



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

CONCEPCIONES SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA
DE ESTUDIANTES DE LA LICENCIATURA EN EDUCACIÓN PRIMARIA
DE LA BENEMÉRITA ESCUELA NACIONAL DE MAESTROS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
B I Ó L O G O
P R E S E N T A :
SENDEY MACIEL MAGAÑA



DIRECTORA DE TESIS: M. EN C. ERÉNDIRA ALVAREZ PEREZ

2005



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

m 351322



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

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

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito: " Concepciones sobre evolución biológica de estudiantes de la licenciatura en educación primaria de la Benemérita Escuela Nacional de Maestros ".

realizado por Senddey Maciel Magaña

con número de cuenta 07417282-1 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director	
Propietario	M.en C. Eréndira Alvarez Pérez
Propietario	Lic. Julieta Valentina García Méndez
Propietario	M. en C. Ricardo Noguera Solano
Suplente	Dra. Rosaura Ruiz Gutiérrez
Suplente	M.en C. Vicente Paz Ruiz

[Firma manuscrita]
[Firma manuscrita]
 Propietario

[Firma manuscrita]

Consejo Departamental de Biología

[Firma manuscrita]
 M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez



AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Josefina y Melchor humanos ejemplares que forjaron en sus hijos la semilla del amor, respeto, trabajo con tesón en armonía, en búsqueda de la superación permanente ¡Yo puedo... a mí me lo dejaron !

A mis hermanos, seres de bien que han labrado día a día sus existencias fructíferas. Quienes de una u otra manera están al tanto de mis avances.

A tía Goy y Lan y a mamá Yolita por todo el respaldo cariñoso que nos dispensan.

A Angie, compañera, esposa, madre, profesional que en todo momento ha sido sostén del hogar que construimos.

A Senddey y Sebastián , mis dos crios, estrellas en las que tengo el reto gustoso de colaborar en la construcción de su proyecto de vida.

A la Dra. Rosaura Ruiz Gutiérrez por el interés mostrado en la temática que aquí se aborda.

A mi directora de tesis maestra Eréndira Álvarez Pérez por confiar en mí y adentrarse a una aventura académica que en este documento tiene sus frutos.

A la maestra Julieta Valentina García Méndez y al maestro Ricardo Noguera Solano por sus atinadas y enriquecedoras sugerencias que contribuyeron en la calidad de la tesis.

Al maestro Vicente Paz Ruiz por su disposición a intercambiar experiencias educativas y permitirme vislumbrar o clarificar derroteros en la investigación.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1. REFERENTES TEÓRICOS.....	8
1.1 REFERENTES DISCIPLINARES.....	8
DESARROLLO HISTÓRICO DE LAS IDEAS SOBRE EVOLUCIÓN DE LA VIDA.....	8
1. De los griegos a Bufón.....	8
1.1 Los presocráticos.....	8
Los atomistas griegos (Leucipo, Demócrito y Epicuro).....	9
1.2 Los socráticos.....	9
1.3 Los neoplatónicos.....	10
1.4 Los teólogos cristianos.....	11
1.6 Los primeros transformistas.....	12
2. Hacia un cambio de visión sobre evolución de la vida.....	12
3. El pensamiento de Lamarck.....	13
4. El pensamiento de Darwin.....	15
5. Teoría sintética de la evolución o neodarwinismo.....	19
6. Polémicas actuales.....	23
1.2 REFERENTES PEDAGÓGICO-DIDÁCTICOS.....	25
CONCEPCIONES SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DE ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN EDUCACIÓN PRIMARIA.....	32
1. La investigación sobre concepciones.....	33
2. Las concepciones sobre evolución biológica.....	36
3. Las concepciones sobre evolución biológica de los estudiantes normalistas.....	43
1.3 REFERENTES INSTITUCIONALES.....	49
CAPÍTULO 2. DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	48
1. Instrumento de análisis.....	49
2. Población.....	50
2.2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	51
1. Las concepciones sobre evolución biológica de los estudiantes normalistas.....	52
2. Comparación de resultados obtenidos en diferentes escolaridades.....	70
3. Comparación de las concepciones documentadas sobre evolución biológica con las concepciones de los estudiantes normalistas.....	74
4. Pertinencia del contenido evolución biológica en la escuela primaria.....	81

