y XIX, todas las actividades intelectuales, incluidas las de naturaleza científica. En los tiempos que precedieron a Darwin la creencia de un mundo constante y joven prevalecía en la mente de muchos, tanto en filósofos como en hombres comunes, sin embargo, esta visión cristiana del mundo se había debilitado debido a una serie de avances científicos: la revolución copernicana, las investigaciones de los geólogos que revelaron la gran edad de la tierra y el descubrimiento de fósiles de animales extintos. De esta manera se crearon nuevas teorías que durante mucho tiempo coexistieron con el relato bíblico de la creación.

Al término del siglo XVIII, el interés creciente de los naturalistas por conocer la enorme diversidad de la naturaleza que se abría ante sus ojos había acumulado una serie de interrogantes que exigían explicación, por ejemplo, no había una respuesta convincente en el esquema conceptual del momento al origen de la diversidad biológica y la razón de su ordenamiento en lo que parecía ser un sistema natural. Así mismo, no había explicación a las causas de las aparentes extinciones masivas de organismos, el creacionismo era cada vez menos satisfactorio como fuente de explicación de las interrogantes, existiendo condiciones para un cambio profundo.

La etapa transicional, siglo XVIII y XIX, fue muy fructífera e importante, ya que surgieron propuestas diferentes que repercutieron de manera fundamental en lo que Darwin propondría como la Teoría Evolutiva. Uno de los precursores del evolucionismo en el siglo XVIII fue Buffon (1707-1788), quien fuera uno de los científicos más importantes de la ilustración francesa, ya que propuso ideas completamente contrarias a la imagen del mundo, “esencialista – creacionista”, que imperaba en su época. Sus ideas inspiraron a otros, como Diderot (1713-1784), Blumenbach 1752-1840, Herder (1744-1803), y Lamarck (1744-1829) (Mayr, 1988).

En la mente de Buffon se cristaliza una de las visiones más completas del conocimiento de la naturaleza de su época, él se esforzó en descifrar el origen y la evolución de la tierra de acuerdo con los conocimientos científicos de entonces, fue uno de los primeros en tener conciencia de la función del tiempo en la formación del planeta y de lo que en él se encuentra (Ledesma, 2000). Uno de los aportes más importantes con el que Buffon contribuyó a la historia del pensamiento evolutivo fue el afirmar que, la Tierra había sufrido cambios profundos en el transcurso de grandes espacios de tiempo, que los climas habían cambiado y que la flora y la fauna habían aparecido en un cierto orden. A todo eso hay que añadir que Buffon fue de los primeros en señalar taxativamente que muchos restos fósiles corresponden a especies extintas (Templado, 1988). Se podría pensar que estaba dispuesto a captar las doctrinas evolucionistas, sin embargo esto no se puede asegurar, y es material de diversas interpretaciones de los distintos autores que han estudiado su obra (Templado, 1988). Se propone que en un principio tendió hacia un evolucionismo cósmico; sin embargo, en 1753 pareció declararse a favor de la constancia de las especies, y más adelante se decidió por un evolucionismo restringido con su hipótesis de la “degeneración” (Templado, 1988). Otro aporte importante de Buffon fue que en contraposición a la obra de Linneo, la de él da una visión de la naturaleza mucho más dinámica. Buffon influyó de modo muy notable en la trayectoria científica de Lamarck (Templado, 1988), siendo este último su aprendiz.

Es importante mencionar que Buffon no plantea la noción de progreso evolutivo, sin embargo si está claramente enunciado un principio de transformación, en el que el tiempo es fundamental, así, la Tierra dejó de ser una entidad estática desde que fue creada, para tener una historia, con épocas y una edad, que se derivan de una sucesión de catástrofes y transformaciones ocurridas en periodos largos, lo cual ya no concuerda con el relato bíblico, que reconoce como única perturbación el diluvio universal (Ledesma, 2000). Éste es el origen del pensamiento transformista, que es una tendencia que se desarrolló durante la segunda mitad del siglo XVIII. El transformismo sostiene que no siempre han existido las formas actuales, sino que son el resultado de

transformaciones lentas e irreversibles a partir de formas más antiguas, las cuales se dan a lo largo de generaciones de manera natural (Ledesma, 2000).

Otro científico que influyó de manera importante en la historia del evolucionismo en el siglo XVIII fue Maupertuis (1698-1759). Este autor realizó estudios de temas diversos, enfocados a los mecanismos de la reproducción y de la herencia, observó la aparición de cambios bruscos o mutaciones en los organismos y llegó a entrever el principio de la selección natural con relación al origen de las especies (Templado, 1988). Maupertuis consideraba que las variedades humanas, lo mismo que las razas de animales, se han producido por cambios bruscos que luego se han conservado. Es así que se puede nombrar a este autor como un transformista quien, basándose en su teoría de la herencia y de la generación, invoca una producción fortuita de variaciones y la manera en cómo perdurarían éstas por medio de un proceso similar a la selección natural (Ledesma, 2000). Es importante recalcar que el pensamiento de Maupertuis fue verdaderamente una concepción transformista que se acercó mucho a lo que más adelante se llamó mutacionismo. (Templado, 1988).

Sin lugar a dudas, la transición del siglo XVIII al XIX fue para la Biología un gran paso, ya que las ideas acerca de un mundo en cambio se enfatizaron y viejas estructuras, como el creacionismo y el fijismo perdieron adeptos. El que presidió dicho crecimiento fue Jean Baptise Lamarck (1744-1829), eminente científico francés. Inventó la palabra Biología en 1802 en su obra titulada "Investigación sobre la organización del cuerpo viviente", así como el término invertebrado. Lamarck realizó uno de los aportes más grandes a la Biología: desarrolló la primera teoría coherente de la evolución (Ledesma, 2000).

Lamarck aceptaba la perspectiva iluminista de su tiempo: los organismos vivos presentaban una progresión de menos a más avanzado, con los humanos en la cumbre del proceso, a partir de esta idea, propuso en los primeros años del siglo XIX una Teoría de la Evolución biológica (transformación), la primera que es detallada, extensa y consistente. Según Lamarck, los organismos evolucionan de manera necesaria a través del tiempo, en un proceso que va de formas menos complejas a formas más complejas, este se repite incesantemente. Sobrepuestas

al proceso necesario de evolución gradual ascendente, se dan modificaciones en los organismos en tanto que éstos se adaptan a su ambiente debido al cambio de sus hábitos, el uso de una estructura o de un órgano lo refuerza, el desuso lleva a su eliminación gradual, las características adquiridas por uso y desuso, de acuerdo con esta teoría, son heredadas. Esta idea, posteriormente llamada herencia de caracteres adquiridos, fue ampliamente rechazada en el siglo XX (Ayala, 1998).

A pesar de la visión integral y de la búsqueda de las propiedades generales de los organismos, Lamarck enfatizó que los animales y los vegetales tienen profundas diferencias y por ello no existe una cadena continua que una a todos los seres orgánicos. Entre los animales y las plantas (y los minerales), existía para Lamarck, “una línea de demarcación clara”. Por esta razón rechazó repetidas veces como “invenciones de la imaginación” a los seres intermedios llamados zoófitos (planta-animal), en los que creían muchos naturalistas del siglo XVIII.

Para este autor las plantas representaban el grupo menos perfeccionado, eran pasivas y estacionarias, mientras que los animales resultaban activos y móviles al reaccionar a los estímulos, las plantas lo hacían con lentitud y no poseían órganos internos diferenciados (Ledesma, 2000)

Lamarck sostiene, en su obra magna, la Filosofía Zoológica que todos los seres vivos son producto de la naturaleza, que a través de la generación espontánea ha producido de manera directa sólo a los seres más sencillos e imperfectos, a los que llama infusorios, a partir de distintos infusorios, como si se tratara de líneas paralelas, nunca convergentes, se habrían producido sucesivamente los demás seres, culminando con los mamíferos que serían los más complicados y perfectos (Ledesma, 2000). En su lógica, la clasificación se encuentra determinada por la organización y ésta conducirá a la transformación de las especies hacia el perfeccionamiento. Lamarck vincula en su pensamiento el funcionamiento, y por ende la organización corporal con una tendencia al perfeccionamiento que determinará los distintos tipos corporales y como consecuencia a la existencia de las diferentes especies (Ledesma, 2000). Siendo el concepto central del lamarckismo la tendencia intrínseca al perfeccionamiento.

Para Lamarck, el medio ambiente no dirige la transformación de los organismos, sino que ésta se encuentra ya determinada por su propia naturaleza, la tendencia intrínseca hacia el perfeccionamiento será el factor determinante de la evolución orgánica, y el ambiente tan sólo tendrá el papel de modularla o conducirla hacia tal o cual sentido (Ledesma, 2000)

Generalmente se repite que Lamarck explica la evolución de los seres vivos por la acción de las circunstancias o del medio externo, sin embargo, para él dicha evolución está asegurada por las mismas propiedades de los seres vivos, por su organización y las circunstancias; el medio no hace sino perturbarla modificando las necesidades del animal, del que se deriva la adquisición de nuevas costumbres que actuarán sobre su organización. En consecuencia, Lamarck sostenía que los cambios producidos por el uso o la falta del uso de las partes constitutivas de los organismos podrán preservarse y amplificarse, siempre y cuando mantengan su acción, así como, las mismas circunstancias durante varias generaciones sucesivas, pues el organismo no se modificará por completo en el curso de una vida individual, por lo que se requiere que se hereden a la descendencia las características adquiridas. Es decir que los cambios se acumulan de generación en generación y que a la larga conduzcan a la progenie transformada.

La idea lamarckista de transformación posee un carácter en verdad novedoso y conjuga aspectos eminentemente físicos, con una visión integral de la organización del cuerpo viviente (Ledesma, 2000). Darwin menciona, en la tercera edición de "El origen de las especies", la primacía de Lamarck referente al pensar en una evolución de los seres vivos basada en leyes naturales, sin la intervención de milagros y señalando que fue el primero que despertó una especial atención por sus conclusiones en cuanto a la evolución (Ledesma, 2000).

Aunque la teoría lamarckista no resistió el avance de los nuevos conocimientos, es preciso señalar que la obra de Lamarck ha sido constantemente mal interpretada y tergiversada, sus ideas se han manejado de manera prejuiciada y han sido objeto de interpretaciones erróneas, en gran parte por la falta de una visión integral del pensamiento biológico (Ledesma, 2000). Sin lugar a dudas, la

Teoría Evolutiva de Lamarck, contribuyó de manera importante a la aceptación gradual de la evolución biológica (Ayala, 1998).

Otro personaje fundamental en el desarrollo del conocimiento biológico en los siglos XVI-XVII fue Cuvier (1769-1832), el cual sostuvo una visión fijista según la cual, tanto la naturaleza como las especies vivas son una realidad definitiva y acabada: los seres vivos son formas inalterables, siendo como fueron diseñadas desde su comienzo. Esta visión lo mantuvo alejado del pensamiento transformista. Cuvier estableció el “Principio de correlación de las partes”, el cual se basa en un hecho evidente: en todo ser vivo los órganos que lo forman no funcionan como entidades aisladas, sino como partes integrales de un conjunto orgánico; entre ellas existen ciertas relaciones fundamentales, del mismo modo que también existen entre los órganos y el modo de vida de un animal. Las plumas por ejemplo, se encuentran en las aves y nunca en otros animales, su presencia guarda relación con la estructura de los miembros anteriores transformados en alas, las cuales a su vez determinan ciertas modificaciones en las clavículas y en del esternón, etc. Dicho principio le fue muy útil a Cuvier para desarrollar los estudios paleontológicos, ya que los fósiles son normalmente restos fragmentarios. El estudio de los fósiles alcanzó con Cuvier el rango de una verdadera ciencia, la Paleontología.

De sus investigaciones sobre los vertebrados fósiles dedujo que había tenido lugar una sucesión de faunas distintas, sin formas de paso entre ellas, en el transcurso de los tiempos: propugnó que grandes cataclismos geológicos habrían ocasionado la extinción casi total de las especies que en ese momento habitaban la Tierra, sustituidas posteriormente por otros conjuntos de especies de organización más avanzada. Cuvier no creyó que hubiese ocurrido una creación especial consecutiva a cada catástrofe, afirmaba que la tierra había sido repoblada con las especies remanentes que sobrevivieron a la devastación (Ledesma, 2002). De aquí surgió la hipótesis de las creaciones sucesivas, que desarrollaron sus discípulos. Sostenía que, los animales están constituidos de acuerdo con determinados planes de organización; distinguió cuatro tipos principales que fueron: vertebrados, moluscos, articulados (anélidos y artrópodos) y radiados. De

las conclusiones basadas en estos estudios, que con convicción defendió a lo largo de su vida, fue la diversidad de planes estructurales en el mundo animal, planes que son independientes e irreducibles entre sí. De acuerdo con esta concepción necesariamente debía refutar cualquier teoría que afirmase la unidad o continuidad de la escala animal, ya fuese en el espacio o en el tiempo. Por lo tanto es lógico, que Cuvier atacara las doctrinas de tipo evolucionista y su víctima propiciatoria fue Lamarck (Templado, 1988). Cuvier fue el fundador de la disciplina que hoy conocemos como Paleontología. Una de las aportaciones más importantes de fue el establecer las extinciones como un hecho biológico (<http://evolution.berkeley.edu/>).

3ª Etapa: El científico

Entre los paradigmas globales que definen la constitución de la Biología como una ciencia, tiene un lugar preponderante la Teoría de la Evolución, puesto que permite la unificación de la disciplina como un cuerpo conceptual coherente y puede decirse, sin lugar a duda, que constituye el eje central del pensamiento biológico actual (Ledesma, 2000).

Charles Darwin nació en Shrewsbury, Inglaterra, en 1809, hijo de Robert Darwin famoso médico y nieto de Erasmus Darwin, naturalista y filósofo, quien tuvo preocupaciones evolucionistas. Charles Darwin, descubrió su interés en la ciencia al ser alumno de John Stevens Henslow, (Howard, 1987), su maestro de Botánica, a través del cual fue seleccionado como naturalista para viajar en el barco "El Beagle", viaje que marcaría su vida y determinaría su carrera. El viaje duró cinco años durante los que recorrió una gran cantidad de kilómetros, zarpó de Inglaterra, pasando por las costas de la Península Ibérica y cerca de África hasta Sudamérica y luego rumbo a Oceanía, recorriendo Nueva Zelanda y Australia, surco el sur de África y de ahí viajó hacia la costa del Amazonas en Sudamérica, para subir y regresar al África hacia Inglaterra. A su regreso, Darwin redacta el diario de su viaje, publicó diversos trabajos de Geología, particularmente acerca de la formación de los corales y las islas volcánicas (Ledesma, 2000). En julio de 1837 empezó su primer libro de notas acerca de la

transmutación, convencido ya que la evolución era un hecho, Darwin emprendió la búsqueda de una teoría para explicar su mecanismo (Ledesma, 2000). Charles Darwin murió el 11 de septiembre de 1882.

2.2 Desarrollo de La Teoría Evolutiva de Charles Darwin

El proceso del surgimiento de la Teoría Evolutiva darwiniana es un interesante ejemplo de cómo se construyen las teorías y del modo en que se articulan distintos elementos de manera compleja para llegar a un resultado conceptual (Ledesma, 2000). En el caso de la Teoría Evolutiva, la visión idílica de la ciencia exalta las consideraciones inductivistas que son, más fáciles de entender y asimilar por el grueso de las personas e incluso por los propios científicos. De hecho muchos han sostenido que el elemento fundamental de Darwin para llegar a su concepción, fue el viaje en el Beagle (Ledesma 2000). La construcción de la teoría darwiniana no es sólo producto del viaje sino también de otros elementos, tales como: la lectura de “El principio de la población” de Malthus, la lectura de “Principios de Geología” de Lyell, el ambiente social de aquellos años en Inglaterra y la selección artificial por criadores (Ledesma 2000). El viaje del Beagle le permitió a Darwin un espacio en el cual pudo pensar libremente, así como, retomar la emoción que le causaban sus pensamientos y alejarse de la vida universitaria, la cual, al parecer, no era estimulante para él. Cuando regresó a Londres después del viaje en el Beagle sin haberse planteado ninguna Teoría Evolutiva, se dio a la tarea de reflexionar y analizar, para confirmar y explicar sus suposiciones y sospechas acerca de la evolución (Ledesma 2000). Numerosas afirmaciones en los escritos de Darwin confirman que a partir de la primavera de 1837, creía firmemente en el origen gradual de nuevas especies por medio de la especiación geográfica y en la Teoría de la Evolución a partir de un origen común, pero habría de pasar otro año y medio antes de que Darwin hallara el mecanismo de la evolución, el principio de la selección natural (Mayr, 1992).

2.2.1 La lectura de los “*Principios de Geología*”

Darwin elige como lectura de su viaje en el Beagle “Principios de Geología”, escrito por Charles Lyell (1797-1875). Muchos autores hablan de lo importante que fue para Darwin viajar con los apuntes de Lyell, sin embargo, Darwin escribió durante el viaje que había conceptos que no entendía y que por lo tanto no podía aplicar de manera directa (Ledesma, 2002). Sin embargo, la lectura de los “Principios de Geología” (1832), proporcionó a Darwin un curso avanzado de Geología uniformista, así como una introducción a los argumentos de Lamarck a favor, y los argumentos de Lyell en contra del pensamiento transformista (Mayr, 1992).

Lyell fue el fundador de la Geología y, mediante el uniformitarismo, teoría que afirma que todos los cambios de la naturaleza son graduales, y en especial los geológicos, (Mayr 1998), trató de explicar dichos fenómenos por medio de causas que se podían observar en el presente, y que habían sido siempre uniformes. Por uniformidad de las causas Lyell entendía no solamente que los mismos agentes geológicos, como la lluvia y las corrientes fluviales, los terremotos o la actividad volcánica, habían operado en el pasado como lo hacían en el presente, sino también que la frecuencia y la intensidad de la acción de esos agentes nunca había variado. Su visión del pasado era la de una infinita variación sin sentido alguno, de una incesante repetición de procesos de emersión y erosión de continentes. En congruencia con esta visión, Lyell negaba que la Geología pudiera demostrar un proceso de cambio de la superficie terrestre con cierta dirección, o a partir de un estado inicial sustancialmente diferente del presente (Sarukhán, 2000).

No hay duda que la controversia entre los proponentes del uniformitarismo y del catastrofismo fue mucho más compleja que la mera confrontación de opiniones respecto a la naturaleza de las fuerzas físicas que modelaban los eventos geológicos. Se trató de una diferencia mucho más profunda, incluso de naturaleza filosófica, que nunca llegó realmente a dirimirse entre los geólogos. La contribución de Darwin, con su concepto de la evolución del mundo orgánico, fue la que finalmente resolvió esta controversia que, por otro lado, se iba haciendo

cada vez menos marcada con el paso de los años, gracias a que uno y otro lado aportaban nuevos datos y observaciones, y que resolvían diferencias debidas sobre todo a la escasa información (Sarukhán, 2000).

La relación personal entre Lyell y Darwin trascendió del nivel profesional al de una cálida amistad, la influencia e inspiración de Lyell sobre Darwin fue fundamental al principio de su vida académica, los intercambios epistolares y personales, sostenidos por un largo tiempo, enriquecieron notablemente el acervo de conocimientos de ambos. Lyell fue siempre un defensor decidido de Darwin, aunque no por ello aceptó del todo sus ideas acerca de la evolución orgánica mediante la selección natural. El obstáculo conceptual más serio que Lyell opuso para apoyar sin reservas el darwinismo, fue su renuencia a aceptar que el linaje humano estuviera relacionado con los primates, no obstante lo anterior, y gracias al empeño de Darwin, Lyell acabó por convertirse de lleno a la idea de la progresión orgánica (Sarukhán, 2000). Es difícil señalar cuál aspecto de la obra o del pensamiento "Lyelliano" influyó más decisivamente en Darwin. Lo que podemos decir es que la teoría del uniformitarismo proveyó a Darwin de un escenario en el que se podía pensar que los procesos que afectan a los organismos vivos en el presente ocurrieron de manera similar en el pasado, y que su variación, de la cual existía abundante prueba en las observaciones geológicas de Darwin, pudo ocasionar la migración, expansión o desaparición de las especies. Existe un hilo conductor en el pensamiento de Darwin, que se inicia con la observación de fenómenos puramente geológicos, sigue con la interpretación de los hallazgos paleontológicos, principalmente los sudamericanos, continúa con la biogeografía (la distribución de los organismos sobre la Tierra), tanto la actual como la del pasado, para desembocar, finalmente, en conceptos claramente evolutivos (Sarukhán, 2000).