CAPÍTULO 3. LÍNEAS DE ACCIÓN PARA FORTALECER LA FORMACIÓN DISCIPLINAR Y PEDAGÓGICA DE LOS NORMALISTAS	89
CAPÍTULO 4. CONSIDERACIONES FINALES	93
REFERENCIAS	99
ANEXOS	104

INTRODUCCIÓN

La diversidad biológica cambiante en el planeta es explicada con la teoría de la evolución. Para los niños y jóvenes del siglo XXI es indispensable adquirir en forma significativa una explicación lógica, reflexiva de este fenómeno necesaria para su vida ciudadana. María del Carmen Sánchez (2000) afirma:

"...si se pretende que el público adquiera o maneje una mínima cultura científica, la comprensión de la evolución debería ocupar un lugar importante".¹

En esta investigación se reconoce la trascendencia de desarrollar el pensamiento evolutivo en relación con la vida desde Educación Básica, asimismo se considera que los estudiantes de las diferentes escolaridades pueden irse aproximando cada vez más a su adquisición en función de una mejor formación disciplinar y pedagógico- didáctica de parte de sus maestros. Son los profesores de educación primaria los encargados de trabajar este tema con los alumnos en tanto que está incluido en el plan de estudio y programas de educación básica vigentes y se le considera como el contenido vertebrador del eje temático seres vivos.² Existen estudios que documentan la preparación de los profesores en servicio así como las estrategias que ocupan para su enseñanza, estudios en los que se corrobora que en ocasiones los maestros son rebasados por sus alumnos porque éstos poseen concepciones más adecuadas.³

La tesis reconoce la trascendencia de que los maestros en servicio reciban desde su formación docente inicial una mejor preparación disciplinar en las instituciones en que se preparan y tiene como propósito central conocer el tipo de conceptualizaciones que en torno a la evolución biológica muestran los futuros licenciados en Educación Primaria, es decir estudiantes normalistas que cursan el último de ocho semestres de la licenciatura. Esta investigación obedece a la finalidad de mejorar la enseñanza de la Biología, pretende dar una respuesta a la pregunta ¿cuáles son las concepciones acerca de evolución biológica de los futuros licenciados en Educación Primaria?

¹ María del Carmen Sánchez.(2000). **La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes**, p.1.

² Vicente Paz, María de la Luz Martínez y Patricia Rosas (2001a)." Algunos aspectos sobre la pertinencia de manejar conceptos complejos en la educación primaria, un caso. La enseñanza de la evolución biológica", en : *Xictli*, No.4, p.32.

³ Fernando A. Tortolero (1999). **¿ Qué sabe el maestro de 6º. Grado sobre los contenidos de evolución en la educación Primaria?**, México, Tesis(Licenciatura en Educación Primaria), UPN – 094, Paz Ruiz *et al. op cit.* y Vicente Paz (2003). Posibles efectos de la forma en que entiende el maestro de primaria la evolución biológica y la forma en que la aprenden sus alumnos, en *Xictli*, No. 52 y Vicente Paz (2004). Problemas principales que presenta la enseñanza del tema de la evolución del cambio biológico en la educación básica, en *Xictli*, No. 54.

Antecedentes

Existen investigaciones en nuestro país acerca de los saberes previos sobre evolución en estudiantes de licenciatura universitaria (Hernández, 1996, 2002; Sánchez, 2000), no hay estudios en estudiantes normalistas (futuros licenciados en Educación Primaria), en educación secundaria hay algunos (Hernández, 1994; Guillén, 1995, 1996 y 1997; Martínez, 1997, 2000; Paz *et al.*, 2001b) y otros más en educación primaria (Campos *et al.*, 1999; Flores, 1999; Guerrero, 1999; Ponce de León y Rosas, 1999; Tortolero, 1999; Paz, 1999, 2001, 2003, 2004 y Paz, *et al.*, 2001a). En los estudios de educación primaria se aborda el saber de los maestros y el de los educandos en relación con el contenido conceptual. Vicente Paz Ruiz y colaboradores encuentran que:

"...la teoría de la evolución es compleja aún para los maestros formado específicamente, sus deficiencias en el manejo de dichos contenidos tienen para la secundaria una falla de origen, pero sobre todo de aplicación, en tanto que para la primaria...la ausencia de formación tiene mayor peso que la complejidad del tema para lograr el desarrollo mínimo del concepto en los alumnos"⁴