¿Cuál era la visión de Darwin, en torno a los seres vivos y la Geología antes de 1837? Darwin coincidía con los planteamientos de Lyell: 1) la fijeza de las especies, es decir creía que las especies eran entidades inmutables. Rechazaba las ideas transformistas de Lamarck; 2) podía haber extinciones y actos de creación locales; 3) los cambios geológicos eran graduales, se oponía a

explicaciones catastróficas en lo general, en particular reconocía que podía haber catástrofes locales como terremotos, vulcanismo, etc.; 4) aceptaba la extinción como un proceso que ocurre gradualmente por las muertes sucesivas de los individuos, así como aceptaba la competencia entre especies y la falta de adaptación ante cambios ambientales; 5) aceptaba la idea de adaptación perfecta (en tanto Dios diseña sus criaturas, cada órgano es perfecto para la función que deberá realizar); 6) cree en el balance de la naturaleza como un modelo de argumentación en la cuestión de las especies (si una especie se extingue hay una nueva creación de una especie equivalente); 7) admitía que el número de especies permanece constante, es decir a la extinción correspondería la creación de una especie de similar nivel de complejidad (Hernández y Ruiz, 1999).

¿Qué sucedió cuando Darwin regresó del viaje en el Beagle? Después del viaje Darwin inicia la redacción del Diario del viaje, recibe ya clasificados todos los especímenes que había colectado y enviado a Inglaterra; es entonces que comienza la reflexión sobre las anomalías que el encuentra entre sus observaciones y las ideas de Lyell. Las diferencias más importantes son: a). La existencia de un número mayor de especies en los continentes respecto a las islas cercanas, era una observación contradictoria pues la teología natural no podía explicar por qué se crearían menos especies en islas que en continentes; b). La ausencia de cierto tipo de especies, por ejemplo de anfibios o mamíferos en islas muy alejadas de los continentes (era contradictorio que no hubiera tipos completos de especies en lugares donde se encontraban las condiciones ambientales para su existencia); c). La presencia de especies similares en ambientes diferentes y el que hubiera ambientes equivalentes donde no se encontraban especies parecidas, (ésta idea es contradictoria con una noción de creación de especies perfectamente adaptadas al ambiente para el que fueron diseñadas); d). La observación de fósiles en lugares donde no había habido cambios climáticos, era contradictoria con la noción de extinción de la teología natural. Según Lyell la extinción podría ocurrir sólo en las siguientes condiciones: a) debido a cambios ambientales a los que las especies no pueden seguir indefinidamente, y b) porque las especies lleguen a una edad de vejez y se extingan (Hernández y Ruiz, 1999).

Es de esta manera que partiendo de las contradicciones de las teorías prevaletentes, Darwin llega a la conclusión de que todas esas incongruencias pueden explicarse mejor si se acepta la idea de la transmutación. Un paso esencial en la metodología de Darwin fue el contrastar sus observaciones con las teorías vigentes (Hernández y Ruiz 1999). Es decir, la teología natural no daba cuenta de una serie de observaciones, por lo que abandonó esa tradición e inició un nuevo programa de investigación. Esto constituyó una revolución científica (Hernández y Ruiz, 1999).

El siguiente paso en la formulación de la que sería la Teoría Evolutiva que hoy conocemos, fue el paso que dio Darwin de la idea de adaptación perfecta (adaptación como un hecho) a la adaptación diferencial (adaptación como un proceso), este cambio incluyó dos pasos: 1) El estudio de la problemática de la variación y 2) El paso del pensamiento tipológico al poblacional (Hernández y Ruiz, 1999). Respecto al primer paso, es muy interesante la forma en que Darwin abordó la variación. Para aclarar este problema, trató de comprender cuál es el vínculo entre las variaciones que se producen y la formación posterior de variedades permanentes de especies. Con este propósito leyó los trabajos de hibridólogos, horticultores, criadores, etc., intentando dilucidar el proceso de aparición y de conservación de las variaciones. Muy pronto reconoce la importancia de las variaciones: son heredables (sin tendencia al retorno) y pueden ser indefinidas, esto es ilimitadas en extensión (Hernández y Ruiz, 1999).

Un paso fundamental fue el reconocimiento de Darwin de que las variaciones no son en sí mismas adaptativas. Esta es la noción que diferencia el concepto de adaptación de Lamarck y de Darwin. Para Lamarck toda variación es adaptativa pues es el resultado instantáneo de la acción del organismo, que tiene por objeto mejorar su relación con el ambiente. Es así como a partir de ese momento, Darwin ve la adaptación como un proceso que se inicia con la aparición de la variación y por lo tanto puede seguir dos vías distintas, dependiendo del origen de la variación. Si ésta surgió por acción directa del medio o por uso o desuso de los órganos (por las formas lamarckianas de variación), tal variación es inmediatamente adaptativa y su incorporación a los caracteres generales de la

especie podrá ser reforzada por la selección natural, pero evidentemente no será rechazada. En contraste, si la variación se originó espontáneamente, no es adaptativa en sí misma, ya que su carácter, adaptativo o no, va a depender de la relación organismo medio-cambiante, si la variación mejora esta interacción la selección natural favorecerá al portador, o lo rechazará en el caso contrario (Hernández y Ruiz, 1999). La comprensión de este segundo tipo de variación es uno de los aportes más importantes de Darwin al evolucionismo. Sin esta noción no se entenderá la evolución como un fenómeno estocástico. Que las variaciones sean espontáneas, no significa necesariamente al azar. Darwin las consideró espontáneas porque reconoció su ignorancia del proceso que las produce. A pesar de que Darwin entendió la importancia de la variación de la evolución y de que la integró de manera adecuada con la selección natural, sus análisis de diversos trabajos de variación en domesticidad y los que él mismo realizó sobre la variación en la naturaleza, no lo llevaron a nada respecto a los mecanismo de producción de la variación, ni tampoco de su transmisión (Hernández y Ruiz, 1999).

El paso del pensamiento tipológico al poblacional (b), se dio una vez que Darwin estuvo convencido del hecho de la evolución, así pues, se propuso buscar un mecanismo que permitiera explicar los problemas centrales del evolucionismo: adaptación y diversidad (Hernández y Ruiz, 1999).

2.2.2 La lectura de “El principio de la población”

Mucho se ha enfatizado el efecto que tuvo la lectura que Darwin realizó del ensayo de Malthus (1766-1834) “El principio de la población”, debido a que la lectura de éste funcionó como un catalizador en la mente de Darwin para elaborar la teoría de la selección natural (Mayr, 1992).

El principio que sustenta gran parte del contenido del ensayo “El principio de la población” que escribió Malthus en 1798, es el argumento en torno a las diferencias entre la forma en que las poblaciones crecen (Malthus siempre se refirió a poblaciones humanas) y la forma en que los recursos disponibles para ellas lo hacen. Malthus puntualizó, muy acertadamente, que las poblaciones

tienden a crecer en progresión exponencial (o "geométricamente", como él lo dice), mientras que los recursos (alimentos y otros elementos necesarios para la sobrevivencia del hombre) sólo pueden crecer linealmente, esto es, en una progresión aritmética (Sarukhán, 2000).

En resumen, todos los organismos tienen un potencial de crecimiento poblacional exponencial. Sin embargo, hay diferentes factores del medio que impiden que dicho crecimiento se logre, por lo que las poblaciones se mantienen en tamaños de equilibrio más o menos fluctuantes. La única especie que hasta el momento presenta en forma sostenida un crecimiento de tipo exponencial de su población es la humana (Sarukhán, 2000). En la naturaleza, como el número de posibles descendientes de cualquier especie sobrepasa enormemente las posibilidades de vida, se origina una "lucha por la existencia", en la cual son eliminados muchos individuos (Templado, 1988). Darwin aplicó inmediatamente el concepto de "lucha por la existencia" tanto a los animales como los vegetales, y dedujo que las variaciones que se producen en los individuos de una especie tenderán a conservarse en sus descendientes en el caso de ser favorables para ellos, ya que a la larga serán eliminados los individuos que resulten menos adaptados al medio. Los individuos serían así "seleccionados" en la naturaleza. "**Variabilidad** en los organismos, **lucha por la existencia** y **selección natural** (supervivencia de los más aptos)" constituirían el **mecanismo** mediante el cual se ha producido la evolución. La acumulación de pequeñas y sucesivas variaciones a lo largo de enormes espacios de tiempo explicaría los grandes cambios que han experimentado los seres vivos en el transcurso de las eras y periodos geológicos (Templado, 1988).

El enfoque malthusiano daba la clave a uno de los problemas que Darwin había considerado en la gestación de su teoría. El doble factor: por una parte, la lucha, la competencia por la vida, por la otra, la selección de los más fuertes y la correlativa eliminación de los débiles reemplazaría en la naturaleza la intervención del creador y su efecto consistiría en la causa motriz de la evolución de las especies (Hernández y Ruiz, 1999). Es importante señalar que cuando Darwin

aplica el pensamiento poblacional a la lucha por la existencia puede hacer el cambio conceptual clave: reconocer la lucha por la existencia entre individuos de una población (Hernández y Ruiz, 1999).

Provisto de esta hipótesis Darwin siguió analizando y acumulando datos. En 1842 redactó un breve bosquejo de su teoría y, en 1844, un ensayo más extenso, que no publicó, siguió trabajando y continuó estudiando el problema durante muchos años más (Templado, 1988).

Fue en 1858 que se produjo uno de esos acontecimientos improbables, una coincidencia extraordinaria como las que a veces se han dado en la historia de las Ciencias (Templado, 1988). Darwin recibió un manuscrito en el que se exponía exactamente su teoría de la selección natural. El autor, **Alfred Russel Wallace** (1823-1913), un joven naturalista que había llegado esencialmente a la misma Teoría de la Evolución a partir de un origen común mediante la selección natural. En 1958, los amigos de Darwin, Charles Lyell y el botánico Joseph Hooker presentaron el manuscrito de Wallace junto a algunos extractos de cartas y escritos de Darwin. Esta presentación equivalió a una publicación simultánea de los hallazgos de Darwin y Wallace (Mayr, 1992). Todos estos acontecimientos tuvieron la virtud de acelerar la preparación de la obra de Darwin y el resultado fue "El origen de las especies" publicado en 1859, en contraposición, todos estos acontecimientos, opacaron a Wallace de tal manera que su nombre es desconocido por el público en general.

La coincidencia de las ideas de Wallace con las de Darwin es casi total. Es natural que así fuera, puesto que ambos naturalistas habían partido de bases análogas y habían seguido un proceso mental muy semejante (Templado, 1988). Wallace también destacó la influencia de Malthus en el proceso que le llevó al concepto de la selección natural, pero a diferencia de Darwin, éste no estaba leyendo a Malthus en el momento crucial, lo había hecho 14 años antes, y recordó a Malthus hasta el momento en que había madurado su pensamiento sobre la evolución hasta el punto que el principio malthusiano podía ser asimilado por el sistema que estaba construyendo (Ledesma, 2000). Es así que podemos rechazar la idea de que para construir una Teoría de la Evolución, sólo sea

necesario avanzar un paso y que Darwin fuera capaz de hacerlo al leer a Malthus (Ledesma, 2000).

2.2.3 La selección artificial por criadores

Otro elemento en el proceso de construcción de la Teoría Evolutiva de Darwin, es la selección artificial (Ledesma, 2000). Este elemento es ampliamente discutido por diversos autores como Mayr, Limogenes y Herbert, ya que no se ha llegado a un consenso acerca de la magnitud que tuvo la selección artificial por criadores en la elaboración del concepto de selección natural y por ende de la Teoría Evolutiva propuesta por Darwin.

Los hechos son inapelables, Darwin vivió rodeado por un ambiente en el cual, la selección artificial era una forma de vida. En 1859 escribió a Wallace “llegué a la conclusión de que la selección era el principio del cambio a través del estudio de los seres domésticos y entonces, al leer a Malthus, vi inmediatamente cómo aplicar este principio” (Mayr, 2002), a Lyell le escribió, en referencia a la teoría de Wallace, “sólo diferimos (en) que yo llegue a mis puntos de vista a través de lo que la selección artificial ha hecho en los animales domésticos” (Mayr, 2002). Tradicionalmente, estas afirmaciones han sido aceptadas por los estudiosos de Darwin como una descripción correcta de los hechos (Mayr, 2002).

Esta interpretación del camino de Darwin hacia la selección natural ha sido puesta en cuestión a raíz del descubrimiento de sus cuadernos de notas. Limogenes y Herbert (1971) señalan que en los tres primeros cuadernos de notas Darwin no hace ninguna referencia a la selección o a las actividades selectivas de los criadores de animales, especialmente en lo que respecta a la producción de nuevas razas domésticas, afirman que Darwin estaba interesado en los animales domésticos sólo porque esperaba encontrar pruebas sobre la aparición de variaciones y los mecanismos de su producción, asuntos que son difíciles de estudiar en poblaciones naturales (Mayr, 2002).

Mayr (1992) acepta los análisis recientes, que señalan que no hay evidencias en los cuadernos de notas de una aplicación directa al proceso evolutivo de la analogía entre la selección hecha por el hombre y la selección

hecha por la naturaleza. Es probable que Darwin no viera la obvia analogía entre la selección artificial y natural hasta algún tiempo después de haber leído a Malthus (Mayr, 2002). Para Mayr las abundantes obras que Darwin había leído sobre la cría de animales habrían preparado su mente para apreciar la importancia del principio de Malthus. Cuando Darwin leyó a Malthus estaba muy enterado de la problemática de la variabilidad y la relacionó con dos cuestiones esenciales: variación y lucha por la existencia, de ahí el paso fundamental en toda esta historia: los organismos son diferentes, tienen que luchar entre ellos porque los recursos son limitados, los organismos más fuertes triunfan en esta lucha, es decir, son diferentes en cuanto a su aptitud. En sus lecturas sobre cultivos, Darwin aprendió la importancia de seleccionar a los progenitores, de ahí el término de selección (Ruiz y Ayala, 1997 en Hernández y Ruiz, 1999)

2.2.4 La selección natural

La explicación darwiniana de la evolución de los seres vivos por medio de la selección natural es, como tantas otras proezas de la mente humana, extremadamente simple, al mismo tiempo que poderosa. El punto de partida es la existencia de variaciones hereditarias, una observación que Darwin consideraba incontrovertible aún cuando ignoraba los mecanismos de mutación que dan origen a la variación hereditaria, otro hecho de observación es que sólo una fracción de los organismos sobrevive hasta su madurez y se reproducen; la mayoría muere antes de dejar descendencia.

Basándose en parte en la experiencia adquirida por los ganaderos y agricultores que practican la selección artificial, Darwin arguye que unas variantes hereditarias deben ser más ventajosas que otras, con respecto a la probabilidad de multiplicarse de sus poseedores. Es decir, los organismos que poseen variantes favorables tendrán una probabilidad mayor de sobrevivir y reproducirse que los organismos que carecen de ellas. Así, el proceso de la reproducción a través de las generaciones llevará al aumento gradual de las variantes hereditarias beneficiosas, y a la eliminación de las variantes desventajosas (Ayala, 1998).

2.2.5 Otras lecturas

Darwin reconoció explícitamente la influencia del pensador inglés Herbert Spencer (1820-1903), quien en 1852, siete años antes de la publicación de *El origen de las especies*, había elaborado algunas ideas acerca de la evolución (Ledesma, 2000). Spencer fue el primero en usar la palabra evolución para designar un proceso general de producción de formas superiores a partir de formas inferiores (Ledesma, 2000), concibió la evolución como un principio cósmico que afecta a los humanos especialmente en su dimensión social. Subrayó, por influencia de su lamarckismo, que la mayor virtud es la adaptación al medio. Los individuos que con esfuerzos conscientes y exitosamente son capaces de adaptarse a las cambiantes necesidades del medio social, son los individuos que sobrevivirán y dominarán. Fue precisamente Spencer quién introdujo la expresión “**supervivencia del más fuerte**”; en el conjunto de su obra, la Biología es utilizada para apoyar las tesis de la economía liberal inglesa (Ledesma, 2000).

A continuación se presentan las teorías principales que formaron la base del pensamiento evolutivo de Darwin, otras fueron la selección sexual, la pangénesis (teoría que intentaba explicar la herencia de los caracteres adquiridos) y la divergencia de caracteres (Mayr, 2002):

- **Evolución como tal.** Esta es la teoría de que el mundo no es constante ni, se ha creado recientemente ni, está en un perpetuo ciclo, sino que está cambiando continuamente, y que los organismos se transforman en el tiempo.
- **Origen común.** Ésta es la teoría de que cada grupo de organismos descende de un antepasado común, y de que todos los grupos de organismos, incluyendo los animales, las plantas y los microorganismos, se remontan a un único origen de la vida en la tierra.
- **Diversificación de las especies.** Esta teoría explica el origen de la enorme diversidad orgánica. Postula que las especies se diversifican, ya sea por división en especies hijas o por “gemación”, es decir, por el asentamiento

de poblaciones fundadoras geográficamente aisladas que evolucionan a nuevas especies

- **Gradualismo.** Según esta teoría, el cambio evolutivo tiene lugar a través del cambio gradual de las poblaciones y no por la producción repentina (saltacional) de nuevos individuos que representen un nuevo tipo.
- **Selección natural.** Según esta teoría, el cambio evolutivo se produce a través de la producción abundante de variación genética en cada generación: Los relativamente pocos individuos que sobreviven, gracias a una combinación especialmente bien adaptada de caracteres heredables, dan lugar a la siguiente generación.

2.2.6 Aportes de la Teoría Evolutiva

La revolución intelectual generada por Darwin fue mucho más allá de los confines de la Biología, provocando el derrumbamiento de algunas de las creencias fundamentales de su época (Mayr, 1992), las dificultades superadas por Darwin no deben menospreciarse. Los seres vivos dan evidencia del diseño, y donde hay diseño hay diseñador, que el ojo del ser humano esta constituido para ver y el ala del pájaro para volar, parece querer decir de manera irrefutable que alguien los ha diseñado específicamente para tales propósitos (Ayala, 1998). Antes de Darwin, las adaptaciones y la diversidad de los seres vivos eran aceptadas como hechos sin explicación, eran atribuidas a la sabiduría omnisciente del creador. Dios creó al ser humano a su imagen y semejanza, a él le dio ojos para que pudiera ver, y a los peces agallas para respirar en el agua. De hecho, los teólogos argüían que el diseño funcional de los organismos manifiesta la existencia de un creador sabio (Ayala, 1998).

La Teoría de la Evolución, en su conjunto, desafió las siguientes creencias básicas de su tiempo (Mayr, 2002): un mundo constante, un mundo creado, un mundo diseñado por un creador sabio y benigno, una creencia en la posición única del hombre en la creación, creencia en la filosofía del esencialismo, creencia en la interpretación de los procesos causales de la naturaleza tal como habían sido

elaborados por los físicos y la creencia en las “causas finales” o teleología (Mayr, 1992).

La publicación de “El origen de las especies”, en 1859, tuvo gran repercusión en la sociedad de su tiempo, inmediatamente en Inglaterra, pero en seguida en el resto de Europa y América (Ayala, 1998). Opositores y adeptos de Darwin discutieron acaloradamente durante los años posteriores a la publicación de “El origen de las especies”. La divulgación de las ideas darwinistas no fue fácil, sin embargo, Darwin contó siempre con adeptos, él que más, Thomas H. Huxley (1825-1895), quien defendió y divulgó la Teoría Evolutiva, tanto en discursos como en publicaciones.

La labor de Darwin fue sin igual, demostró que los organismos evolucionan; que los seres vivos, incluyendo al hombre, son descendientes de antepasados muy diferentes de ellos; que los seres vivos están relacionados entre sí porque tienen antepasados comunes, pero, más importante que la evolución, es que Darwin proveerá una explicación causal del origen de nuevas especies: la teoría de la selección natural. Con ella, Darwin extiende al mundo orgánico el concepto de naturaleza derivado de la astronomía, la física y la geología, la noción de que los fenómenos naturales pueden ser explicados como consecuencias de leyes immanentes, sin necesidad de postular agentes sobrenaturales (Ayala, 1998).

Darwin acepta la premisa que los organismos están adaptados para vivir en sus ambientes y tienen órganos específicamente diseñados para llevar a cabo ciertas funciones. Darwin acepta la organización funcional de los seres vivos, pero da una explicación natural de tal organización. Con ello reduce al dominio de la ciencia los únicos fenómenos naturales que todavía quedaban fuera de ella: la existencia y la organización de los seres vivos (Ayala, 1998).