Por otra parte, Paz y colaboradores documentan que existe una estrecha relación entre las concepciones que tienen los maestros acerca de este tema y las de sus respectivos alumnos. Asimismo encuentran que los maestros de primaria, por su formación básica carecen de una conceptualización mínima de esta temática, predominando en su discurso el saber cotidiano, de tipo lamarckiano y determinista.⁵ En relación con la enseñanza del tema evolución biológica existen investigaciones desde educación primaria hasta educación superior, en todas ellas se han encontrado dificultades similares para su aprendizaje. Los factores principales que ocasionan esta problemática son: la falta de preparación y actualización disciplinaria de los maestros, carencia de conocimientos y estrategias para hacer más eficiente su práctica docente, el desconocimiento del desarrollo cognitivo y de los saberes previos de los educandos, entre otros. Por las características mismas del tema es necesario redimensionar la forma en que se ha de trabajar en el sistema educativo nacional.

Respecto a educación primaria Paz y colaboradores plantean que realmente el tema evolución biológica es muy complejo para manejarse en este nivel educativo, y establecen que una formación docente adecuada y el respeto a la construcción gradual de los conceptos en el niño son la clave para su aprendizaje verdadero.⁶

En lo que respecta al conocimiento que tienen los futuros profesores o licenciados en Educación Primaria sobre el contenido evolución y su enseñanza Paz refiere, con razón, que estos temas no han formado parte de los planes de estudio de los normalistas.

⁴ Paz Ruiz, *et al.*, *op. cit.*, p.33.

⁵ *Ibid.*, p.32.

⁶ Paz Ruiz, *et al.*, *loc. cit.*

Cabe mencionar que son escasos los estudios en los que se aborda la situación de los futuros licenciados en Educación Primaria (estudiantes normalistas). De acuerdo con Ducoing en las escuelas normales, los estudiantes no adquieren una base teórica profunda en contenidos disciplinares, a cambio aprenden técnicas referidas a manejo de grupo, bases pedagógicas y didácticas específicas.⁷ Asimismo, Ponce de León y Rosas afirman que la formación de los maestros en la Normal y en los Centros de Actualización no los "capacita" para manejar el enfoque curricular dentro de su realidad frente a grupo.⁸

Fundamentos

La diversidad biológica cambiante en el planeta es explicada con la teoría de la evolución. Pero ¿por qué enseñar evolución en la escuela primaria? Fedro Guillén da una solución para secundaria que retomo para educación primaria y fundamento a lo largo de esta investigación:

"T. Dobzhansky, 1973 acuñó una frase que refleja con claridad la importancia de la teoría evolutiva en el contexto biológico: Nada tiene sentido en Biología si no es a la luz de la evolución."⁹

La teoría de la evolución es la estructura fundamental de la biología y posee importancia científica y social indiscutible. Adquirida en forma significativa les permite tener una explicación lógica y reflexiva del proceso de cambio por lo que es indispensable procurar que niños y jóvenes tengan una mentalidad evolutiva para entender la biología y para la vida cotidiana. La comprensión del concepto de evolución biológica¹⁰, debería ser el objetivo primordial de aprendizaje en el eje seres vivos de la asignatura de Ciencias Naturales, ya que el alumno encontrará explicaciones científicas a los fenómenos que ocurren a su alrededor diariamente la comprensión de este concepto, le permitirá acceder más adelante a nociones, conceptos y representaciones científicas de mayor complejidad.

El plan de estudios de educación primaria vigente, incorpora los contenidos de Biología en el eje temático *Los seres vivos* con el propósito de "... desarrollar en el alumno una imagen dinámica de la naturaleza"¹¹, la evolución es un contenido nodal de sexto grado de primaria ya que constituye el tema organizador o núcleo en torno al cual se articula el enfoque y los contenidos de Biología. Evidencias de investigaciones realizadas por Engel y Wood establecen que los alumnos que concluyen la primaria poseen ya una fuente importante de conocimiento sobre el

⁷ Citada por José S. Ponce de León y Patricia Rosas(1999), *La evolución biológica. Dificultades para su fijación en el sexto grado de educación Primaria*, p.4.

⁸ *Ibid.*, p.6.

⁹ Fedro Guillén (1996). "¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución?", en: M. A. Campos y R. Ruiz, eds. *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, IIMAS, UNAM, p.184.

¹⁰ Es indispensable precisar que cuando se dice trabajar evolución biológica en la escuela primaria no se refiere a que aprendan los planteamientos darwinianos, ni a los de la teoría sintética, sino a los que elaboren los alumnos en función de sus posibilidades cognitivas para explicarse los cambios y la variedades de seres vivos.

¹¹ SEP (1993). *Plan de Estudios de Educación Básica. Primaria. 1993*, p.76.

tema, adquirida por medios no formales de educación.¹² Ponce de León y Rosas afirman que los alumnos de primaria aparentemente no son capaces de establecer las relaciones que existen entre sus nociones de evolución biológica y las razones ofrecidas por los científicos que les son explicadas en la escuela, no obstante postergar su abordaje puede afectar la comprensión de los contenidos biológicos que se trabajan en la escuela.¹³

La evolución es el concepto más global y unificador en Biología absolutamente necesario para explicar la vida y las formas en que se expresa y cambia, de ahí la necesidad de que los maestros cuenten con elementos que les permitan una mejor enseñanza de este tema. La lectura de diversas fuentes sobre didáctica de las ciencias aunada a la experiencia de impartir el curso de Ciencias Naturales y su Enseñanza a cinco generaciones de estudiantes normalistas, me permitieron detectar que existen deficiencias en el conocimiento y la comprensión de conceptos científicos o disciplinares. Por lo que decidí perfilarlo como problema de investigación y delimitar como objeto de estudio la detección de las concepciones que tienen estos estudiantes del contenido evolución biológica para proponer acciones académicas concretas que coadyuven en el fortalecimiento de la formación disciplinar y pedagógica de los normalistas y favorezcan un trabajo constructivo en la escuela primaria.

Problema

En relación con los saberes previos sobre evolución biológica existen investigaciones en nuestro país en estudiantes de licenciatura universitaria¹⁴, así como estudios que documentan la preparación de los profesores de educación primaria en servicio.¹⁵ No obstante no existen investigaciones que den cuenta de la situación actual en que se encuentran los futuros licenciados en educación primaria de ahí la necesidad de desarrollar esta tesis que permitirá contar con un primer acercamiento y conocimiento de la situación existente.

Interrogantes que se desprenden:

- ¿Qué saberes o concepciones tienen los estudiantes normalistas sobre el tema evolución?;
- ¿Qué relación existe entre las concepciones de evolución biológica de los normalistas y las teorías encontradas por diversos investigadores en estudiantes de otras escolaridades?;

¹² Engel y Wood (1985b) citado por Fedro Guillén(1997). **Construcción de un modelo de enseñanza para biología**, México, Tesis(Doctorado en Ciencias, Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, p.113.

¹³ Ponce de León y Rosas, *op. cit.*, p.10.

¹⁴ Ma. Cristina Hernández(1996 y 2002) y María del Carmen Sánchez(2000).

¹⁵ Vicente Paz , *et al* (2001a); Vicente Paz(2003) y Fernando Arturo Tortolero (1999).

- ¿Es pertinente trabajar el contenido evolución biológica con alumnos de primaria?; y
- ¿Qué acciones académicas concretas se pueden desarrollar en la Benemérita Escuela Nacional de Maestros (BENM), a partir de los resultados encontrados, para fortalecer la formación disciplinar y pedagógica de los normalistas en este tema para favorecer un trabajo constructivo en la escuela primaria?

Tesis o supuestos

Si bien el contenido evolución es complejo, la solución no es eliminarlo del currículum de Educación Primaria, sino preparar a los maestros para trabajarlo en forma adecuada y por ende para que estén concientes de que **los alumnos construirán acercamientos conceptuales sucesivos en torno a este contenido**. Los problemas en el aprendizaje y la enseñanza del concepto de evolución se debe más a la comprensión y dominio que tiene el maestro del contenido y a la estrategia didáctica que desarrolla que a su complejidad conceptual y a la capacidad de los alumnos para comprenderlo. La falta de formación de los estudiantes normalistas en contenidos disciplinares de educación básica es una de las causas fundamentales de deficiencias en su enseñanza a los educandos de primaria.

Objetivos.

- Identificar las concepciones alternativas sobre el tema evolución biológica que tienen estudiantes normalistas que cursan el último de ocho semestres de la licenciatura en educación primaria.
- Comparar los resultados obtenidos en investigaciones sobre concepciones de evolución de la vida encontradas en otros estudiantes con los de los normalistas.
- Argumentar que el tema de evolución biológica es apropiado para enseñarse en educación primaria si hay una formación docente adecuada.
- Perfilar líneas de acción tendientes a fortalecer la formación disciplinar y pedagógica de los normalistas que favorezca un trabajo constructivo en la escuela primaria.