2.3 La historia de la ciencia en la enseñanza de la ciencia.

Ante una enseñanza científica generalmente basada en hechos acabados, los alumnos no llegan a poseer la noción de debate o controversia. Es habitual, pues, que consideren la construcción del conocimiento científico como meramente acumulativa (García Cruz, 1998). La importancia de la historia de las ciencias en la enseñanza es permitirle al alumno comprender el carácter cambiante de la ciencia, y que no todo el conocimiento científico es provisional.

¿Por qué Historia, si es una clase de Biología? Es importante que los estudiantes conozcan el proceso histórico epistemológico de construcción de los principios, teorías y los métodos científicos, con el fin de que tengan una perspectiva más integral de la Ciencia y logren una mejor comprensión de los fenómenos que estudian (Hernández, y Ruiz, 1999)

El uso de la historia de las ciencias en la enseñanza de ellas ha sido una herramienta importante en el campo de la investigación educativa. Gagliardi (1988) propone el uso de la historia de la ciencia y la epistemología en la enseñanza de la ciencia, en su opinión, la historia puede ser utilizada de diversas maneras:

- Para la determinación de obstáculos epistemológicos
- Para la definición de contenidos de la enseñanza
- Para introducir en clase la discusión sobre la producción, la apropiación y el control de los conocimientos a nivel social e individual.
- Como complemento de la enseñanza de otras disciplinas, en particular la historia y la geografía.

La historia de las ciencias permite comprender cuáles son las principales teorías actuales y cuáles han sido los obstáculos que trabaron su aparición y el desarrollo de una ciencia (Gagliardi, 1988). Esto no significa postular un "paralelismo" entre la historia de las ciencias y el desarrollo de la inteligencia y del

conocimiento individual. La historia de la ciencia puede dar “pistas”, pero no elimina el análisis concreto de los alumnos en una situación concreta; es decir el alumno actual vive, piensa, construye sus conocimientos en una sociedad diferente (Gagliardi, 1988). El uso de la historia de la ciencia nos ayuda en la definición de contenidos así como en su secuenciación, no sólo el qué, sino también el cuándo (García Cruz, 1998).

La tendencia en el uso de la historia de la ciencia en la enseñanza, la proponen dos vertientes, por un lado los historiadores y filósofos de la ciencia argumentan que la enseñanza de la historia de la ciencia es parte de un entendimiento global de las ciencias. Siendo que la generación de conocimiento es la actividad principal de la ciencia y que la historia de la ciencia articula este proceso, esta última provee un contexto a partir del cual el entendimiento general de una disciplina puede verse y comprenderse mejor (Zuzovsky, 1994). Por otro lado, los psicólogos cognitivos están también a favor de una perspectiva histórica en la enseñanza de la ciencia, ellos siguen el argumento de Piaget que dice, que los aprendices recapitulan la historia de la ciencia mientras estudian cualquier tema. Este paralelismo no implica que una sucesión similar de conceptos se de en los niños y los científicos pasados (aunque en ocasiones llega a suceder). En cambio las similitudes radican en los “instrumentos”, abstracciones y generalizaciones, “el proceso” la búsqueda de razones por casualidad lógica, y en el “mecanismo” del crecimiento del conocimiento (Zuzovsky, 1994).

2.4 La enseñanza de la Teoría de la Evolución en la escuela secundaria

¿Por qué es importante la enseñanza de la evolución?

El evolucionismo ofrece las herramientas conceptuales que posibilitan tener una visión sintética e integral de los fenómenos biológicos (Hernández y Ruiz, 1999). Este concepto “sombrija” no suele ser asimilado por los alumnos y maestros, es importante que se identifique el proceso evolutivo como el vínculo entre las formas de vida pasada y las contemporáneas, y sobre todo cómo explica la evolución

nuestra propia existencia. Para entender y utilizar este concepto de forma efectiva, los alumnos y maestros deben ser capaces de tener un pensamiento abstracto y tener un bagaje suficiente de información y experiencias utilizables. En términos piagetianos, contemplar la Teoría Evolutiva y extrapolarla para explicar la existencia y diversidad de la biota en la tierra, se considera pensamiento formal (Keown, 1988).

Los mecanismos evolutivos tal vez no han sido entendidos por completo, y tal vez nunca lo sean del todo, sin embargo, la evolución es un hecho de la ciencia y debería ser integrada al estudio de nuestra historia como humanidad. Un mejor acercamiento al proceso evolutivo se vería reflejado en la manera en que vemos nuestras relaciones tanto individuales como culturales, así como con los demás seres vivos y, por lo tanto, nuestra visión del futuro. Específicamente se vería reflejado en el modo en que enseñamos las ciencias naturales (Keown, 1988).

2.4.1 El alumno de secundaria

El nivel educativo de secundaria es muy importante, ya que esta etapa (12-15 años) constituye un periodo de transición de la niñez a la adultez y desde el punto de vista educativo se sitúa en el paso de la educación primaria a la media superior. Este intervalo de edades considerado como objeto de estudio, presenta problemas específicos que surgen, por un lado, debido a los cambios y rupturas impuestos por el propio sistema educativo y por otro debido a los cambios de orden físico-psíquico-emocional que se experimentan en esta etapa (Nieda y Macedo, 1997). Esto muestra la necesidad de prestar una atención especial a este tramo educativo. ¿Qué sucede en esta etapa? A continuación se muestran en la tabla 2, tres áreas importantes en las que se presentan problemas específicos asociados con los alumnos de secundaria.

Tabla 2 El alumno de secundaria

Sistema Educativo	Edad del alumno	Desarrollo Intelectual
<p>Rupturas importantes como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Paso de un centro educativo a otro - Organización distinta de los horarios de clase - Tendencia mayor de cada asignatura a delimitar su territorio con lenguaje y vocabulario específicos - Enfrentamiento con docentes con formaciones, estilos y exigencias distintas <p>Todas estas afectan a los alumnos, sin embargo factores como: el origen social, sexo, madurez, antecedentes escolares, etc. Minimizan o maximizan la problemática (Nieda y Macedo, 1997).</p>	<p>Periodo de transición:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pubertad, momento en el cual cada uno y a su propio ritmo, empieza el trayecto a la vida adulta. - Etapa marcada por la inestabilidad y por fracturas que le dan al alumno una gran fragilidad. - Padres dejan de ser valores de referencia <p>Papel de las personas ajenas a la familia se torna muy importante (Nieda y Macedo, 1997).</p>	<p>La mayoría de los alumnos se encuentran en la transición del pensamiento concreto al formal.</p> <p>Pensamiento concreto:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Operan sobre la realidad concreta. - Se sitúa en el presente inmediato - Son capaces de clasificar y seriar, operando sobre las propiedades observables. - No opera sobre enunciados verbales que expresen hipótesis. - Reconocen algunas variables que inciden en un problema pero tienen dificultades para sistematizarlas <p>Pensamiento Formal:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Posibilidad de un razonamiento hipotético-deductivo, capacidad de deducir conclusiones a partir de hipótesis y no únicamente de una observación real. - Capacidad de aplicar las operaciones de clasificación, conservación y seriación en función de propiedades no observables directamente. - Posibilidad de un pensamiento combinatorio - Razonamiento proporcional, de correlación y de probabilidad - Capacidad de considerar el conjunto de casos posibles, entre los cuales lo real sería sólo un caso particular - La capacidad de efectuar operaciones a partir de otras operaciones. <p>Es importante señalar que esta evolución no se da tajantemente, es decir no existe una edad exacta, por lo que los alumnos pueden aplicar capacidades concretas o formales dependiendo de variables tales como el contenido y el contexto de la tarea (Nieda y Macedo, 1997).</p>

Las dificultades que encuentran los alumnos en la superación de estas transiciones, condicionan sus futuros éxitos o fracasos escolares (Nieda y Macedo, 1997). Es importante enfatizar que la educación en general en este período, debe concebirse también como una manera de favorecer la autoestima y la confianza en sí mismos; el conocimiento y la admisión de los cambios físicos que se experimentan, el respeto de sus opiniones y la necesidad de respetar a los demás (Nieda y Macedo, 1997). La enseñanza de las ciencias en este nivel educativo, juega un papel importante en el desarrollo del pensamiento lógico, en la adquisición de aptitudes relevantes para la vida, en la práctica de actitudes flexibles y críticas y, en definitiva, colabora a que los estudiantes estén mejor preparados para afrontar los desafíos de una sociedad en continuo cambio, que les exige tomar decisiones fundamentales (Nieda y Macedo, 1997).

Es en el nivel educativo de secundaria que los estudiantes mexicanos se enfrentan por primera vez a un curso formal de ciencias y que se da el primer acercamiento a la Teoría Evolutiva. Ante el panorama que plantean muchos de los estudios realizados, se podría pensar en dos caminos a seguir, el primero sería continuar las ideas de Shayer (1974), quien sugiere que la Teoría Evolutiva se debería tratar por primera vez en el nivel de preparatoria dada su aparente complejidad (Guillen, 1997). En contraste a esta postura, autores como Engel y Wood (1985) recomiendan, en lugar de la postergación del tema, la necesidad de implementar estrategias para impartirlo de manera más efectiva (Guillen, 1997).

Dado que el programa oficial de educación básica de México contempla la enseñanza de la Teoría Evolutiva en primero de secundaria, se trabajará sobre este hecho. Existe evidencia de que los estudiantes de 11 y 12 años tienen un fuerte interés en la ciencia y que declina drásticamente en los siguientes años (Head, 1986). Este cambio se ha atribuido generalmente al aumento de la complejidad de los programas de ciencia sin hacer referencia a los cambios que sufren los adolescentes (Guillen, 1997). Así mismo, la extensión de los programas es otro de los factores que contribuyen a que los estudiantes pierdan el interés.

2.5 Protoconceptos

A lo largo de los últimos años en que la didáctica de las ciencias se ha desarrollado, se han realizado trabajos de investigación concernientes a las ideas que tienen alumnos y maestros acerca del evolucionismo. Se han identificado ideas que tienen que ver con explicaciones lamarckistas de la adaptación, el origen de la variación y los mecanismos de cambio de las especies; también existe la idea de que la evolución tiene una **dirección**, es decir, que los procesos naturales están dirigidos hacia un fin; esto es conocido como teleología. Otros aspectos importantes están relacionados con la dificultad de los estudiantes para comprender las diferentes escalas de tiempo, la participación del azar en la producción de variación y el papel no azaroso de la selección natural. En general, los alumnos atribuyen frecuentemente la evolución, a la intención deliberada de los organismos individuales, que cambian por necesidad o por el mayor uso de ciertas partes. No tienen claro el problema de la variación, de la adaptación, de las escalas de tiempo, además que no presentan un pensamiento poblacional (Hernández y Ruiz, 1999).

La Teoría Evolutiva explicada mediante el mecanismo de selección natural, requiere concepciones como (Good, Trowbridege, Demastes, Wandersee, Hafner, y Cummins, 1992):

- La antigüedad de la tierra.
- Los efectos del proceso de cambio gradual en la Tierra.
- Los cambios en las especies se originan mediante un proceso aleatorio que es influenciado por la selección natural.
- La idea de ancestría .
- El pensamiento poblacional.
- La incorporación de los humanos como parte del mundo biológico.

Estas concepciones son necesarias para el entendimiento científico de la evolución; de hecho han sido el objeto de la mayor parte de la investigación que se ha realizado en el campo de la evolución con respecto a los conocimientos de los alumnos (Good, *et. al.*, 1992).

Desde los primeros estudios realizados con estudiantes de secundaria, como el realizado por Deadman y Kelly (1978), se revela que los estudiantes asocian la evolución con formas primitivas de vida, pero no usan la evolución para establecer relaciones entre diferentes taxa de organismos. Estos autores concluyen que una de las dificultades mayores para la enseñanza de la evolución, recae en las interpretaciones lamarckistas expresadas por los alumnos, así como en un inadecuado concepto de probabilidad. En otro estudio realizado por Clought y Wood- Robinson (1985) se pone de manifiesto que los alumnos de secundaria presentan una alta tendencia a usar explicaciones teleológicas para hablar de la adaptación, los estudiantes creen que las adaptaciones se deben a un propósito de diseño. Así mismo, explicaciones antropomórficas son también sostenidas como la causa de muchas adaptaciones, describiendo estas como respuestas concientes y deliberadas ante la necesidad.

Jiménez (1992), realizó un estudio sobre las condiciones necesarias para promover el cambio conceptual en los alumnos con referencia a la evolución; comparó dos tipos de enseñanza, una en la que se enfatizan las concepciones de los estudiantes (grupo tradicional), la otra que vincula las concepciones de los estudiantes con las interpretaciones lamarckistas y darwinistas (grupo experimental). Con este estudio se demuestra que la discusión explícita de las ideas previas, así como de las teorías, es necesaria para propiciar el cambio conceptual. Es decir, que los estudiantes necesitan ser capaces de reconocer diferentes interpretaciones del mismo fenómeno en orden de seleccionar la concepción más plausible y fructífera.

Así mismo, se han realizado estudios de propuestas que empelan estrategias para la enseñanza de la Teoría Evolutiva (Clought y Wood- Robinson 1985) a través del desarrollo histórico del pensamiento evolutivo. Autores como Jensen y Finley (1997), recomiendan el uso de un currículo rico en historia para la enseñanza de la Teoría Evolutiva, ya que en el estudio que realizaron, los estudiantes incrementaron su uso de ideas darwinistas. De igual manera Zuzovsky (1994) propone el uso de la historia, para la instrucción de maestros que impartan la asignatura de Biología.

Como resultado de las investigaciones que hasta hoy se han realizado en el campo de las ideas previas respecto a la evolución, se han hecho una serie de propuestas de los temas que deberían ser enseñados para propiciar el entendimiento de la Teoría Evolutiva propuesta por Darwin. A esta serie de conceptos se les ha llamado protoconceptos, (“*proto*” = primeros), que son definidos como aquellos temas que adentran a los alumnos en el estudio de la evolución (Jeffery, y Roach, 1994). Diferentes autores (Kewon 1988, Fisher 1992, Jeffery y Roach, 1994 y Sánchez, 2000) han hecho propuestas de cuáles deberían ser estos protoconceptos. Dichas propuestas varían en cuanto a la extensión y profundidad de los temas. Keown (1988), describe una infraestructura conceptual que debería ser parte del currículo científico de la educación elemental y media, argumentando que esta estructura es necesaria en los primeros años para preparar a los estudiantes para entender tanto el significado como el proceso de la evolución, para esto propone cuatro áreas de entendimiento y experiencia:

- Tiempo geológico.
- Transición natural de los ambientes de la Tierra.
- Variabilidad genética.
- Reproducción diferencial.

En contraposición, Sánchez (2000) propone que los protoconceptos deberían estar relacionados con los conceptos más problemáticos para los estudiantes. En la tabla 3 se muestran dichos conceptos con sus correspondientes protoconceptos que, a entender de la autora, deberían ser impartidos para el mejoramiento de la enseñanza de la evolución.

Tabla 3. Protoconceptos

CONCEPTO	PROTOCONCEPTOS
Variabilidad	<i>Célula, genética, ADN, cromosoma y gen</i>
Origen variación	<i>Reproducción sexual. Mutación, recombinación, célula somática y reproductiva, mitosis y meiosis</i>
<i>Evolución</i>	<i>Especie, población, tiempo geológico, adaptación y adecuación.</i>

Sánchez (2000) hace énfasis en la enseñanza previa de los protoconceptos arriba mencionados, ya que el hacerlo implicó, en el estudio que realizó, una mejoría significativa en la comprensión de la Teoría de la Evolución.

Jeffery y Roach (1994), realizaron un análisis de los libros de texto utilizados en primaria y secundaria, dicho estudio tuvo la finalidad de buscar en los ellos la presencia o ausencia de diecisiete protoconceptos que, a su parecer son importantes para el entendimiento de la evolución. Dichos protoconceptos los obtuvieron del análisis de trabajos realizados en el área. Los protoconceptos que utilizaron en su estudio son: dinosaurios, extinción, fósiles, correlación entre fósiles y las capas de la tierra, eras, historia de la tierra, glaciares, concepto de tiempo, deriva continental, fechamiento radiométrico, evolución como cambio a través del tiempo, Darwin, selección natural, especies, formas intermedias, evidencia para la evolución, características de la Teoría de la Evolución (Jeffery y Roach, 1994).

Smith, Siegel Y McInerney (1995) mencionan que tanto maestros como estudiantes tienen dificultades con varios conceptos centrales que son importantes para entender la evolución y la naturaleza de la ciencia, así como para desarrollar una visión científica del mundo. Proponen varias líneas de investigación que, a su parecer deberían ser tomadas en cuenta en estudios posteriores relacionados con la enseñanza de la evolución ya que, dichos temas presentan problemas importantes en el entendimiento de la evolución.

- **Tiempo geológico**, en su opinión no se puede entender la evolución de la vida o del planeta sin el entendimiento de la antigüedad de la tierra. Sin embargo, cuestionan ¿Qué es un adecuado entendimiento del tiempo geológico? y ¿Cómo se lograría dicho entendimiento?
- **Selección natural** ya que los estudiantes tienen muchas dificultades con este concepto, aún después de su enseñanza. Los autores proponen tener más atención en dos componentes de la selección natural: 1) variación intraespecífica – pensamiento poblacional, ya que los alumnos presentan dificultad con conceptos de genética que son comúnmente el núcleo de sus

problemas con la selección natural; 2) Ayudar a los estudiantes a entender que la generación de la variación genética es sólo el primer paso de un proceso que conlleva dos etapas, el segundo es “la selección”.

- **Extinción**, este concepto es a menudo relacionado con fracaso, tanto por estudiantes como por maestros.
- El concepto de **especie**, lo contrario de extinción, que reduce la biodiversidad, es la especiación, que incrementa la biodiversidad. Éste concepto es ampliamente utilizado, de igual manera sería importante saber qué es lo que los estudiantes entienden acerca de los sistemas de clasificaciones, es decir, saber cuales son sus hipótesis acerca de la historia de la vida en la tierra y el grado de relación entre especies, y que éstos se modifican con los avances de la Biología.
- **Azar**, la enseñanza de la evolución, introduce nociones de azar, por ejemplo la eliminación de taxos por un evento catastrófico o en la combinación azarosa de genes que produce nuevas variaciones fenotípicas en una población. Este concepto presenta dificultades en su enseñanza, así los autores nos alertan sobre el uso del termino azar y de no equipararlo con decir: “que todo es posible en la naturaleza”. Se cuestionan ¿Cómo podemos enseñar qué es el azar sin reforzar las ideas previas?

Los seres vivos cambian continuamente, tanto a nivel individual como a lo largo de generaciones. Muchas de las preguntas que se hace la Biología se refieren a fenómenos únicos e irrepetibles, por ejemplo: ¿por qué se extinguieron los dinosaurios? O ¿cómo se originaron los ojos de los cefalópodos?, cuyas respuestas no pueden formularse como leyes universales. El método apropiado en estos casos es el histórico, aunque no sea posible “probar” que una explicación histórica es “cierta”, la aceptación de una de ellas (por ejemplo, el impactó de un asteroide en la extinción de los dinosaurios) se produce cuando las pruebas disponibles la apoyan (Jiménez, 2003).

Hoy sabemos que las ciencias, sus productos, sus procesos y sus formas de hacer y pensar no han sido fruto de un momento, que detrás de cualquier

hallazgo o descubrimiento hay pequeñas y grandes aportaciones individuales y colectivas, anónimas y reconocidas, aceptadas y controvertidas, demostradas o especulativas, etc., por lo que parece lógico pensar que tanta pluralidad nos puede dar más pistas sobre que enseñar (Jiménez, 2003).

En definitiva, el desarrollo histórico del pensamiento evolutivo pone de manifiesto que no ha sido un proceso fácil, inmediato, sin altibajos o cómodo; de igual manera es importante el hacer evidente que, la mayoría de los investigadores han tenido ideas confusas, contradictorias, complementarias e incompletas que se han ido modificando con la propia evolución de sus conocimientos, esto es importante ya que a menudo se presenta el conocimiento científico como algo seguro e incuestionable que no se corresponde con la realidad (de Pro, 2003). Dado todo esto sería ilógico pensar que la construcción de los conceptos científicos por parte de los estudiantes no presente dificultad.

Capítulo. 3 CATEGORIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LAS IDEAS PREVIAS

3.1 Ideas Previas en el tema de evolución

La investigación en la enseñanza de las ciencias, ha contribuido de manera importante al conocimiento que se tiene de las ideas previas de los estudiantes con respecto al tema de la evolución. La investigación educativa realizada en este tema se ha enfocado principalmente en las ideas previas de los estudiantes con respecto a hechos comprobados del proceso evolutivo. En una revisión de la literatura acerca de las ideas previas, se revela que, la mayoría de los estudios realizados se han hecho con estudiantes de preparatoria y universitarios (Jeffery & Roach, 1994).