A partir de las preguntas centrales y de los objetivos planteados, el presente estudio se estructuró en cuatro capítulos. En el capítulo uno, denominado "Referentes teóricos" se describe el desarrollo histórico de las ideas sobre la evolución de los seres vivos. Se abordan las etapas en las que se expresan diferentes interpretaciones que las comunidades científicas han sostenido a lo largo de la historia de la humanidad. Y se usa la historia como elemento de

interpretación y aclaración conceptual, que lleva a entender no sólo las concepciones de los estudiantes, sino también las ideas científicas que se pretenden enseñar, a partir de lo que los alumnos ya saben. Se trata la propuesta pedagógica apoyada en aspectos didácticos en los que se fundamenta la investigación como son la concepción de aprendizaje, de enseñanza, de proceso didáctico, estructura didáctica estructura conceptual y propuesta de formación de docentes, también se aborda la temática de concepciones previas en general y las documentadas en relación con evolución biológica. Por último se retoman elementos relacionados con el actual diseño curricular que cursan los alumnos normalistas, como los fundamentos del enfoque, las finalidades, los propósitos y los contenidos que institucionalmente han de adquirir para enseñar ciencias naturales en la escuela primaria.

En el capítulo dos, se describe el diseño de la investigación. Las fases y acciones realizadas para abordar las interrogantes que busca solucionar esta tesis, los diferentes resultados obtenidos. Las ideas previas detectadas en los normalistas, su comparación con las de estudiantes de otras escolaridades así como con las de concepciones documentadas en diferentes fuentes. Se devela, después de un minucioso análisis, que un alto porcentaje de estudiantes que está por egresar de la licenciatura en Educación Primaria tiene pensamiento lamarckista sobre evolución biológica. Los resultados dan pie a valorar la formación docente inicial que se les brinda, principalmente en lo disciplinar. Se debate sobre las características de la formación docente de los maestros y su repercusión en los aprendizajes que elaboran los alumnos de primaria en torno al contenido de evolución biológica.

En el capítulo tres, se precisa, después de analizar la estructura de los programas que cursan los normalistas para formarse en Ciencias Naturales (Biología) y en su enseñanza, que aunque en el discurso se plantea la importancia de que tengan un amplio dominio disciplinar o científico aunado a una adecuada forma de enseñarlo, lo que realmente prevalece es el enfoque didáctico y se descuida o da por hecho que tienen el conocimiento de lo que van a enseñar. Y sólo les ofrecen acciones colaterales remediadoras. Se plantea que si bien es cierto que los jóvenes abordaron durante sus trayectorias escolares contenidos sobre evolución, lo hicieron como cualquier estudiante que no iba ser maestro. El quehacer docente implica apropiación disciplinaria del contenido que se va a abordar para poder enseñarlo constructivamente desde una perspectiva histórica y epistemológica y conocimiento de los retos epistemológicos que se fueron superando hasta llegar a la conceptualización científica predominante en la actualidad, así como los retos ontológicos que implica su construcción, para posteriormente perfilar los retos cognitivos que van a tener los alumnos al enfrentarlo y perfilar las estrategias y medios didácticos que emplearán para facilitar el aprendizaje o reestructuración de las ideas previas de los estudiantes. Finalmente se proponen líneas de acción para fortalecer la formación disciplinar y pedagógica de los estudiantes de licenciatura en Educación Primaria (normalistas) que se circunscriben a diseños curriculares complementarios o bien a programas alternativos.

Por último, en el capítulo cuatro, se presentan las consideraciones finales respecto a las soluciones encontradas a cada una de las interrogantes planteadas al inicio de esta investigación.

CAPÍTULO 1

REFERENTES TEÓRICOS

1.1 REFERENTES DISCIPLINARES

DESARROLLO HISTÓRICO DE LAS IDEAS SOBRE EVOLUCIÓN DE LA VIDA

La teoría de la evolución biológica es resultado de una serie de ideas cuyos simientes se forjaron en momentos históricos precisos y como todo conocimiento científico, ha sido de acuerdo con los avances de la humanidad. Si bien el pensamiento evolucionista tiene sus orígenes con los primeros naturalistas transformistas, en esta investigación se tratan someramente ideas sostenidas respecto a esta temática desde los griegos presocráticos hasta los naturalistas de los Siglos XVII y XVIII, y con mayor énfasis se abordan las teorías evolucionistas.