En este trabajo se realizó una búsqueda bibliográfica de las ideas previas que tienen los alumnos de nivel secundaria (12-15 años) respecto al tema de evolución. La búsqueda se realizó en revistas dedicadas a la investigación educativa, gran parte de éstas son publicaciones internacionales, por lo tanto las ideas previas que se presentan en este trabajo corresponden a alumnos de todo el mundo.

Consideramos que la investigación y conocimiento de las ideas previas que tienen los estudiantes de secundaria es muy importante, ya que es en este nivel educativo que los estudiantes tienen su primer encuentro con la Teoría Evolutiva formulada por Darwin. Dado que la Teoría Evolutiva es el común denominador de la Biología, el entendimiento de ésta nos parece una premisa importante. Comprender la evolución, no es sólo un conocimiento importante en la vida escolar, va más allá, trasciende a nuestra vida cotidiana.

A partir de la categorización y el análisis de las ideas previas, se podrá llegar a los problemas conceptuales que presentan los estudiantes de este nivel educativo. Con el análisis de éstos, se propondrán los protoconceptos evolutivos que permitan tener un cimiento con el que se pueda construir la Teoría Evolutiva propuesta por Darwin.

3.2 Categorización de las ideas previas

Las ideas previas encontradas en la bibliografía, fueron categorizadas con el fin de establecer una agrupación que permita organizarlas desde su implicación inmediata, es decir, lo que cada idea previa significa en torno a una situación particular, hasta una posible interpretación de un conjunto de ideas previas, se propone la siguiente organización (Flores, 2003 et. al):

- **Concepción**, en la cual se agrupan las ideas semejantes. Este nivel implica una primera agrupación de ideas previas que tienen, fundamentalmente, el mismo significado en cuanto a que se refieren al mismo fenómeno, bien en términos de descripción o explicación.
- **Categoría**, la cual agrupa concepciones que se refieren a un campo más amplio de explicación.
- **Marco**, este nivel es la síntesis más alta que el investigador puede hacer con las ideas de los alumnos, se agrupan categorías con la finalidad de dar cuenta de un posible esquema interpretativo que se presenta sobre un conjunto amplio de fenómenos y sus explicaciones.

Se muestran en la tabla (4) y en el esquema (2), tres grandes marcos así como uno intermedio, estos son la generalización más alta que se hizo de las ideas previas. Estos marcos son: “no cambio”, “cambio” y uno “intermedio”. El marco de “no cambio” agrupa aquellas categorías y concepciones que mantienen una posición fijista. El marco “cambio” engloba aquellas ideas que expresan cambio en los organismos, desde las ideas transformistas hasta las ideas que hablan de la Teoría Sintética. El marco “intermedio” contiene aquellas ideas que explican la evolución de los seres vivos de manera teleológica y antropomórfica, algunas de las ideas contenidas en esta categoría expresan cambio y otras no, ésta es la razón por la cual se escogió el término “intermedio”.

A continuación se indican en la tabla 4, las ideas previas que se encontraron en la bibliografía y su consecuente categorización. En la figura 2 se muestra de manera esquemática dicha categorización.

Las ideas previas se reportan con los autores que las identificaron, en las referencias de este trabajo se puede encontrar la bibliografía completa.

Tabla 4 Categorización de las Ideas Previas

Marco	Categoría	Concepción	Ideas previas
No cambio	Creacionista	Teología natural: un creador	<p>1. Dios les dio más velocidad a los chitas para que pudieran atrapar sus presas (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>48. La teoría sintética de la evolución era una teoría que decía que Dios los hacía morir para que iniciasen otros mejores y así sucesivamente (Cortés, 2000).</p>
No cambio	Creacionista	Pensamiento conciliador: los estudiantes “concilian” la explicación evolutiva con la creacionista, creando su propia explicación que les es coherente y funcional.	<p>2 La evolución como una teoría de desarrollo es parcialmente correcta, no se debería conectar al hombre con esta cadena evolutiva (Marques y Thompson, 1997).</p> <p>3. Los seres humanos son contemporáneos de los primeros seres vivos (Marques y Thompson, 1997).</p>

Marco	Categoría	Concepción	Ideas previas
Transición	Teleológica-antropomórfica.	Teleología: Metas evolutivas para cumplir un plan de la naturaleza	<p>19. A través de los años, cada siguiente generación ha mejorado su apariencia física hasta ser perfecta (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>32. La evolución ha sido la capacidad de todo ser vivo por mejorar su modo de vida (Campos y Cortés, 2002)</p> <p>58. La evolución de las especies se da para que pueda sobrevivir el más apto, o en su defecto que algunas cosas se adapten al medio en que viven (Cortés, 2000).</p> <p>55. La evolución de las especies se da porque al nacer una nueva especie va a adquirir mejores cosas que las anteriores especies e irá adquiriendo nuevas cosas (Cortés, 2000).</p> <p>59. La evolución de las especies se da para evitar la extinción, adaptarse al ambiente que los rodea y dar paso a especies superiores (Cortés, 2000).</p> <p>41. La teoría sintética de la evolución es aquella que va perfeccionando todas las características que alguien requiere (Cortés, 2000)</p> <p>38. La naturaleza selecciona a los seres vivos quienes pasan por un periodo de adaptación que los obliga a evolucionar (Campos y Cortés, 2002).</p> <p>20. Los piojos se vuelven resistentes a los insecticidas, las nuevas generaciones heredan esta característica y se volverán más resistentes, al paso del tiempo de acuerdo a las leyes de Mendel, las nuevas generaciones evolucionarán hasta que sean más perfectas (Jiménez,-Aleixandre, 1994).</p>

			<p>22. Una mutación sucede y se convierte en dominante porque es necesaria para la sobrevivencia. (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>60. Un ejemplo para explicar el proceso evolutivo es la mariposa ya que primero es oruga y después al meterse a su capullo, evoluciona y se hace mariposa (Cortés, 2000). (“mejorarse”)</p>
Marco	Categoría	Concepción	Ideas Previas
Transición	Teleológica-antropomórfica.	Antropomórfica: Metas evolutivas acordes con la necesidad de los individuos.	<p>21. Las orugas se moverían a un árbol oscuro porque averiguarían que están matando a más orugas, las que quedan dicen: “Bueno, le está saliendo moho al árbol y está cambiando de color (pálido) así que mejor nos cambiamos de árbol” (Wood-Robinson,1994)</p> <p>23. Las orugas sabían que tenían que cambiar de color y habría tomado mucho tiempo, pero eventualmente comenzaron a hacerse más oscuras (Wood-Robinson,1994)</p> <p>8. A través del tiempo los chitas mutantes que corren más rápido sobreviven. Los más lentos que no aprendieron a adaptarse al ambiente se mueren (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>24. Cuando todo se torno frío, los zorros lucharon para mantenerse vivos y gradualmente comenzó a crecerles pelo grueso hasta que pudieron sobrevivir, ellos tenían de alguna manera la determinación de mantenerse vivos (Wood-Robinson, 1994).</p> <p>25. Las orugas tendrían que estar concientes de que su medio esta cambiando y entonces tratarían de cambiar cambiando el pigmento de su piel, tendrían que hacerse más claras (Wood-Robinson, 1994).</p>

			<p>26. Los organismos deciden migrar cuando saben que hará frío y esto ha sucedido de generación en generación (Southerland, et. al 2001).</p> <p>27. Los organismos se adaptan a diferentes ambientes porque necesitan evolucionar para así sobrevivir y dejar descendencia y morir dejando nuevas especies (Campos y Cortés, 2002).</p> <p>9. Los padres enseñan a sus hijos como correr más rápido, ellos aprenden de sus padres (Lawson y Thompson, 1988).</p>
Marco	Categoría	Concepción	Ideas Previas
Cambio	Transformista: el mecanismo de transformación no es propiamente evolución, sin embargo es claro que se opone a la inmutabilidad de las especies	Lamarckista: Cambios en los individuos como respuesta a condiciones del medio. Uso y desuso de caracteres adquiridos	<p>10. Los chitas se mantuvieron usando sus músculos y así ellos se volvieron cada vez más rápidos (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>53. La evolución de las especies se da por los factores que lo rodean, ya sea clima, lugar, alimentación (Cortés, 2000).</p> <p>11. El sol brilla más caliente en África, por lo que la piel de la gente es mucho más oscura, así cuando un niño nace su piel es un poco más oscura que la normal (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>54. La evolución de las especies se da por la adaptación de un ser vivo al cambio de su medio ambiente (Cortés, 2000)</p> <p>12. Niños nacidos en África pero los padres no, tendrán un poco más oscura la piel, pero sólo por causa de la temperatura. (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>13. Las aves acuáticas van desarrollando la membrana interdigital a lo largo de su vida hasta llegar a adultos. Quiero decir que como los patos</p>

		<p>desde pequeños están en contacto con el agua, el movimiento continuo de sus patas hace que la membrana vaya siendo cada vez más fuerte. Si no se encontraran en contacto con el agua, esta membrana desaparecería, ya que no tendría ninguna utilidad. Los patos pequeños heredan de sus padres esta membrana (Gené, 1991).</p> <p>14. Como efecto del medio algunos organismos pueden cambiar, el cambio en los organismos es modificable por el medio. La adquisición de rasgos es heredable por la descendencia, como resultado de este cambio en los individuos la población cambia. (Jiménez -Aleixandre, 1992).</p> <p>15. Los individuos de una especie son diferentes por cambios heredables. Los organismos dependen del ambiente, los que presentan rasgos más aptos serán los que tengan mayor probabilidad de sobrevivir y tener descendencia. (Jiménez -Aleixandre, 1992).</p> <p>16. Las plumas de algunas aves cambian de color para asemejarse al medio ambiente y estar camufladas. (Southerland, et. al 2001)</p> <p>56. Las especies evolucionan porque al hacer un movimiento constante se acostumbra la especie y obtiene esa postura (Cortés, 2000).</p> <p>64. Puede que antes el tiburón era un pequeño pez similar a la piraña, pero al paso del tiempo se tuvo que adaptar al medio en este caso hostil y cambió de tamaño (Cortés, 2000).</p> <p>35. La teoría sintética de la evolución explica el origen y la diversidad de las especies, que de seres sencillos, evolucionaron a seres complejos (Campos y Cortés, 2002)</p>
--	--	---

			<p>57. La evolución de las especies se da por la adaptación a ciertos cambios del medio en que viven y también a la selección natural (Cortés, 2000).</p> <p>62. Un ejemplo para explicar el proceso evolutivo sería la jirafa, antes tenía el cuello corto y patas cortas. Se alimentaba del suelo y al acabarse la comida del suelo tuvo que recurrir a los árboles y tuvo que alzar la cabeza y es así como empezó a crecerle el cuello (Cortés, 2000).</p> <p>7. Al paso de las generaciones la piel humana de la descendencia se oscurecerá cada vez más debido a la adaptación (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>36. La teoría sintética de la evolución es cuando una especie se adapta al clima de esa región (Campos y Cortés, 2002)</p>
Marco	Categoría	Concepción	Ideas Previas
Cambio	Evolutiva	<p>Darwinista 1:</p> <p>-Variabilidad: diferencias heredadas entre los individuos de una misma especie. No son idénticos.</p> <p>-Excesiva descendencia: En la mayoría de las especies nacen más de los que sobreviven.</p> <p>Supervivencia diferencial: Los individuos que presentan</p>	<p>4. La falta de efecto de los insecticidas por la existencia de variabilidad en la población, es decir, existencia de unos resistentes y otros no, y supervivencia diferencial de los resistentes hasta llegar a construir la mayoría de la población. (Jiménez, 1991).</p> <p>5. Los chitas más rápidas atrapan más comida, esta les da más energía para reproducirse más rápido (Lawson y Thompson, 1988).</p> <p>6. El piojo es un animal que procrea muchas veces, sólo los más fuertes sobreviven. Aquellos que no son afectados por los insecticidas, así como su descendencia, están atacando ahora a la población (Jiménez-Aleixandre, 1994).</p>

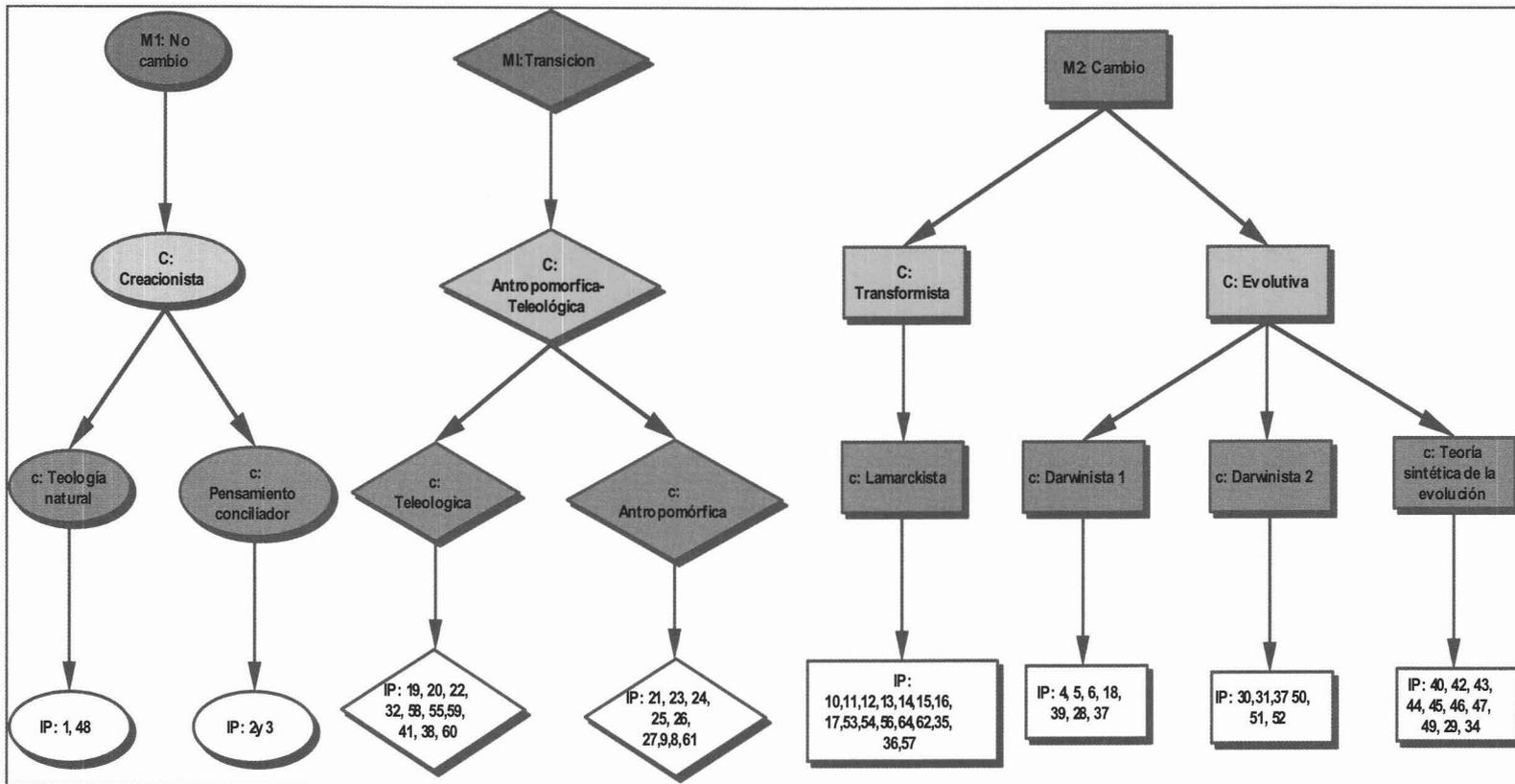
		<p>cierto rasgo (mejor adaptados) aportan más descendencia a la siguiente generación.</p>	<p>18. Probablemente hubo algunos zorros con el pelo delgado y algunos con pelo ligeramente grueso, pero los zorros con pelo delgado se murieron de frío, mientras que los zorros de pelo ligeramente grueso probablemente sobrevivieron el suficiente tiempo para tener descendencia. (Wood-Robinson, 1994)</p> <p>28. Algunos seres vivos son diferentes, dejan descendencia y se forman nuevas especies, por eso hay tanta variabilidad (Campos y Cortés, 2002)</p> <p>31. Un ejemplo de evolución es un mamut que evoluciona hasta convertirse en elefante (Campos y Cortés, 2002)</p> <p>50. La evolución de las especies se da a partir de las relaciones entre varias especies (Cortés, 2000).</p> <p>51. La evolución de las especies es la aparición de nuevas especies, en lo cual interviene la genética de los padres (Cortés, 2000).</p>
Marco	Categoría	Concepción	Ideas Previas
Cambio	Evolutiva	<p>Darwinista 2: Ideas expresan que existe sólo un proceso por el que las características de las especies cambian gradualmente y al que indistintamente llaman selección o adaptación.</p>	<p>30. Por medio de la selección natural las especies se van transformando conforme su adaptación (Campos y Cortés, 2002)</p> <p>52. La evolución de las especies se da por la adaptación a su medio en que viven. Los genes guardan toda la información contenida y la que se van cambiando para después heredarla a sus descendientes (Cortés, 2000).</p> <p>37. Las especies han evolucionado de acuerdo con su adaptación (Campos y Cortés, 2002).</p>

Marco	Categoría	Concepción	Ideas Previas
Cambio	Evolutiva	Teoría sintética: Aquellas ideas que hablan de la Teoría sintética	<p>40. La teoría sintética de la evolución es alguna teoría sobre la evolución de las especies (Cortés, 2000)</p> <p>42. La teoría sintética de la evolución es la que se basa en La Teoría de la Evolución por Darwin para completarle información sobre este tema (Cortés, 2000).</p> <p>43. La teoría sintética de la evolución, es una teoría en la cual se explican todos los pasos de la evolución desde los antiguos hasta nuestros días (Cortés, 2000).</p> <p>44. La teoría sintética de la evolución explica por qué los seres vivos han evolucionado y de que se trata ésta (Cortés, 2000).</p> <p>45. La teoría sintética de la evolución es la que en lo “menor” explica la evolución del hombre (Cortés, 2000).</p> <p>46. La teoría sintética de la evolución es sólo una idea de cómo evolucionaron las cosas, los animales y personas (Cortés, 2000).</p> <p>47. La teoría sintética de la evolución, es la teoría resumida del proceso que es la evolución (Cortés, 2000).</p> <p>49. La teoría sintética de la evolución es la que nos explica con exactitud cómo fueron evolucionando las especies desde el origen de la vida hecha por Charles Darwin (Cortés, 2000).</p> <p>29. La teoría sintética de la evolución es que sólo evolucionan las</p>

			especies que se pueden adaptar (Campos y Cortés, 2002).
--	--	--	---

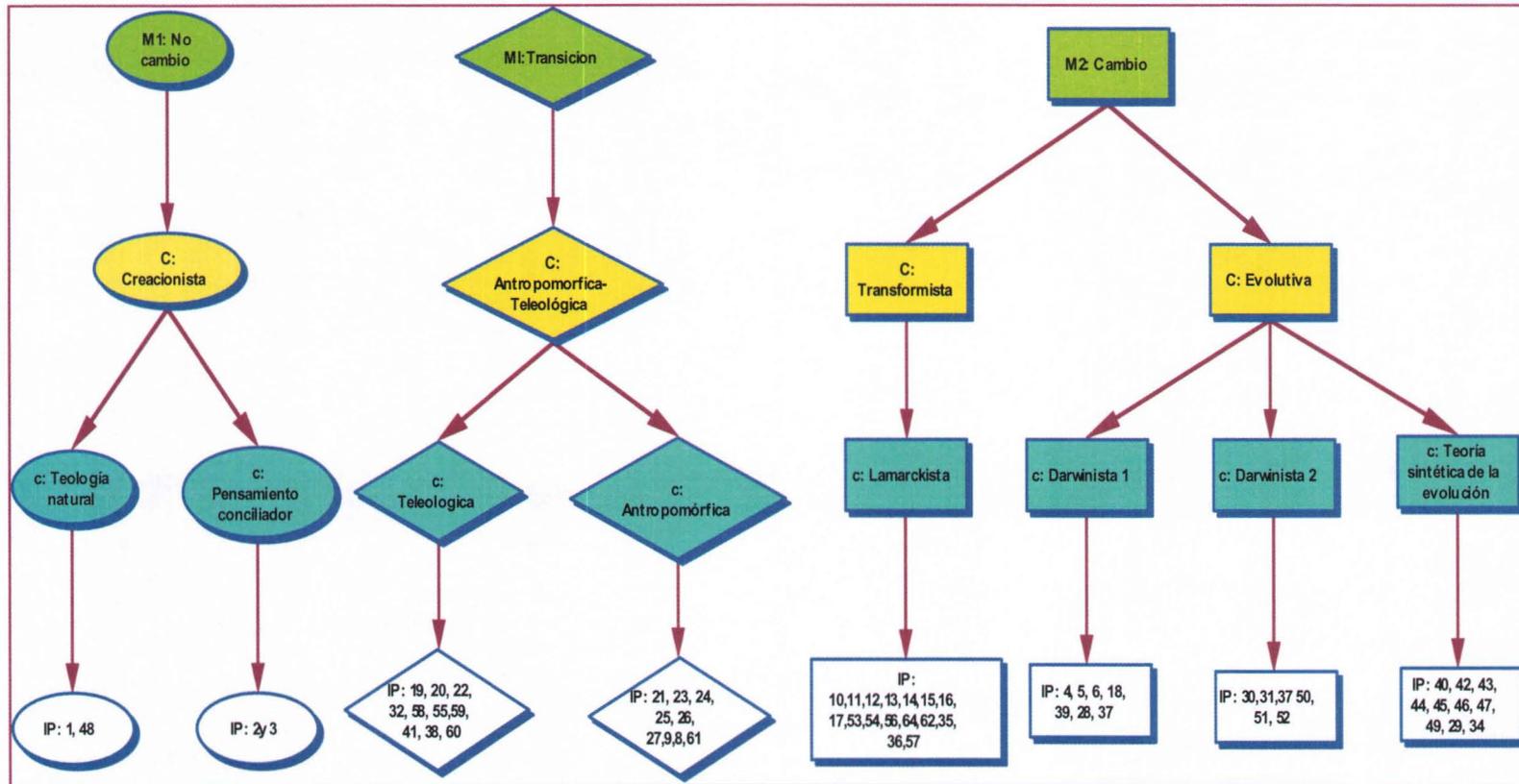
			34. La teoría sintética de la evolución es la teoría que está sin comprobarse, o sólo una parte (Campos y Cortés, 2002).
--	--	--	--

Fig. (2) Esquema que sintetiza la agrupación en Marcos, Categorías y Concepciones de las ideas previas encontradas en alumnos de secundaria en el tema de evolución.



M: Marco; **C:** Categoría; **c:** concepción; **IP:** Idea Previa

Fig. (2) Esquema que sintetiza la agrupación en Marcos, Categorías y Concepciones de las ideas previas encontradas en alumnos de secundaria en el tema de evolución.



M: Marco; **C:** Categoría; **c:** concepción; **IP:** Idea Previa

3.3 Análisis de la categorización de las Ideas Previas

El análisis de la agrupación de las ideas previas se realizó a nivel de **Categoría**, ésta nos da cuenta de algunos de los problemas conceptuales que presentan los alumnos de nivel secundaria con respecto a la Teoría Evolutiva. En la siguiente tabla 5 se muestran los problemas conceptuales encontrados, así como su explicación.

Tabla 5 Problemas conceptuales

Problema conceptual (Categoría)	Explicación
Creacionismo	En la visión creacionista, los alumnos concilian en sus respuestas la enseñanza teológica del medio con la enseñanza escolarizada. Este tipo de ideas excluye, de manera general, al evolucionismo como un proceso formador de nuevas especies, es decir, el creacionismo tiene ya una respuesta para el origen de la vida y en muchos casos va de la mano con otras posiciones como el fijismo, en el cual las especies se crearon, han permanecido iguales desde su origen y aparecieron simultáneamente.
Transformismo	El pensamiento transformacionista el cual presidió Lamarck es uno de los más socorridos para explicar el cambio evolutivo. Para Lamarck, las especies sólo podían permanecer invariables si el entorno no cambia, pero como sí cambia, los animales se adaptaban y legaban nuevas características a sus descendientes. Muchas de las ideas de los estudiantes muestran esto, que el medio ambiente determina el cambio y la dirección que toman las características de los organismos a través del tiempo. Aunque el mecanismo de transformación no es propiamente evolución, es claro que es un avance con relación a la inmutabilidad de las especies.

Problema conceptual (Categoría)	Explicación
Antropomórfica- Teleológica	<p>Los pensamientos teleológico y antropomórfico son usados con frecuencia para explicar los mecanismos evolutivos, es decir, los alumnos hacen referencia a la capacidad de los organismos para cambiar en frases como “cambian porque lo desean” o “cambian porque saben”, o “sienten” o “piensan”. Los alumnos con frecuencia expresan que la evolución tiene un fin, y busca la perfección. Este tipo de aseveración es fácil de construir por los alumnos ya que el manejo cotidiano de los términos evolutivos como “adaptación” o “selección natural” están reforzando las ideas previas con aseveraciones como; “la perfección del más fuerte”, “la sobrevivencia del mejor”, “adaptarse” como lo hace el ser humano. Las explicaciones teleológicas son aquellas en las que el objetivo de cierto proceso se usa para explicar el proceso en sí. Estas explicaciones buscan un fin y propósito como factores causales en los procesos naturales. El término teleología hace referencia a los casos en los cuales se usan los fines tales como la supervivencia o la adaptación, para explicar cómo están construidas ciertas estructuras y la manera en que realizan ciertas funciones (López, 2000). Los alumnos dan un sentido diferente al que este tipo de explicaciones tiene en Biología. Cuando los biólogos emplean el lenguaje teleológico, no están necesariamente usando explicaciones antropomórficas. Cuando se hace una afirmación teleológica o funcional en Biología no se presupone que el material en discusión manifieste propósitos latentes, objetivos o metas. Incluso cuando se emplean palabras como “propósitos” se niega su valor consciente e implícito. Para los biólogos, propósito es igual a función (López, 2000). En la actualidad no existe un acuerdo unánime en la utilización de las explicaciones teleológicas en la enseñanza de la Biología, porque se critica el que estén invocando “propósitos” o “fines” como factores causales en los procesos naturales. Sin embargo, es importante resaltar que la explicación teleológica es defendida por muchos filósofos de la ciencia y biólogos como una característica que hace diferente a la Biología con respecto a la Física y otras ciencias. Aún cuando entre los filósofos de la ciencia y los biólogos hay un consenso en la validez de la utilización de la explicación teleológica en Biología, en el campo de la enseñanza de la Biología esto no está resuelto (López, 2000). Los argumentos que se emplean en contra del uso de la explicación teleológica son las siguientes:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - El peligro de que los estudiantes identifiquen los propósitos con las causas, o los fines con las causas, y - El riesgo de que las formulaciones teleológicas lleven a una interpretación antropomórfica de los fenómenos biológicos, es decir, a la atribución de rasgos humanos tanto a plantas como animales o incluso funciones psicológicas, tales como "pensar", "sentir", "desear", "querer", etc., junto con el problema de que este tipo de expresiones impliquen dirección hacia un propósito (López, 2000) <p>La interpretación antropomórfica de los fenómenos biológicos es la atribución de rasgos humanos a otros seres vivos o incluso funciones psicológicas como "pensar", "sentir", "desear", etc.</p>
Problema conceptual (Categoría)	Explicación
Evolutiva	<p>Los estudiantes piensan que existe sólo un proceso por el que las características de las especies cambian gradualmente y al que indistintamente llaman selección o adaptación. La memorización de términos como adaptación o selección natural, lleva a los estudiantes a no comprender de qué se está hablando y a sólo repetir estas palabras sin tener conciencia de qué significan o qué implican. Otro factor que incide de manera importante es el lenguaje, tanto escrito como hablado, pues el aprendizaje de las ciencias se da a través de éste, el lenguaje que se utiliza en las clases de ciencias es un lenguaje específico, diferente del empleado en situaciones cotidianas, este es uno de los problemas de incomunicación más claro en las clases de ciencia: el empleo de una misma palabra que tiene significados diferentes ("adaptación", "selección") en el lenguaje de las ciencias y en el cotidiano. Es decir, los alumnos tienen que construir un nuevo significado en el marco de las explicaciones científicas (Jiménez, 2003). La construcción de nuevos conceptos no presupone necesariamente el abandono de las ideas previas, sino la toma de conciencia del contexto en que cada concepto, el nuevo o el previo, es aplicable. La cuestión es poder utilizar un mismo término o concepto con distintos significados, pero siendo conscientes de que lo hacemos, lo que significa un mayor control de la propia cognición, del propio aprendizaje. Aprender ciencias es, entre otras cosas,</p>

	<p>aprender a hablar del mundo en otros términos (Jiménez, 2003). Desde que se dio a conocer la Teoría darwinista hace 150 años, el darwinismo ha sido objeto de algunas “correcciones” y “ampliaciones”. Por lo tanto, hoy en día se suele hablar del neodarwinismo al hacer referencia a la moderna Teoría de la Evolución (Ganten, Deichman y Spahl, 2004). La Teoría Sintética de la evolución (síntesis evolutiva) es la que integra avances de otra disciplinas, como la genética, la genética molecular, la bioquímica, la ecología, la geología y la física, por lo que su comprensión va más allá de solo memorizar una definición, implica tener una red de conocimientos, así como un nivel cognitivo que los estudiantes de nivel secundaria no tienen.</p>
--	---

Además de los puntos señalados (problemas conceptuales, ver tabla N° 5) con anterioridad es importante mencionar que a través del análisis de la categorización se hace evidente que los estudiantes de nivel secundaria no presentan una idea clara de qué es un organismo vivo, por lo que, al referirse a la evolución, sólo la asocian con animales macroscópicos y no con todos los organismos vivos, como las plantas, así la evolución se vuelve exclusiva de algunos organismos. De igual manera se puede observar que en las ideas previas no se percibe conexión entre los conceptos de genética con los de evolución, aspecto fundamental para el entendimiento de conceptos tales como la selección natural o la adaptación. Es importante mencionar que en nuestro país el programa de secundaria para el primer año, contempla la enseñanza de la Teoría Sintética de la Evolución la cual, requiere de conceptos relacionados con toda la Biología, así como, tener una visión clara de la Teoría Evolutiva, como resultado de esto las ideas previas de los alumnos son claro reflejo de que la enseñanza de la teoría sintética necesita un nivel conceptual diferente al que tienen los alumnos de este grado escolar. Es claro en este ejercicio de categorización, que las explicaciones de los estudiantes están enmarcadas por su desarrollo cognitivo, de manera significativa, así como también, por el ámbito escolar y la información cotidiana.

La Teoría de la Evolución formulada por Darwin se enseña en la escuela y es a través de ésta que los maestros pretenden que el estudiante explique la diversidad de la vida. Sin embargo, esta teoría es complicada y esta basada en un sin número de conceptos abstractos. Probablemente esto sea una de las razones por la que los estudiantes recurren a explicar el mundo a través de un pensamiento transformista como el de Lamarck. Los conceptos mencionados anteriormente, contienen los protoconceptos que deberían estar presentes en la enseñanza de la Teoría Evolutiva a manera de pilotes que estructuren y den cimiento a la enseñanza de ésta. En este trabajo el nivel de secundaria es el que nos compete, sin embargo como producto del proyecto "Ideas Previas" que tiene como resultado la publicación de la pagina <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/presentacion.htm> hospedada en la red de redes, se realizó una categorización de las ideas previas en el tema de evolución, presentes en todos los niveles escolares, esto nos permite

decir que la permanencia de los problemas conceptuales a lo largo de los niveles educativos subsecuentes es muestra de que no importa la complejidad de la pregunta, los tópicos que dan pie a las concepciones permanecen inalteradas aún después de la instrucción y durante todos los niveles educativos posteriores.

Capítulo.4 ANÁLISIS DEL LIBRO PARA EL MAESTRO DE BIOLOGÍA

El proceso de enseñanza-aprendizaje se apoya fundamentalmente en el libro de texto, éste representa un saber que ha sido transformado, a partir de un referente científico, para formar parte del medio escolar (De la Gandara, Gil, y Sanmartí, 2002). Autores como Jeffery, y Roach (1994) reportan que los libros de texto son la fuente primaria de información usada en el salón de clases. Al indagar los orígenes de las ideas previas, las razones más señaladas de su adquisición son la influencia de la experiencia cotidiana así como el tratamiento de los diferentes temas por parte de los libros de texto (Pozo, y Gómez Crespo, 1998). Es por esto que en este capítulo se hace un análisis global del “*Libro para el Maestro: Biología*” publicado por la Secretaria de Educación Pública, así como uno particular de la unidad 2 “*Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo*”. El Libro para el Maestro correspondiente a la asignatura de Biología refleja el programa oficial que se aplica en “todas” las escuelas secundarias del país y se entrega para que se emplee como apoyo didáctico. No hay, para los alumnos, un texto oficial que unifique el tratamiento didáctico de los contenidos, aunque los autores deben ceñirse a los lineamientos del Plan y programa de Estudios.

El propósito esencial del Libro para el Maestro de Biología es ofrecer al maestro múltiples alternativas prácticas para la enseñanza de los temas centrales de los nuevos programas, las propuestas didácticas que se incluyen son abiertas y ofrecen amplias posibilidades de adaptación a las formas de trabajo de cada maestro a las condiciones en que labora y a las necesidades y dificultades de aprendizaje de los alumnos.

4.1 Propósitos, prioridades y objetivos del plan de estudios

4.1.1 Propósitos del plan de estudios

El propósito esencial del plan de estudios que se deriva del Acuerdo Nacional para la Modernización de la Educación Básica, es contribuir a elevar la calidad de la formación de los estudiantes que han terminado la educación primaria,

mediante el fortalecimiento de aquellos contenidos que responden a las necesidades básicas de aprendizaje de la población joven del país y que sólo la escuela puede ofrecer. El plan de estudios es un instrumento para organizar el trabajo escolar y lograr el avance cualitativo. Para que sus propósitos se cumplan, deberá integrarse a un proceso general de mejoramiento, del que formaran parte programas de estudio sistemáticos, libros de texto y materiales de estudio con información moderna y eficacia didáctica y un sistema que apoye en forma continua la actualización y el mejoramiento profesional de los maestros. (SEP, 1994). El propósito general de la enseñanza de la Biología es promover el conocimiento de los alumnos sobre el mundo viviente; sin embargo, los beneficios de una educación científica no deben limitarse a la adquisición de conocimientos. La ciencia es también una actividad social que incorpora valores y actitudes; su práctica y el aprendizaje de sus métodos propicia la aplicación sistemática de actitudes como la diligencia, la imparcialidad, la imaginación, la curiosidad, la apertura hacia nuevas ideas, la capacidad de formular preguntas y, muy especialmente, debe inculcar en el alumno un cierto escepticismo sistemático que le permita balancear la aceptación indiscriminada de nuevas ideas (SEP, 1997).

4.1.2 Prioridades del plan de estudios

Las prioridades del plan de estudios se enlistan en seis puntos, el que nos interesa en este trabajo será el punto número tres que dice:

“Fortalecer la formación científica de los estudiantes y superar los problemas de aprendizaje que se presentan en este campo. Para este propósito, en el plan de estudios se suprimen de manera definitiva los cursos integrados de Ciencias Naturales y se establecen dos cursos para el estudio de cada una de las disciplinas fundamentales del campo: la Física, la Química y la Biología. Además, en el primer grado se incorpora un curso de Introducción a la Física y a la Química, cuyo propósito es facilitar la transición entre las formas de trabajo en la educación primaria y el estudio por disciplinas que se realiza en la secundaria (SEP, 1994)”.

4.1.3 Objetivos del plan de estudios de la asignatura de Biología

Los objetivos que se plantean al término de los dos cursos de Biología que se imparten en la escuela secundaria son:

- Identificar el campo y los métodos de estudio de la Biología y reconocer, a través del análisis de su desarrollo histórico, que el conocimiento es relativo y la ciencia un proceso continuo.
- Identificarse como un ser biológico que es producto de los procesos evolutivos y que está en constante interacción con su ambiente.
- Comprender los principales mecanismos que moldean la anatomía, fisiología y conducta de los seres vivos.
- Fortalecer las ideas de respeto y responsabilidad hacia la naturaleza y hacia su propio cuerpo, mediante la conservación de la salud.
- Valorar la importancia de las relaciones biológicas que se presentan entre los seres vivos.
- Poseer habilidades para la adquisición y comunicación de la información científica.

4.2 Enfoque del plan de estudios para la asignatura de Biología

El enfoque de los programas de Biología ha sido reformulado en un intento por estimular una aproximación más reflexiva del alumno, ofreciéndole la posibilidad de replantear sus conocimientos previos, adquiridos tanto en la escuela como fuera de ella. Lo propuesto para estos cursos establece una vinculación continua entre las ciencias y los fenómenos del entorno natural que tienen mayor importancia social y personal como: la protección de los recursos naturales y del medio ambiente, la preservación de la salud y la comprensión de los procesos de intenso cambio que caracteriza a la adolescencia" (SEP, 1994). En el Libro para el Maestro, la Biología está enfocada hacia un carácter formativo, por ello es más importante presentar a los estudiantes la esencia o los aspectos básicos de los fenómenos naturales, que abundar en gran cantidad de detalles que pueden tener poco significado en el contexto del alumno. Para este fin se presentan en el Libro para el Maestro los programas

desglosados en unidades temáticas, temas y subtemas, y a continuación una serie de orientaciones generales que identifiquen los puntos esenciales a ser explicados o algunos de los problemas más comunes que surgen al tratar de determinados temas (SEP, 1994). En esta propuesta del Libro para el Maestro, se ha considerado en el tratamiento de la Biología un enfoque histórico, ya que tiene un alto valor didáctico la transmisión de que la ciencia es un cuerpo de conocimiento en constante cambio. De igual manera se enfoca a la ciencia como la probable generadora de soluciones, esto con la finalidad de evitar asociaciones negativas como: la ciencia es difícil, la ciencia es la causante de la crisis ambiental, etc.

4.3 Plan de estudios para la asignatura de Biología

El plan de estudios de la asignatura de Biología para la escuela secundaria que actualmente se utiliza en México, surge a partir del trabajo doctoral del biólogo Guillen (1997). En dicho trabajo se planteó el objetivo de establecer una propuesta curricular para la enseñanza de la Biología en la escuela secundaria, dicho objetivo se alcanzó, ya que los programas de la asignatura de Biología para dicho nivel fueron reformados, con base en ese trabajo en 1993 por la Secretaría de Educación Pública. Esta fue la séptima reforma realizada desde 1926 y la primera después de diecinueve años (Guillen, 1997). Es importante mencionar que es en este mismo año (1993) que la educación secundaria se vuelve obligatoria.

El plan de estudios actual de la asignatura de Biología (véase apéndice) en la escuela secundaria presenta modificaciones importantes con respecto a su precedente inmediato (Guillen, 1997). El cambio más importante respecto de los programas anteriores se refiere al reordenamiento de los contenidos, el cual se hizo con base en las siguientes consideraciones (SEP, 1994):

- Los planteamientos didácticos actuales prevén la necesidad de brindar al alumno elementos que favorezcan la construcción de nuevos conocimientos sistemáticos con base en esquemas previos más generales e integradores que los que adquirió en la primaria; por ello se incluyen en primer grado los conceptos básicos que le permiten acercarse al estudio sistemático de la Biología.

- Los conceptos más familiares o significativos para el estudiante se deben ofrecer en primer lugar. En ese sentido, estos programas consideran que los procesos macrobiológicos (**evolución**, ecología, eras geológicas) se integrarán con más facilidad en el marco conceptual de estudiantes de primero de secundaria, mientras que los procesos microbiológicos (célula, compuestos orgánicos) son más adecuados en segundo grado.
- Hay mayor pertinencia en la enseñanza de los contenidos de fisiología e higiene en segundo año de secundaria. Es probable que, comparados con los alumnos de segundo, los de primero de secundaria presenten menor interés en el estudio de contenidos fisiológicos como reproducción e higiene, ya que los primeros se encuentran en una fase más avanzada de desarrollo.

En opinión de Guillen (1997) una de las metas importantes para la organización de contenidos de esta asignatura es la necesidad de que el alumno distinga los procesos particulares de la Biología, pero es importante evitar que este esfuerzo le transmita la idea de que a esta asignatura la constituyen contenidos sin articulación con otras disciplinas. El libro pretende que el alumno tenga claro que las ciencias comparten propósitos, contenidos y métodos (SEP, 1994)

El trabajo de Dr. Guillen (1997) tuvo como ejes las siguientes preguntas, basándose en Coll (1987), ¿Para qué; qué, cómo; y cuándo enseñar?