1. De los griegos a Buffon

Los griegos y otras sociedades han propuesto a lo largo de la historia de la humanidad respuesta a interrogantes como el origen y el futuro de la vida, y posteriormente se plantearon la evolución de la misma. Las respuestas han sido desde mitos hasta explicaciones fundamentadas en cosmogonías cada vez más alejadas de soluciones que implican divinidades para llegar a constituirse en respuestas de índole científica.

1.1 Los presocráticos

Durante los Siglos VII y V a. de n. e. se marca el inicio de dos grandes líneas filosóficas en el mundo occidental acerca de cambio en la vida en el planeta. Algunos pensadores griegos afirmaban, abiertamente, que no existía en tanto que otros que sí. Heráclito de Efeso decía que todo estaba en permanente cambio y lo expresaba así” No es posible beber dos veces las mismas aguas de un río ya que nuevas aguas fluyen” o bien “ el fuego es un elemento que cambia y un proceso que causa cambio.¹⁶ Y Parménides de Elea plantea ideas de inmutabilidad.

En el Siglo Va .de n. e. Anaximandro y Empédocles de Agrigento, consideraban que la naturaleza estaba constituida por cuatro elementos básicos, eternos e inmutables: agua, fuego, tierra y aire. Anaximandro estableció que el principio primario de todos los objetos era el apeirón, lo infinito e imperceptible, del cual se derivan los cuatro elementos que dieron origen a los primeros seres inferiores, de los cuales surgió el hombre como un ser superior. Difundía la idea de

¹⁶ Magner (1994) y Eggers(1994) citados por Lilita Valladares(2002). **Evolución histórica de las ideas científicas sobre el origen de la vida y su relación con el cambio conceptual de las ideas previas de los estudiantes de bachillerato**, Tesis de licenciatura en biología, Fac. de Ciencias, UNAM, México, p.3.

que el ancestro del hombre debió haber sido un animal acuático y que la Tierra y sus habitantes descendían del mismo material original.

Mientras que para Empédocles, la historia del cosmos y por ende de los seres vivos es cíclica, habiendo periodos de creación y de decadencia gobernados respectivamente por el poder del amor y la armonía, y el poder del odio y la separación. En cada ciclo se originan, a partir de los cuatro elementos básicos, seres vivos y partes de estos espontáneamente.¹⁷ “ Propone la existencia de un universo o reservorio de partes de los organismos(miembros, órganos, etc.), del cual se producirían innumerables combinaciones entre dichos segmentos, las combinaciones “ afortunadas”, es decir aquellas que producirían plantas o animales reconocibles como normales serían las que permanecerían, mientras que las combinaciones” erróneas”, que darían organismos monstruosos o quimeras, desaparecerían.¹⁸

Los atomistas griegos (Leucipo, Demócrito y Epicuro).

Los atomistas griegos desarrollaron un sistema filosófico materialista para explicar los fenómenos naturales. Plantearon la existencia de un número infinito de pequeños, invisibles, impenetrables e indivisibles cuerpos, los átomos, constituidos de la misma sustancia, pero diferentes en forma, tamaño, orden y posición constituyentes básicos del mundo. Demócrito pensaba que el desarrollo inicial y espontáneo de las criaturas vivas resultaba cuando átomos de tierra, se combinan con átomos de agua, fuego y aire y que del predominio de cada elemento nacieron las diferentes especies, en su forma y diversidad actual.¹⁹

1.2 Los socráticos

Platón generó la idea de que el mundo es estático e inmutable. Los organismos son sólo reproducciones de la esencia original. El mundo visible no es sino una pálida, débil y distorsionada copia. Atribuye la creación del mundo organizado y de sus seres organizados a un ser divino, el Demiurgo. Aristóteles, discípulo de Platón, consideraba que el principio organizador de todo ser vivo es el “alma”. La materia por si misma no posee vida, sino que debe adquirirla al organizarse con ayuda del alma. Planteaba los principios básicos de organización como inmutables y eternos. Según Aristóteles los seres vivos se generan tanto a partir de sus semejantes como, en forma espontánea, de la materia inanimada. La naturaleza pasa gradualmente de lo inanimado a lo animado, su continuidad hace imperceptible las fronteras entre ambos. Creó un sistema de clasificación de los organismos o *Scala Natural*, ordenada según el grado de perfección de éstos en la que los agrupa en inferiores o superiores. dependiendo de su lugar

¹⁷ Fry (2000) citado por Valladares Riveroll, *op cit.*, p.3.