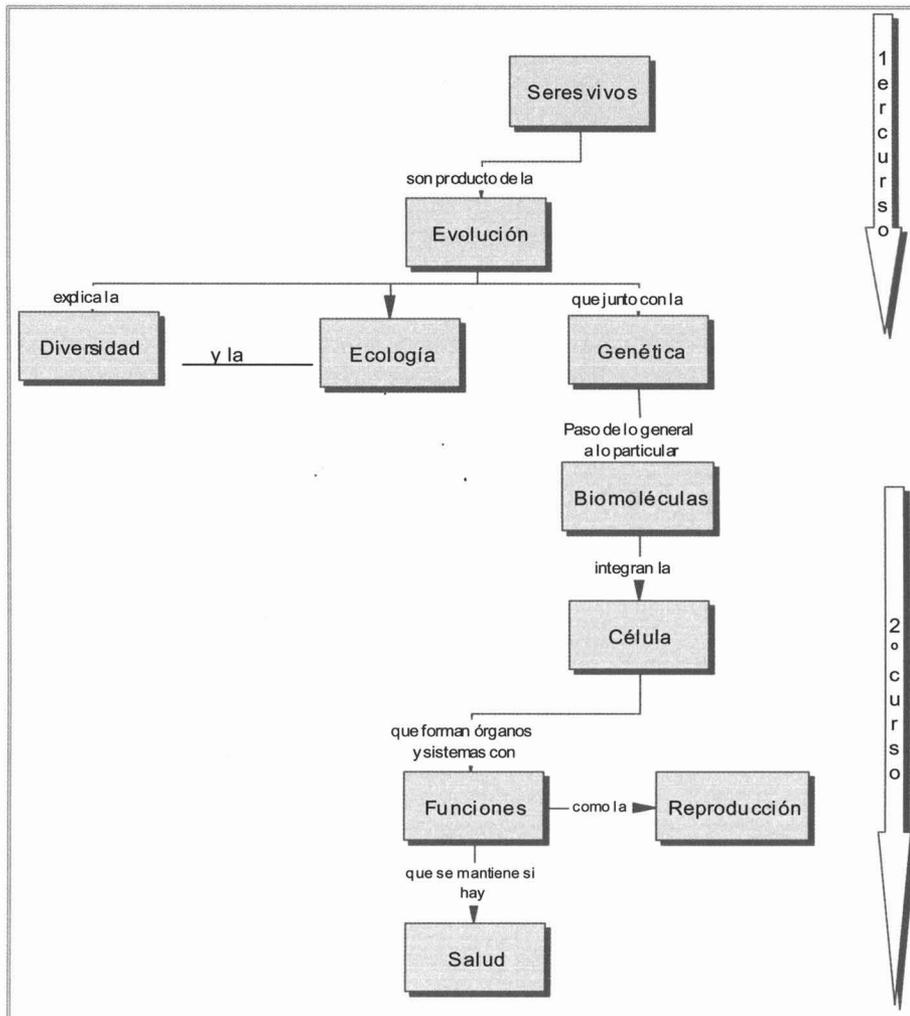
- **¿Para qué enseñar?** el propósito de la educación científica en secundaria no debe ser exclusivamente el de formar científicos, en opinión del autor es necesario responder a demandas más básicas; los beneficios de una educación científica no deben limitarse a la adquisición de conocimientos que probablemente tengan poca o ninguna aplicación ya que la ciencia es una actividad social que incorpora valores y actitudes (Guillen, 1997). Propone que en el estudio de la Biología, tan cercana a la experiencia directa de los estudiantes, puede utilizarse un

enfoque que relacione los contenidos con las experiencias cotidianas de éstos. La ciencia debe verse no sólo como una manera de buscar respuestas a problemas, sino como una forma de entender el mundo en el que vivimos, en opinión del autor, esta aproximación permitirá que la visión de los estudiantes no se vea limitada y que sean capaces de adquirir una cultura científica.

- **¿Qué enseñar?**, el autor argumenta que la elección de los conceptos debe atender a consideraciones epistemológicas de los procesos ontológicos y a la selección de contenidos sociales. En la propuesta se ha asignado un especial valor a grandes conceptos que rigen procesos evolutivos, ecológicos y genéticos y a la vez se han integrado temas con un alto contenido social como lo son: ciencia y sociedad, el panorama actual de la Biología, conservación ambiental y consecuencias de la actividad humana en el ambiente, además de las orientaciones específicas de salud y sexualidad (Guillen, 1997). El nuevo programa de primero de secundaria (1993-1994) tiene una secuencia organizada con su equivalente de segundo grado y con sus precedentes de ciencias naturales de primaria, propone cinco unidades para primer grado: el mundo vivo y la ciencia que lo estudia, **evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo**, los seres vivos en el planeta, ecología: los seres vivos y su ambiente, genética: la ciencia de la herencia. En segundo grado se presentan: Los niveles de organización de la materia viva, la célula, funciones de los seres vivos, reproducción humana, y la salud. Cada unidad en ambos cursos presenta un desglose de subtemas que pretende orientar al maestro sobre los contenidos más pertinentes a revisar y en este sentido se plantea explícitamente que la intención es brindar una línea propositiva, más que una larga lista de temas que se deben estudiar exhaustivamente. El objetivo, en palabras de autor, es presentar temas que buscan hacer “énfasis en el aspecto significativo que tiene el conocimiento biológico” (Guillen, 1997).
- **¿Cuándo enseñar?** Guillen (1997) argumenta que la secuenciación de contenidos puede ser determinante en el aprendizaje, basándose en Novak (1978) que propone una secuencia de enseñanza diseñada con

propiedad (el organizador avanzado), introducida previamente a la nueva información que debe aprenderse, facilita el aprendizaje posterior. La característica principal de los organizadores avanzados es que son información más abstracta y general que la información a seguir y que ello facilita el aprendizaje significativo. El nuevo programa de Biología reconoce la importancia de la evolución como un contenido integrador en la enseñanza de la misma y, como tal, le dedica por completo la segunda unidad del primer grado, sólo después de haber revisado conceptos generales de Biología (Guillen, 1997). La elección de los contenidos de cada curso se basa en las diferencias a nivel de desarrollo e intereses de los alumno, de acuerdo con esto, en el primer año de secundaria se pretende involucrar a los alumnos en los procesos unificadores de la Biología, así, en segundo de secundaria el objetivo es que se comprendan las particularidades de la organización de los seres vivos. A continuación se presenta la figura 3 (tomada de Guillen, 1997) que esquematiza de manera general el programa de Biología 1993 para primero y segundo de secundaria.

Fig. 3 Programa de secundaria para la asignatura de Biología



¿Cómo enseñar? el autor propone una serie de recomendaciones explícitas y fundamentadas con las que pretende ofrecer al maestro estrategias de aprendizaje y mecanismos para enseñar lo que el alumno aprende. El Libro para el Maestro se divide en seis capítulos, 1) “Enfoque”; 2) “Contenidos; 3) “Recomendaciones didáctico-metodológicas”; 4) “Actividades de los alumnos”; 5) “Recomendaciones de evaluación” y 6) “Fichas didácticas”.

En opinión del autor el Libro para el Maestro de Biología representa una fuente explícita con orientaciones educativas, para la unidad temática 2

“Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo” se propone un análisis del desarrollo histórico de la Teoría Evolutiva. Se enfatiza la importancia del trabajo de Darwin y se aborda el tema de la síntesis evolutiva moderna (SEP, 1994).

Guillen (1994), propone algunas de las orientaciones generales que permiten identificar los aspectos relevantes a revisar en cada grado; también, plantea que se debe señalar cómo las ideas preevolutivas consideraban al mundo viviente un sistema estático y de qué manera las evidencias y los procesos de desarrollo generaron un cambio en esta actitud a fines del siglo XVIII. Además, deberán mencionarse trabajos como los de Jean Baptiste Lamarck. El autor hace énfasis en la importancia que tiene que los maestros presenten con claridad las **ideas de Lamarck** y marquen con precisión los **conceptos erróneos** de este naturalista, ya que diversas investigaciones educativas han demostrado que en los estudiantes del nivel priva un pensamiento intuitivo lamarckiano para explicar los cambios en los seres vivos (Guillen, 1997). El autor indica la conveniencia que tiene mencionar el **viaje del Beagle** ya que es un tema que puede ser tratado de manera muy amena, incluyendo los comentarios de Darwin acerca de la enorme **diversidad** que encontró, su contacto con **restos fósiles**, y desde luego su experiencia en las islas Galápagos. El tema de la **selección natural** como mecanismo evolutivo es particularmente importante. El autor menciona en esta orientación, que es importante y necesario explicar que la evolución carece de un **objetivo** y que la selección natural actúa sobre la **variación** (producida por **mutaciones** y otras fuentes). El concepto de **adaptación** es de gran relevancia, en este tema, es importante evitar que el alumno refuerce la idea de que los organismos tienen un **“deseo” de mejorar**. Se menciona también que se debe abarcar los avances en diversas disciplinas como la **Genética** y la **Paleontología** y cómo contribuyeron a lograr la **síntesis evolutiva**.

4.4 Unidad Temática “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”

Como se vio con anterioridad la unidad 2 de primero de secundaria es aquella en la que se encuentra el Tema “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”. Es importante mencionar que el Libro para el Maestro cuenta con

fichas didácticas para cada tema y subtema, en estas se brinda información sobre el tema a desarrollar así como actividades para los alumnos (experiencias en el laboratorio, en el aula o en la comunidad). En la siguiente tabla 6 se muestran los contenidos y propósitos de la unidad 2.

Tabla 6 Contenidos y propósitos de la unidad 2: “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”

Temas	Subtemas	Propósitos
<u>Ideas pre-evolucionistas</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Las primeras ideas: el fijismo - Lamarck 	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer las creencias sobre la inmutabilidad de las especies - Comparar las diferentes teorías evolutivas (Fijismo, Lamarckismo y Darwinismo) - Conocer las ideas evolucionistas de Lamarck
<u>Darwin y la selección natural</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Darwin y el viaje del Beagle - Las influencias de Darwin: Malthus y Wallace - La variabilidad y sus fuentes - La selección natural - La publicación de “El origen de las especies “ 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer la importancia del viaje de Darwin. - Conocer la influencia que tuvieron Wallace y malthus en el desarrollo del trabajo de Darwin. - Demostrar cómo surge la diversidad biológica. - Conocer el mecanismo de la selección natural - Conocer la principal obra de Darwin, <i>El origen de las especies</i>
<u>Evolución, diversidad y adaptación</u>	<ul style="list-style-type: none"> - El origen de la diversidad biológica y la especiación - El principio de adaptación - <i>El neodarwinismo: nuevas evidencias para la teoría de la evolución</i> 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar a la evolución como el cambio orgánico a través del tiempo. - Caracterizar el proceso de especiación - Discutir algunos ejemplos de adaptación - Comprender cómo los animales se adaptan al ambiente - Discutir cómo los animales se ajustan al ambiente

El Libro para el Maestro es un buen esfuerzo por llevar a cada maestro un referente, sin embargo éste cae en contradicciones, por un lado propone y expone un acercamiento a la enseñanza de la ciencia bajo un marco constructivista, en el cual se menciona que la intención educativa de los programas de Biología parte de un propósito formativo, más que informativo, poniendo de manifiesto que es necesario trascender el recuento exhaustivo de contenidos y aproximarse a la posibilidad de comprender los procesos esenciales que rigen el conocimiento biológico. Sin embargo el programa tanto para primero como para segundo de secundaria, que se puede consultar en el apéndice 1 de este trabajo, es muy largo y contiene de manera implícita o explícita una larga lista de temas y subtemas que, lo único que logra es que se vuelva en aquel recuento exhaustivo de temas.

En el enfoque que presenta el Libro para el Maestro a manera de introducción se menciona que existe información científica de alta calidad a la que los estudiantes no pueden acceder debido a que fue escrita en otro idioma, y se propone que en la asignatura de lenguas extranjeras se incluyan dichas lecturas, esto contradice de manera tajante todo lo que propone tanto el enfoque como los propósitos. Este punto es de suma importancia ya que la literatura científica que utilizamos los biólogos no es ni debe ser el referente bibliográfico para estudiantes de secundaria, probablemente algunos textos puedan ser referidos para alumnos de los últimos años de preparatoria pero no para alumnos de secundaria.

Me parece importante citar el siguiente párrafo: *“El desglose de contenidos propuesto no pretende, de ningún modo, constituirse como una larga lista de temas que es necesario revisar. Estos temas buscan enfatizar el aspecto significativo que tiene el conocimiento biológico en los estudiantes del nivel de enseñanza media. Su intención consiste en brindar al maestro una línea propositiva de mayor detalle que le puede ser útil al planear su curso (SEP, 1994).”*, esto es, el programa es flexible. Por lo tanto cada maestro tiene libre albedrío de escoger sus contenidos y su secuencia según le parezca pertinente. Esto da pie a que propuestas como ésta y otras puedan ser

consideradas en la planeación y desarrollo de las clases por parte de los profesores.

El Libro para el maestro de Biología parece ser más un referente para éste que un libro de apoyo que sintetice los problemas más comunes con los que se enfrenta el alumno y que al mismo tiempo sirva para cuestionar sus propias ideas, recordemos que una fuente principal de las ideas previas son los propios maestros. Un ejemplo claro de esto, se ve reflejado en el tratamiento que se realiza al hablar de las diferentes teorías evolutivas, se propone que para hacer una comparación de éstas se utilice un cuadro en el cual se comparan el fijismo, el lamarckismo y el darwinismo, para esto se utiliza imágenes de jirafas, hembras y machos los cuales están dibujados con objetos como moños y pipas, es decir se les está atribuyendo características humanas, esto sólo refuerza que los alumnos utilicen explicaciones tanto antropomórficas como antropocéntricas.

Capítulo. 5 Propuesta, Discusión y Conclusiones

5.1 Propuesta

La investigación en la enseñanza de la ciencia, la historia de la Biología y la propia disciplina, dan cuenta de la importancia que tiene la Teoría Evolutiva, conceptualizándola como uno de los momentos fundamentales en la historia de la humanidad, así como el conocimiento unificador de toda la Biología y uno de los paradigmas básicos de la Ciencia.

La Teoría Evolutiva formulada por Darwin es una de las áreas en la que los estudiantes presentan mayor dificultad, tanto en su aprendizaje como en la enseñanza, por parte de los profesores, esto ha sido estudiado por autores como Deadman y Kelly (1978), Jeffery y Roach (1994), Jiménez (1994), Hernández y Ruiz (1999) Sánchez (2000), Hernández y Ríos (2002), entre otros. ¿El por qué los estudiantes presentan concepciones fijistas, lamarckistas, teleológicas y teológicas de la evolución? Han sido algunos de los ejes más importantes que se han seguido a lo largo de los últimos años en la investigación en la enseñanza de la Biología. Es cierto que responder a esto es tarea complicada y probablemente lleve muchos años, en los cuales se desarrollen más investigaciones en el tema, sin embargo bajo el marco constructivista lo que se requiere es pasar de las ideas previas a el cambio conceptual que permita a los estudiantes hacer suyo dicho conocimiento y que éste les sirva en su vida diaria, en su cotidianidad. ¿Cómo hacer esto? Definitivamente existen muchas maneras de incidir en la enseñanza, en este trabajo se propone una forma que es utilizar algunos de los protoconceptos importantes para el entendimiento de la Teoría Evolutiva, esto es que sería fundamental tomar en cuenta tanto en el aula como en la planeación de los programas.

En nuestro país como ya se vio en el capítulo anterior, La Teoría Evolutiva es introducida en la asignatura de Biología en primero de secundaria, dicha propuesta curricular contempla que los estudiantes entiendan está mediante los mecanismos de selección natural y adaptación, sin embargo la unidad del programa que contiene la enseñanza de la Teoría Evolutiva es la segunda, es decir los alumnos tienen su primera acercamiento con ésta un par de meses después de que salieron de la primaria, y no solamente eso, se

enfrentan a un sin número de conceptos nuevos que no tienen el mismo significado para ellos que para el mundo científico.

Es importante tener en cuenta, que aunque el objetivo de la enseñanza consiste en que los estudiantes utilicen los conceptos y modelos científicos, la ciencia de la comunidad científica y la ciencia enseñada en el aula no son idénticas. La ciencia enseñada es producto de una reelaboración del conocimiento de los expertos que, no debe confundirse con una simplificación, sino que es la construcción de un nuevo modelo que incluye distintos conceptos, lenguajes, experimentos, etc., (Jiménez, 2003). Los conceptos juegan un papel fundamental en la formación de las teorías biológicas, en cada campo de la Biología hay una serie de conceptos específicos, por ejemplo, población, especie, selección, adaptación, y el desarrollo de algunos de ellos ha resultado crucial en la construcción de las respectivas teorías (Jiménez, 2003), éste es el caso de la Teoría Evolutiva; la cual requiere para su entendimiento del uso de conceptos como selección, adaptación, variabilidad, supervivencia diferencial, cambios en la población, excesiva descendencia, antigüedad de la tierra, ancestría, etc. Dichos conceptos se cimientan en otros conceptos: los **protoconceptos**, acotar estos es tal vez imposible ya que dependen de variantes tales como: la profundidad con la que se maneje el tema, los contenidos curriculares del plan de estudios, la orientación de la enseñanza, etc.

Las bases que se tienen para la propuesta siguiente se han expuesto a lo largo del trabajo, provienen de la historia de la disciplina, de la disciplina misma, así como, de la investigación educativa que se ha realizado en el área. De esta manera convergen para darnos un panorama que nos permita proponer los protoconceptos necesarios para la enseñanza de la Teoría Evolutiva en secundaria, es importante mencionar que los protoconceptos son eso, las bases, lo que los estudiantes de 12 y 13 años necesitan entender para poder construir la Teoría Evolutiva y superar los problemas conceptuales que les impiden su construcción.

La Teoría de la Evolución propuesta por Darwin, en su conjunto, desafió las siguientes creencias básicas de su tiempo (Mayr, 2002):

- un mundo constante,
- un mundo creado,

- un mundo diseñado por un creador sabio y benigno,
- creencia en la posición única del hombre en la creación,
- creencia en la filosofía del esencialismo,
- creencia en la interpretación de los procesos causales de la naturaleza tal como habían sido elaborados por los físicos y la creencia en las “causas finales” o teleología (Mayr, 1992).

Al hacer el análisis y la categorización de las Ideas previas de los alumnos, los problemas conceptuales que se presentan se refieren a los puntos anteriores, es decir hay una coincidencia, por lo tanto el superarlos implica, ponderar aquellos puntos históricos que fueron básicos para Darwin, que le permitieron trascender la visión que había en su momento, de la misma manera la investigación educativa nos alerta sobre la edad cognitiva de los alumnos y los obstáculos a los que se enfrentan para comprender los conceptos que son abstractos, por su parte la disciplina nos da información de cuales son aquellos saberes que trascienden más allá de las aulas, y que conforman mejores individuos y por lo tanto mejores sociedades.

A partir del análisis de los problemas conceptuales se proponen los protoconceptos evolutivos de mayor trascendencia para los alumnos de secundaria a continuación se exponen estos protoconceptos, a los cuales se les ha llamado “*Protoconceptos evolutivos*”.

Tiempo geológico Desde una perspectiva tanto histórica como epistemológica, probablemente sea el concepto de cambio el primero que se ha relacionado con el de tiempo (Pedrinaci, 1993). Es por esta razón que el tiempo geológico es un protoconcepto importante que se debe de manejar en la enseñanza de la Evolución. A partir de éste los alumnos pueden superar ideas como la de un mundo constante, es decir entender que el Universo ha existido por miles de millones de años. Este protoconcepto es la piedra angular de las ciencias de la tierra, y en opinión de Dodick y Orion (2003) cualquier científico o estudiante que quiera introducirse en el tema de Biología evolutiva deberá tener un buen entendimiento de éste. También es cierto que este concepto es probablemente uno de los que ofrece mayores dificultades de aprendizaje, en opinión de Pedrinaci (1993), resulta sorprendente la escasa relevancia que se

le ha otorgado El elemento tiempo en la evolución de los sistemas naturales es comúnmente descuidado. La mayoría de nosotros vivimos nuestras vidas sin una clara percepción del tiempo en el Universo. Nuestros sistemas educativos no hacen mucho esfuerzo en que los estudiantes entiendan la edad de la tierra, cuatro mil quinientos millones de años. El significado real de cuatro mil o mil millones de años o un millón de años para los estudiantes, que tienen un pensamiento concreto es inentendible al leerlos en un texto (Keown, 1988). El elemento tiempo en la evolución de los sistemas naturales es comúnmente descuidado.

Fósiles Para poder reconstruir el pasado de la tierra, no sólo es necesario que hayan ocurrido cambios sino que resulta imprescindible una segunda condición: que la dinámica terrestre debe dejar algún tipo de "huella", resto o evidencias de estos cambios, esto es, ha de quedar constancia "documentada". Preguntarse cuál es la edad de la tierra sólo tiene sentido, desde una perspectiva científica, cuando es posible investigarla, es decir, cuando existen restos, archivos o elementos que nos permiten hacer inferencias fundamentadas.

Biodiversidad Antes de Darwin, la diversidad de los seres vivos era aceptada como hecho sin explicación, era atribuida a la sabiduría omnisciente del creador. A partir del desarrollo de la Teoría Evolutiva esta concepción cambió, ya que la selección natural reemplazo a esa fuerza omnisciente para ser la protagónica que ha producido a lo largo de mas de 3000 millones de años las diferentes especies de organismos en la Tierra, lo que se traduce en una extraordinaria variedad de seres vivos que constituyen la diversidad.

Ambientes que cambian continuamente Este es un tópico complicado ya que a lo largo de nuestra vida no vemos el cambio ambiental. Sin embargo, la idea de un ambiente inconstante es un prerrequisito para el entendimiento del proceso evolutivo. Para el alumno que mantiene un pensamiento concreto, la idea de que el lugar en donde se encuentra fue en otro momento, un desierto o tal vez estuvo cubierto con hielo, es usualmente visto como algo imposible.

Es importante que los estudiantes entiendan que los ambientes de la tierra han estado sujetos a cambios drásticos, que debajo de sus pies en la

roca sedimentaria o que en las capas de la tierra existe evidencia del cambio drástico de la tierra que es constante pero usualmente lento e imperceptible (Keown, 1988). El concepto de extinción es importante desarrollarlo como uno de los protoconceptos, ya que los alumnos lo relacionan con un proceso de desaparición o fracaso.

Variabilidad genética (Población, especie, material genético) La definición de evolución algunas veces se ha dado como el cambio en el material genético de una **población** en un periodo de tiempo. Esta definición no esta exenta de críticas dado que es el organismo como un todo, con todos sus sistemas y comportamiento que se hereda en el programa genético. En el caso de los humanos, que hemos desarrollado una evolución cultural, no es sólo el programa genético *per se* el que conlleva la sobrevivencia (Keown, 1988). Sin embargo la definición es aplicable para la mayoría de los organismos. Por lo tanto es importante saber del **material genético** para entender la evolución.

Por lo general la genética siempre precede a la explicación del proceso evolutivo. Pero los lazos que unen la mecánica de la genética con los procesos evolutivos muchas veces no se enfatizan lo suficiente.

Potencial Biológico Este tema trata acerca del potencial que presentan las especies para sobre poblar un área. Dado este potencial en las poblaciones naturales una gran parte de la descendencia no sobrevive hasta la edad reproductiva y esto es "la sobrevivencia del más apto" que es el punto focal del descubrimiento de Darwin y Wallace.

La sobrevivencia del más apto o la lucha por la existencia se trata de una metáfora que es interpretada muchas veces como una lucha cuerpo a cuerpo, pero en realidad Darwin se refería a las relaciones entre los seres vivos y el medio ambiente.

Estos protoconceptos evolutivos, deberían tener un papel fundamental en la enseñanza de la Teoría de la Evolución ya que un entendimiento de estos ayudaría a los alumnos a cambiar las ideas previas que tienen acerca del tema evolutivo por concepciones científicas. Si miramos a la historia del desarrollo del pensamiento evolutivo veremos que estos conceptos marcaron un paso

importante, el antes y el después, Darwin desafió un mundo constante, un mundo creado, un mundo diseñado por un creador sabio y benigno, la creencia en la posición única del hombre en la creación, la creencia en la filosofía del esencialismo, la creencia en la interpretación de los procesos causales de la naturaleza tal como habían sido elaborados por los físicos y la creencia en las “causas finales” o teleología (Mayr, 1992). Este paralelismo entre los estudiantes y la historia de la Biología es fundamental ya que las ideas previas de los alumnos se refieren en la mayoría de los casos a estas mismas ideas.

Las ideas previas de los alumnos que se refieren a cuestiones genéticas son mucho más escolarizadas, es decir contienen muchos más elementos de salón, como palabras que sólo han memorizado pero que no les significan nada algunos ejemplos de esto son gen, mutante, adaptación, Teoría sintética, etc.

En el caso de la pertinencia de los protoconceptos genéticos, autores como De la Gandara, *et. al* (2002), mencionan que una mayor atención en los niveles de secundaria, al tema genético, podría ayudar a los estudiantes a comprender que todos somos diferentes por ley, la misma ley que nos une como elementos de un todo, que impide que todo sea posible y que explica por qué pequeñas intervenciones en el organismo, o bien en su entorno, puedan implicar grandes cambios en el sistema indisoluble que forman estos elementos. Un punto que es importante rescatar es el papel que juegan los medios de comunicación que hacen que palabras como mutantes, clones, fecundación artificial, ingeniería genética, gen, ADN, célula, hayan dejado de ser “raras” para los estudiantes, por lo que es importante en opinión de los autores arriba mencionados dotarlas del significado escolar adecuado.

Aunque es cierto que Darwin, no contó con el elemento genético para el desarrollo de su teoría y que a pesar de esto pudo estructurarla y fundamentarla eso no quiere decir que los estudiantes sigan los mismos “pasos” hacia la construcción del conocimiento de la Teoría Evolutiva, De la Gandara, *et. al.* (2002), y Sánchez (2000), proponen de manera general que el introducir la Genética como preludeo de la Teoría de la Evolución es fundamental ya que prepara a los alumnos para poder argumentar con este marco teórico y no al margen de este.

Autores como Keown (1988), reconocen que desde un punto de vista Piagetiano el poder explicar la diversidad de la biota en la Tierra mediante la

Teoría Evolutiva es pensamiento formal, menciona que en la actualidad casi todos los escritores de libros de texto de Biología están concientes que los alumnos de Biología necesitan conocer los mecanismos de la herencia antes de estudiar evolución. Es importante mencionar que muchas veces se ha recurrido a argumentar que el descubrimiento de Darwin acerca de los mecanismos de la evolución, estuvo al margen del conocimiento genético al que generalmente se relaciona con el descubrimiento de las leyes de Mendel. Sin embargo aunque él no sabía nada de genes, mutaciones o ADN, estaba bien enterado de la variabilidad de la descendencia en la reproducción sexual, es decir, estaba cercano a la genética de su época. De hecho en opinión de Keown, (1988) experiencias similares a ésta fueron las que llevaron a Charles Darwin y Alfred Wallace a realizar su descubrimiento de la evolución a través de la selección natural y son aquellas que los estudiantes necesitan en su preparación para entender el cambio orgánico

Recordemos que aunque la historia nos da pautas de la construcción del conocimiento y que aunque se da un paralelismo, esto no significa que los alumnos recorran los mismos pasos que los científicos, ya que sus situaciones conceptuales y contextuales no son similares.

Como una propuesta adyacente, la cual no fue uno de los objetivos de este trabajo, surge a partir del análisis del Libro para el Maestro y de la problemática concerniente al tema evolutivo, la preocupación por la calidad de la información biológica que llega a los maestros de secundaria, así como, a los estudiantes, por lo que se propone se debería pensar en la pertinencia de *libros de texto oficiales*. La justificación para esta propuesta es, por una parte el asegurar que cada alumno que estudie la secundaria tenga un libro en sus manos, a menudo, los maestros carecen de formación para realizar con plenitud las funciones a su cargo, así el libro de texto servirá como un referente tanto para los contenidos pedagógicos como para los de la propia disciplina. El Libro de texto también propicia el estudio, y al no existir referencias adecuadas para este nivel educativo, los estudiantes recurren a fuentes como enciclopedias, libros de niveles mayores que sólo fomentan la memorización de conceptos, ya que muchas veces no entienden lo que leen, otra fuente recurrente es la red de redes la cual ofrece muchas referencias, pero se presta a que los alumnos sólo

copien la información sin ni siquiera leerla. Es importante mencionar que el libro de texto no pretende sustituir a otros métodos de transmisión de conocimiento, su función es ser un auxiliar de la enseñanza.

La calidad de los contenidos, es una de las cuestiones que son parte medular de esta propuesta ya que se observa una pobre calidad en el Libro para el Maestro, lo que se pretende es no sólo que se mejore la calidad de la información, sino que se mejoren los contenidos, como las ilustraciones, los ejemplos, las actividades, etc., recordemos que el Libro de texto es una de las fuentes más citadas de ideas previas, tanto de los alumnos como de los maestros y sin lugar a dudas es uno de los elementos fundamentales de la enseñanza.

Por lo tanto, un Libro de Texto de Biología oficial podría ser una excelente oportunidad para materializar las propuestas educativas, en este caso en el tema evolutivo, pero sin lugar a dudas existen muchas más propuestas en otros temas de la Biología y de otras disciplinas que enriquecerían tanto la enseñanza como el aprendizaje.

5.2 DISCUSION

La discusión de este trabajo se estructuró en los siguientes puntos: Acerca del cambio conceptual, Los problemas conceptuales, Libro para el Maestro de Biología, Acerca de la finalidad de la educación secundaria. A continuación se profundiza en cada uno de ellos.

Acerca del cambio conceptual

El cambio conceptual no esta contemplado entre los objetivos educativos del Libro para el Maestro y, en consecuencia, no se siguen las indicaciones didácticas que pudieran propiciarlo. El cambio conceptual es un proceso complejo, que no se trata sólo de la sustitución de conceptos, va más allá, el cambio ocurre en un sistema conceptual complejo. En la actualidad no se cuenta con una única teoría del cambio conceptual, todas están basadas en la que formularon Strike y Posner (1985), según el enfoque epistémico o cognitivo de los autores serán los diferentes acercamientos. Pero sin lugar a dudas el cambio conceptual juega un papel fundamental en la enseñanza de la ciencia y sería conveniente el tomar en cuenta las diferentes teorías tanto para la enseñanza como para el aprendizaje de la Biología. Probablemente no todos los temas de Biología puedan ser abarcados por un solo "tipo" de cambio conceptual, en el caso de la evolución, es claro que no solo es la sustitución de conceptos, sino que implica toda una red de conocimientos con estructuras y subestructuras complejas.

Los problemas conceptuales

Como ya se ha visto, diversas investigaciones han llegado a los problemas conceptuales que presentan los alumnos de secundaria, sin embargo, lo importante es saber ¿Por qué se recurre a estas explicaciones?, tal vez una de las razones sea cómo el maestro explica los problemas evolutivos, y que esto influye en el alumno y lo guíe a dar explicaciones transformistas como las que usó Lamarck para explicar el problema evolutivo. Otra razón, podría ser los libros de texto que se utilizan y en este caso el Libro para el Maestro, ya que estos son fuente importante de ideas previas, recordemos que muchas veces los maestros comparten las mismas ideas previas con sus alumnos. Los

medios de comunicación, así como el entorno del estudiante son también una fuente importante de concepciones alternativas. La relación con el contexto del alumnado no suele tenerse en cuenta ya que se considera que las situaciones reales son demasiado complejas. El resultado son ciencias fragmentadas, de las que difícilmente se percibe su utilidad, pues no se vinculan los conocimientos con el mundo real, y en la que se promueve que los alumnos vean las cosas de una manera determinada, más que tratar de entender lo que ven (Jiménez, 2003).

El creacionismo, es un tema que poco se ha explorado en nuestro país, por lo que hacer alguna inferencia en cuanto a su estado no sería correcto, ya que no se tienen las bases, sin embargo es causa de muchas ideas previas, por lo que es importante que los maestros estemos capacitados para poder explicar que la ciencia y la religión pertenecen a universos diferentes y en vez de crear una imagen en que la evolución sea la antítesis del creacionismo tengamos explicaciones más plausibles. Recordemos que el medio en el que se desenvuelven los alumnos reforzará las ideas creacionistas y no las evolutivas.

Los problemas conceptuales que surgen de la categorización de las ideas previas, merecen de toda nuestra atención ya que si estos no son considerados en la estructura de los planes y programas seguiremos formando alumnos carentes de un pensamiento evolutivo.

El lamarckismo es uno de los modelos explicativos más socorridos por los alumnos, una de las probables causas es el énfasis que se hace en este tema presentándolo como erróneo, de igual manera se observa en el Libro para el Maestro que aún se sigue manejando la idea de “voluntad”, como la causa de modificaciones en los seres vivos siendo que esto es incorrecto, ya que fue producto de una errónea interpretación del pensamiento de Lamarck, y que favorece las ideas previas de los alumnos.

Libro para el Maestro de Biología

El Libro para el Maestro de Biología de secundaria, es reflejo de los esfuerzos por el mejoramiento de la educación en nuestro país. Sin embargo, existen puntos en los cuales no hay coincidencia, por un lado se hace poco énfasis en qué son y para qué sirven las ideas previas, no se utiliza una connotación

determinada de éstas y se utiliza el término *erróneas* para nombrarlas, siendo que esta denominación ya no tiene cabida. No existe una relación clara con el cambio conceptual, indicando que no es sólo la substitución de definiciones.

A lo largo del libro para el Maestro se enfatiza la estrecha relación entre un ámbito social y personal que debe tener la enseñanza de la ciencia en la escuela secundaria y se propone utilizar un enfoque que relacione los contenidos con las experiencias cotidianas del estudiante. Sin embargo, esto no se ve reflejado en la propuesta (fichas didácticas) que hace el Libro. De igual manera se enfatiza la relación de la asignatura de Biología con las demás asignaturas, una de las propuestas que se hacen al maestro es la de consultar con la asignatura de lengua extranjera “información científica de alta calidad” esto, como se trató en el capítulo anterior, contradice de manera tajante todo lo que propone tanto en el enfoque como en los propósitos, ya que la información científica de alta calidad escrita en otro idioma no es adecuada para un estudiante de primero de secundaria.

Con respecto a las lecturas que se sugieren en las fichas didácticas para que los maestros recomienden a los alumnos se menciona la pertinencia de invitar a los alumnos a consultar “El origen de las especies”, lectura que no es adecuada para un estudiante de secundaria, y que probablemente solo provoque interpretaciones erróneas así como un rechazo sistemático por parte del alumno.

Uno de los problemas conceptuales es el del lenguaje, es decir el que los estudiantes ya tienen construido un significado para palabras como adaptación, selección, etc., es decir que en muchos casos los términos científicos son específicos y ajenos al vocabulario normal del estudiante, esto se menciona en el enfoque del libro, sin embargo en las fichas didácticas para el caso de la Unidad 2 “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”, no se menciona esto como sugerencia para el maestro, sería importante ya que es uno de los problemas más recurrentes.

Al hacer la propuesta de un libro de texto oficial para secundaria, uno de los motivos que dan pie a ésta, son las “propuestas” que se les hacen a los maestros en las fichas didácticas para desarrollar los temas. Uno de los problemas conceptuales más recurrentes y difíciles de trascender es el uso de

explicaciones lamarckistas de la evolución, en el caso del Libro para el Maestro las refuerza ya que al referirse a las teorías evolutivas en la ficha 33 de la segunda unidad, se propone que para hacer una comparación de éstas se utilice un cuadro en el cual se comparan el fijismo, el lamarckismo y el darwinismo, para esto se utiliza imágenes de jirafas, hembras y machos los cuales están dibujados con objetos como moños y pipas, es decir se les está atribuyendo características humanas, esto sólo refuerza que los alumnos utilicen explicaciones tanto antropomórficas como antropocéntricas.

A través del análisis de las ideas previas en evolución es claro que los estudiantes de secundaria no tienen en su marco conceptual a las plantas como organismos vivos, el reflejo de esto es que la evolución se vuelve exclusiva de algunos organismos. El Libro para el Maestro es un refuerzo de esto ya que no hay ejemplos que estén relacionados con plantas.

Proponer un diseño curricular va mucho más allá de las pretensiones de este trabajo, sin embargo a partir de las referencias que se consultaron es claro que si se va a abordar la Teoría Evolutiva, explicada mediante la selección natural es importante que se considere una introducción que contemple la genética. En la unidad 2, se hace referencia a muchos conceptos que sólo se introducen, sin haberlos tratado con anterioridad y que como ya hemos visto en muchos casos son el núcleo de los problemas conceptuales. Se introduce *especie* y no se ha tratado ni se ha delimitado, de igual manera se utiliza *población* y no se ha explicado, lo único que sucede con este tipo de conceptos es que los alumnos empiezan a aprender una Biología de definiciones, es claro que para poder comprender estos dos temas es necesario entender que está vivo y que no y tener una noción de la clasificación de los seres vivos. Esto es sólo un ejemplo del abuso que se hace de términos que sólo conllevan a la memorización y sin ninguna relación significativa para el alumno. Es decir no se trata de entender sólo el proceso sino el significado del conocimiento.

Acerca de la pertinencia de los contenidos, se requiere un análisis a fondo de todo el programa de Biología, además es claro que existen conceptos como “La teoría sintética de la evolución” que rebasan la edad cognitiva de los alumnos y que sólo se vuelve conocimiento sin sentido, esto es claro en las

ideas previas que hablan de ésta, y que son importantes ya que son de estudiantes mexicanos. En el programa de Biología de primero de secundaria el tema de evolución es la segunda unidad que revisan los alumnos, sin embargo en la tercera es en la que se contemplan temas como, fósiles y biodiversidad, que en este trabajo se proponen como antecedentes. En el caso de los temas genéticos son parte de la unidad cinco del programa, la última de este nivel. Por lo tanto no se observa realmente una coherencia de los temas, que apoye a los alumnos a tener más elementos que les permitan tener mejores bases. En la unidad 2 se introduce el tema "Neodarwinismo" este se menciona en el programa pero no existe una ficha didáctica que sugiera algún contenido, en mi opinión este tema es irrelevante para alumnos de secundaria y sólo favorece a que los alumnos aprendan una Biología en la cual se promuevan las ideas previas y las confusiones.

Acerca de la finalidad de la educación secundaria

¿Que pretende la educación secundaria en nuestro país?

Ante todo creo que esta pregunta es un eje primordial, es decir, es el punto de partida, saber qué es lo que pretende la educación secundaria es la base del, qué y cómo enseñar. Si lo que se pretende es una alfabetización científica significará que lo que se quiere es que la gran mayoría de la población disponga de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, y que esto ayude a resolver los problemas y necesidades de salud y supervivencia básicos, así como a tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad (Furió, *et. al* 2001). Del análisis del libro para el maestro se desprende que en efecto, este es uno de los objetivos que se plantean para nuestro sistema educativo, sin embargo, es importante conocer las ideas del profesor respecto a las finalidades de la ciencia en la enseñanza secundaria, con el fin de tenerlas en cuenta y de que no sean un obstáculo en la consecución de los objetivos de los planes y programas de estudio. Es decir que no sólo se quede en discurso, sino que los maestros sean parte del proceso y de los resultados.

Al parecer definir el carácter de la enseñanza de la Biología en secundaria sería el primer paso en la construcción de un nuevo plan de

estudios, si pretendemos que la enseñanza en este tramo escolar sea un propedéutico para los estudiantes, o si pretendemos que sea una alfabetización científica.

A manera de recomendaciones para futuras investigaciones relacionadas con los temas tratados en esta tesis en nuestro país se encuentran:

- Realizar investigaciones que promuevan conocer el estado de las Ideas previas de nuestros alumnos y maestros, ahondado en temas como el creacionismo.
- ¿Cómo se enseña la evolución en nuestro país?
- La Formación de docentes de secundaria, ¿Quién esta dando clases de Biología en secundaria?, ¿Se sacrifica la didáctica por el conocimiento científico?
- Sería importante saber si los objetivos perseguidos por los diseñadores del currículo son los que llevan a la práctica los profesores. Es decir será importante saber cuáles son las ideas y comportamientos del profesorado, así como cual es su pensamiento acerca del currículo.
- La pertinencia de libros de texto oficiales para la secundaria.

5.3 Conclusiones

Nuestra posición hoy es superar las visiones positivistas de la ciencia que aún están presentes en las aulas. Ello en gran medida debido a que los maestros no tienen un enfoque filosófico y epistemológico de las disciplinas científicas, carentes de estas es fácil contribuir a este tipo de explicaciones. Es ésta una de las razones por las cuales la enseñanza que se da en la escuela está lejos de transformar las concepciones de los estudiantes. A partir de las teorías de cambio conceptual se ha tratado de poner nuevamente en la mira al aprendizaje, es decir hasta este momento se ha priorizado a la enseñanza (los contenidos) en lugar del aprendizaje.

Las explicaciones de cómo evolucionan los seres vivos han sido difíciles de construir. Este factor aunado a las ideas previas de los estudiantes y de los maestros, nos dan cuenta de la dificultad que implica la enseñanza-aprendizaje de la Teoría Evolutiva, en la que aún prevalece la visión de que el alumno llega a la escuela “como pizarra en blanco” ignorando de antemano la validez de las ideas previas.

A partir del análisis de las ideas previas de los alumnos de secundaria se observa el carácter “universal” de éstas, es decir, estudiantes de todo el mundo presentan los mismos problemas conceptuales al explicar la evolución. Dichos problemas conceptuales deberían ser fuente importante de información, tanto para los maestros como para las profesionales que realizan los planes y programas de estudio.

Es fundamental que la historia de la Biología se considere como una herramienta para establecer momentos críticos paradigmáticos en el desarrollo del pensamiento científico, y que ésta permita la planeación y construcción de conceptos. En contraste, actualmente la cronología de la Biología es el fin de su enseñanza.

El aprendizaje de los contenidos de la Biología en la educación secundaria debe cambiar su enfoque pues hasta ahora ha tenido una intención propedéutica hacia la formación de especialistas, posición absurda en el nivel de secundaria.

Es importante rescatar los contenidos de la Biología, como el evolutivo, que son enriquecedores para el aprendizaje de los alumnos de este nivel educativo. El análisis y la reflexión de estos contenidos les ayudará a entenderse como seres vivos con historia y con relaciones de parentesco, que van más allá del tiempo que han vivido y de su genealogía inmediata.

La educación secundaria resulta ser el “*hoyo negro*” de la educación básica en nuestro país, debido a varios factores:

- La realidad cotidiana (socio-cultural) del adolescente.
- La deficiente formación docente.
- Los Planes y Programas con visiones propedéuticos.
- La falta de contenidos significativos para el alumno de secundaria.
- La falta de investigación en la enseñanza de la Biología, en nuestro país.

El maestro de Biología debe contar con un bagaje pedagógico y conocimiento de la materia suficientes para establecer las adecuaciones cognitivas necesarias para los alumnos.

Los planes para la asignatura de Biología denotan contenidos con un gran número de definiciones y hechos inconexos, lo que conlleva a la memorización. Se percibe la tendencia de simplificar las propuestas de los cursos superiores, sin establecer alternativas pensadas específicamente en las características de los alumnos adolescentes.

El Libro para el maestro de Biología para la educación secundaria debe redefinirse, tomando en cuenta al maestro, quién es, qué sabe y sobre todo cuál es su posición frente a la enseñanza de la Biología y en específico frente a la evolución.

El trabajo multidisciplinario es una exigencia actual de la investigación en la enseñanza de la Biología por lo que promover grupos con esta característica enriquecería a esta área incipiente en nuestro país.

Referencias Bibliográficas

- Ayala, F. J. (1998). La selección natural como explicación causal en la evolución biológica. En S. Martínez, y A. Barahona, (Eds.), Historia y explicación en Biología (pp.125-138). México: F.C.E.- U.N.A.M
- Barahona, A. (1998). La idea de progreso en Biología. En: S. Martínez, y A. Barahona, (Eds.) Historia y explicación en Biología. (pp.125-138). México: F.C.E.-UNAM
- Campos, M. A. y Cortés, L. (2002). Conversar, argumentar, explicar: una estrategia para construir conocimiento abstracto. Revista latinoamericana de estudios educativos, 32 (4) ,115-156.
- Carretero, M. (1993). Constructivismo y educación. Argentina: Aique didáctica.
- Clought, E.E., y Wood-Robinson, C. (1985). How Secondary Students Interpret Instances of Biological Adaptation. Journal of Biology Education, 19, 125-130.
- Cortés, L. (2000). Organización lógico-conceptual del estudiante de nivel medio básico en el aprendizaje de conceptos científicos. Tesis Doctoral no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Filosofía y Letras, México, D.F., México.
- Chávez, M., Padilla, G. y Lazunza, M. (1998). Manual de estilo de publicaciones de la "American Psychological Association". México:, El manual moderno.
- Deadman, J.A., y Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics?. Journal of Biology Education, 12, 7-15.
- Dodick, J., y Orion, N. (2003). Measuring student understanding of geological time. Science Education, 87 (5), 708-731.
- De la Gandara, M, Gil, M. J, y Sanmartí, N. (2002). Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. Enseñanza de la Ciencia, 20 (2), 303-314.
- De Pro, A. (2003). La construcción del conocimiento científico y los contenidos de las ciencias. En: M. P. Jiménez, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, y A. de Pro (Eds.), Enseñar ciencias (pp. 33-53). Barcelona, España: GRAÓ,

- Demastes, S.S. (1992). The teaching and learning of evolution. En R. Good (Ed), *Proceedings of the Evolution Education Research Conference*, (pp. 53-74). Baton Rouge, Louisiana: Louisiana State University.
- Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The American Biology Teacher*, 35, 127-129.
- Duit, R. (1999) Conceptual change approaches in science education. En W. Schnotz, S. Vosniadu, y M. Carretero (Eds.). *New perspectives on conceptual change* (pp.263-282). Oxford: Elsevier Science lid.
- Fedro, G.1997. Construcción de un modelo de enseñanza para Biología, Tesis doctoral no publicada, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. México, D.F., México.
- Flores, F. (2000). La enseñanza de la ciencia: su investigación y sus enfoques. En Texto presentado en el congreso "La educación sus tiempos y sus espacios". Chiapas, México.
- Flores, F., Tovar, M^a. E., Gallegos, L., Velásquez, M^a. E., Váldez, S., Saitz, S., Alvarado, C., y Villar, M. (2000). Representación e ideas previas acerca de la célula en los estudiantes de bachillerato (reporte de investigación). México: CCH, UNAM.
- Flores, F. (2004). El cambio conceptual: interpretaciones, transformaciones y perspectivas. *Educación Química*, 15, (3), 256-269.
- Furió, C., Vilches, A., Y Romo, V. (2001). Finalidad de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (3), 365-376.
- Furió, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique didáctica de las ciencias experimentales*, 7,7-17.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), 30-35.
- Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 6 (3), 291-295.
- García Cruz, C. M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: Una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología. *Enseñanza de las ciencias*, 16 (2), 323-330.

- Gené, A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. Enseñanza de las ciencias, 9 (1), 22-27.
- Gómez-Granell, C. y Coll, C. (1994). ¿De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo? Cuadernos de pedagogía, 221, 8-10.
- Hernández, M^a C, y Ruiz, R. (1999). La construcción del evolucionismo: un enfoque histórico-cognoscitivo. Siglo XXI: Perspectiva de la educación desde América Latina, 1 (14), 3-14.
- Howard, J. (1987). Darwin. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Jeffery, K. y Roach, L. (1994). A study of the presence of evolutionary protoconcepts in pre-high school text books. Journal of Research in Science Teaching, 31(5), 507-518.
- Jensen, M, y Finley, F. (1997). Teaching evolution using a historically rich currículo & paired problem solving instructional strategy. The American Biology Teacher, 59, (4), 209-212.
- Jiménez, M.P. (1994). Teaching evolution and natural selection: A look at textbooks and teachers. Journal of Research in Science Teaching, 31 (5), 519-535.
- Jiménez, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. Enseñanza de las Ciencias, 9 (3), 248-256.
- Jiménez, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? A classroom study with natural selection. International Journal of Science Education, 14, 15-61.
- Jiménez, M. P. (2003). La enseñanza y el aprendizaje de la Biología. En: M. P. Jiménez, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, y A. de Pro (Eds.), Enseñar ciencias (pp. 119-142). Barcelona, España: GRAÓ,
- Jiménez, M. P. (2003). El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas. En: M. P. Jiménez, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, y A. de Pro (Eds.), Enseñar ciencias (pp. 13-32). Barcelona, España: GRAÓ,
- Jiménez, M. P. 2003. Comunicación y lenguaje en la clase de ciencias. En: M. P. Jiménez, A. Caamaño, A. Oñorbe, E. Pedrinaci, y A. de Pro (Eds.), Enseñar ciencias (pp. 55-71). Barcelona, España: GRAÓ,
- Kewon, D. (1988). Teaching Evolution: Improved Approaches for Unprepared Students. The American Biology Teacher, 50 (7), 407-410.

- Lawson, A. E. y Thompson, L. D. (1988). Formal Reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. Journal of Research in Science Teaching, 25 (9), 733-746.
- Ledesma, I. (2000). Historia de la Biología. México: AGT Editor.
- López, M. A. (2000). La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la Biología. En M. Carretero, (Ed.), Construir y enseñar las ciencias experimentales (pp153-172) Argentina: AIQUE.
- Marques, L. y Thompson, D. (1997). Portuguese students' understanding at ages 10-11 and 14-15 of the origin and nature of the earth and the development of life. Research in Science & Technological Education, 15 (1), 29-51.
- Matthews, M. (2000). Editorial Introduction. Science & Education, 9 (6), 491-505.
- Mayr, E. (1992). Una larga controversia: Darwin y el darwinismo. España: Crítica,
- Mayr, E. (1998). Así es la Biología. España: Debate
- Mc Avoy, R. y Pappozzi, C. (1997). Constructivism: What it is and is not. En *Proceedings of "From Misconceptions to Constructed Understanding" - The Fourth International Misconceptions Seminar*, (pp.3-12). Ithaca, NY: Cornell University.
- Mellado, V. y Carracedo, D. (1993). Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias. Enseñanza de las ciencias, 11 (3), 331-339.
- Niedo, J. y Macedo, B. (1997). Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años. UNESCO, OEI.
- Pedrinaci, E. (1993). La construcción histórica del concepto de tiempo geológico, Enseñanza de las Ciencias, 11(3), 315-323.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P y Gertzog, W. (1982). Acomodación de un concepto científico: Hacia una teoría del cambio conceptual. En R. Pórlan, J. E García, y P. Cañal (Eds.), En Constructivismo y enseñanza de las ciencias (pp.89-112).Sevilla, España: Díada.
- Pozo, J. I. (1987). Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Madrid. España: Visor.
- Pozo, J. I. Y Gómez Crespo, M. A. (1998). Aprender y enseñar ciencia. España: Morata.

- Pozo, J. I. Gomez, M. A., Limon, M y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid, España: servicio de publicaciones del MEC.
- Ruiz, R., y Ayala, F. (1998). El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo. México: F.C.E
- Sánchez, M^a C. (2000). La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes. Tesis de Doctorado no publicada. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias. México D.F., México.
- Sarukhán, J. (2000). Las musas de Darwin. México: F.C.E
- Libro para el Maestro de Biología. (1^a ed. reimpresión revisada). (1995). Secretaría de Educación Pública, México.
- Plan y programas de estudio. Educación básica. Secundaria. (2^a ed.). (1993). Secretaría de Educación Pública, México.
- Smith, M., Siegel, H. y McInerney, J. (1995). Foundational Issues in Evolution Education. Science & Education, 4, 23-46.
- Southerland, S. A., Abrams, E., Cummins, C. L. & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: conceptual frameworks or p-prims? Science Education, 85 (4), 328-348.
- Templado, J. (1988). Historia de las teorías evolucionistas. México: Alambra Mexicana.
- Wandersee, j., Mintzes, J. y Novak, J.(1994). Research on alternative conceptions in science. En D. Gabel (Ed).Handbook of research on science teaching and learning (pp.177-210) New York, USA: Mc.Millan.
- Wood-Robinson, C. (1994). Young people's ideas about inheritance and Evolution. Studies in Science Education, 24, 29-47.
- Zuzovsky, R. (1994). Conceptualizing a Teaching Experience on the Development of the Idea of Evolution: An Epistemological Approach to the Education of Science Teachers. Journal of Research in Science Teaching, 31 (5), 557-574.

Referencias electrónicas

- Flores, F. (2004). Página de Ideas Previas. (En red). Disponible en: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048/presentacion.htm>
- Caldwell, R. (2005) Understanding Evolution. (En red). Disponible en: <http://evolution.berkeley.edu/>
- Mata, L. (2003). Aprendizaje significativo. (En red). Disponible en: <http://www.storecity.com/lmata/serv01.htm>

Apéndice 1

Programa para la escuela secundaria de la asignatura de Biología

Primer grado

El mundo vivo y la ciencia que lo estudia

Historia y desarrollo de la biología

- Primeros conocimientos sobre los seres vivos
- Los trabajos de clasificación de Aristóteles
- La Edad Media: herbolaria, medicina y anatomía
- El descubrimiento del mundo microscópico: Leeuwenhoek
- Evolución y herencia: Darwin y Mendel
- La teoría sintética de la evolución
- El panorama actual
- Biología y sociedad: la relación de la biología con las otras ciencias

Los seres vivos: el objeto de estudio de la biología

- Las características de los seres vivos (crecimiento, reproducción, irritabilidad, movimiento, meta-bolismo, organización, adaptación)
- Los componentes de los seres vivos: elementos, moléculas y células

Los métodos de la biología

- Conocimiento subjetivo y objetivo
- El conocimiento empírico y el método científico
- La experimentación en biología
- La comparación en biología
- La observación en biología

El laboratorio escolar

- Su función
- Los materiales en el laboratorio
- Normas de seguridad
- Ejemplos de trabajo en laboratorio

Prácticas de campo

- Su función
- Los materiales de la práctica de campo
- Ejemplos de investigaciones de campo

Sentido y utilidad de los estudios de biología

- Conocimiento de los seres vivos
- Salud
- Alimentación
- Conservación ambiental

Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo

Ideas preevolucionistas

- Las primeras ideas: el fijismo
- Lamarck

Darwin y la selección natural

- Darwin y el viaje del Beagle
- Las influencias de Darwin: Malthus y Wallace

- La variabilidad y sus fuentes
 - La selección natural
 - La publicación de El origen de las especies
- Evolución, diversidad y adaptación
- El origen de la diversidad biológica y la especiación
 - El principio de adaptación
 - El neodarwinismo: nuevas evidencias para la teoría de la evolución

Los seres vivos en el planeta

El origen de la vida

- La generación espontánea
- Spallanzani y Needham
- Pasteur
- La panspermia
- El creacionismo
- La teoría de Oparin-Haldane
- Los experimentos de Miller y Urey

Las eras geológicas

- Los fósiles
- Tipos de fósiles
- Técnicas de fechamiento de fósiles
- Criterio de división de las eras geológicas
- La vida en las diferentes eras geológicas
- Evolución humana

Biodiversidad

- Tipos de seres vivos (terrestres, acuáticos; aerobios, anaerobios; autótrofos, heterótrofos)

- Importancia de la biodiversidad
- Las razones que provocan la pérdida de biodiversidad
- Especies en extinción
- La gran diversidad biológica de México

La clasificación de los seres vivos

- Criterios extrínsecos e intrínsecos
- Las primeras clasificaciones
- Los trabajos de Linneo
- Niveles taxonómicos
- Los cinco reinos de los seres vivos: monera, protoctista, hongos, animales y plantas
- El uso de los nombres científicos

Ecología: los seres vivos y su ambiente

¿Qué es la ecología?

- Origen del término
- Importancia del estudio de los procesos ecológicos

Los sistemas ecológicos

- Los factores bióticos y abióticos del ambiente
- Los ciclos del carbono, el nitrógeno y el agua
- El principio de la fotosíntesis
- Las cadenas alimentarias y la transferencia de energía

Los ecosistemas

- La dinámica de un ecosistema
- Diferentes tipos de ecosistemas

- El ecosistema local
Consecuencias de la actividad humana en el ambiente

- La tala inmoderada y sus consecuencias
- El sobrepastoreo
- La contaminación ambiental
- La pérdida de la biodiversidad

Acciones para prevenir problemas ambientales

- Fuentes alternativas de energía
- Regeneración del suelo
- Reforestación y reciclaje
- Medidas anticontaminantes

Genética: la ciencia de la herencia

Las ideas sobre la herencia antes de Mendel

- Los primeros procesos de domesticación
- La hibridación
- El descubrimiento de los gametos: espermatozoides y óvulos

Los trabajos de Mendel

- Genotipo y Fenotipo
- Dominancia y recesividad
- Las leyes de Mendel
- Los chícharos: una elección afortunada

El ADN

- El enigma de la estructura del ADN
- El modelo de Watson y Crick
- Funcionamiento general

Cromosomas y genes

- ¿Qué es un gen?
- Los cromosomas y su importancia
- El cariotipo

Genética humana

- Herencia ligada al sexo
- Enfermedades hereditarias y alteraciones genéticas
- La interacción entre los genes y el ambiente

La manipulación de la herencia

- Clonación de organismos
- Procesos de inseminación artificial
- Fecundación in vitro

Segundo grado

Niveles de organización de la materia viva

Elementos que forman la materia viva

- Composición química de los seres vivos: C, H, O, N, S, P
- El carbono: elemento base de los compuestos orgánicos
- Compuestos orgánicos útiles para el hombre (petróleo, plásticos, medicamentos)

Biomoléculas

- Los carbohidratos: el combustible principal de la célula
- Los lípidos: energía de reserva y materia prima de las membranas
- Las proteínas: moléculas de usos múltiples (su papel estructural, enzimático,

como anticuerpos, etcétera)

- Enzimas: activadores metabólicos
- Ácidos nucleicos: las moléculas de la información
- Un caso especial: los virus

La célula

Desarrollo histórico del concepto de célula

- Los trabajos de Robert Hooke
- La teoría celular de Schleiden y Schwann
- La célula: unidad anatómica, fisiológica y de origen de los seres vivos
- Células procariontes y células eucariontes
- Diferentes tipos de células en el cuerpo humano

El sistema membranal

- La membrana celular y sus funciones
- Alimentación celular: endocitosis, vesículas y lisosomas, exocitosis
- La membrana nuclear y sus funciones
- El retículo endoplásmico, los ribosomas y la síntesis de proteínas
- Aparato de Golgi y secreción

El citoplasma

- Las mitocondrias y la respiración celular
- Los cloroplastos y la fotosíntesis

El núcleo y la división celular

- Los cromosomas
- La mitosis
- La meiosis
- El ADN y la replicación
- El ARN y la transcripción

Funciones de los seres vivos

Relación tejido-órgano-sistema

- Tejidos: su función y estructura
- Órganos: su función y estructura
- Sistemas: su función y estructura

Respiración

- La función de la respiración
- Órganos especializados en la respiración
- Respiración aerobia y anaerobia

Circulación

- La función de la circulación: transporte de oxígeno y alimentos
- El medio de circulación, sangre, linfa, savia
- Los órganos especializados en la circulación

Nutrición

- La necesidad de alimento
- Órganos especializados en nutrición

Crecimiento

- Glándulas y hormonas
- Las etapas del crecimiento de los seres vivos
- Cambios en la talla

Reproducción

- La función de la reproducción
- Reproducción sexual y asexual
- Órganos especializados en la reproducción

Percepción y coordinación

- Los órganos de los sentidos
- El sistema nervioso central
- El sistema nervioso autónomo

Reproducción humana

Sistema reproductor femenino y masculino

- Caracteres sexuales primarios y secundarios
- Madurez sexual
- Órganos sexuales y su función general

El ciclo menstrual

- La ovulación
- El periodo menstrual

Fecundación y embarazo

- La relación sexual
- La fecundación: unión del espermatozoide y el óvulo
- El desarrollo embrionario
- El parto

Métodos anticonceptivos

- Métodos químicos
- Métodos mecánicos
- Métodos naturales
- Métodos quirúrgicos
- La importancia social de las medidas anticonceptivas

Enfermedades de transmisión sexual

- ¿Qué es una enfermedad de transmisión sexual?
- Mecanismos de prevención
- Consecuencias para la salud de algunas enfermedades de transmisión sexual (sida, sífilis, gonorrea, herpes)

La Salud

La alimentación: base de la salud

- La importancia de una dieta equilibrada
- ¿Qué son las Calorías?
- Los tres grupos de alimentos (cereales y tubérculos; frutas y verduras; leguminosas y alimentos de origen animal)
- ¿Qué comemos los mexicanos?

Enfermedades infecciosas y parasitarias más comunes en el hombre

- Las enfermedades locales más comunes y sus agentes
- Los mecanismos de prevención

Uso de los servicios de salud

- Las clínicas de salud
- La importancia de una opinión especializada sobre la salud

Tabaquismo, drogadicción y alcoholismo

- Las causas de las adicciones
- El tabaquismo y sus consecuencias para la salud
- El alcoholismo y sus consecuencias para la salud
- La drogadicción y sus consecuencias para la salud

Responsabilidad del estudiante hacia la vida

- La importancia del respeto a los seres vivos
- El papel del hombre en la transformación del planeta
- El futuro