¹⁸ José Sarukhán (2003). *Las musas de Darwin*, 3ed., México, SEP, FCE (Colección la Ciencia para todos, No. 70), p.23.

¹⁹ Valladares Riveroll, *op. cit.*, p.4.

en la escalera. Las plantas van inmediatamente después de los minerales. Y la transición de plantas a animales es continua.²⁰

1.3 Los neoplatónicos

El neoplatonismo es una línea de pensamiento que combina ideas platónicas y aristotélicas con base en estas elabora una estructura coherente y ordenada de las cosas conocida como **la gran cadena del ser**. La gran cadena del ser está constituida por tres principios: plenitud, continuidad y jerarquización o gradación. La plenitud, idea de Platón, explica que el universo está lleno por completo de seres vivos y no vivos inmutables, por ende, sin historia. El principio de continuidad, se retoma de Aristóteles, plantea que no hay espacio entre cada ser dentro de la cadena. La jerarquización consiste en que todas las cosas individuales se gradúan desde la clase más ínfima hasta la clase más elevada. Plotino, neoplatónico, retoma elementos de Platón y de Aristóteles, y propone que si bien el número de seres es inmenso, también lo es finito ya que nada que sea perfecto puede carecer de límites. En el mundo no hace faltan seres, son fijos tanto en el número como en su esencia.²¹ La concepción gran cadena del ser influyó en los pensadores a lo largo de los siglos subsiguientes.

1.4 Los teólogos cristianos

Con el surgimiento del cristianismo se mantuvo la concepción de un mundo inmutable. Los teólogos judeocristianos combinaron las aportaciones de los neoplatónicos con los elementos básicos de la Biblia. Predominó una corriente de pensamiento conocida como fijismo-creacionismo. El creacionismo sostiene que el universo fue creado por un acto especial divino, esta explicación representó por siglos la única solución válida y aceptada, para la civilización judeocristiana, a la existencia de vida en la Tierra.²² Del Siglo V al XIII a. de n. e. prevaleció la doctrina de San Agustín quien estableció que la generación espontánea era posible por decreto divino. Gregorio Nazianzeno y San Agustín propusieron que algunas especies se han desarrollado a partir de las creadas por Dios. Desde el Siglo XIII, empezó a dominar el pensamiento de Tomás de Aquino quien sostuvo que los organismos fueron creados en sus especies actuales, en forma independiente, en un único momento, las cuales son inmutables, y por lo mismo no hay unas más antiguas que otras. No admite que los seres vivos cambien ni que transmitan cambios a su progenie; cada especie surgió independientemente de las demás (Olea, 1987). Admitía que las criaturas vivientes se pueden generar, en forma espontánea, a partir de materia sin vida como la carne putrefacta. Durante siglos los trabajos de los naturalistas se adaptaban o moldeaban de acuerdo con las ideas religiosas.

²⁰ *Ibid.*, pp.10 a11.

²¹ *Ibid.*, p.11.

²² Sarukhán Kermez, *op. cit.*, p.24.

1.5 Los naturalistas de los Siglos XVII y XVIII.

El surgimiento de la burguesía y con ésta del capitalismo significó la ruptura y superación de las formas de vida y la visión del mundo feudal-cristiano y el florecimiento de las ciencias. Durante los Siglos XVI y XVII se inició un profundo cambio en la concepción del hombre acerca de la naturaleza y de su lugar en ella. La revelación bíblica empezó a dejar de ocupar el lugar de autoridad exclusiva en la explicación de los fenómenos naturales. Las ideas de Pierre Simon (marqués de Laplace), Immanuel Kant y otros científicos desafiaron dichas explicaciones.²³ Los científicos sólo explicarían el funcionamiento del mundo actual mediante causas secundarias, y se invocaba al Creador sólo cuando algo era inexplicable a través de éstas causas secundarias.²⁴

Todo ser vivo, de acuerdo con René Descartes, es una compleja máquina y como tal, puede explicarse mediante los principios mecánicos operando sobre las partículas materiales que lo forman. Avances en el conocimiento de la morfología e histología de los seres vivos revelaron que la forma orgánica era extremadamente compleja para explicar su generación en forma mecánica. A partir de estos razonamientos se excluye la posibilidad de la generación espontánea de los organismos y se perfilan las ideas de preexistencia y preformación de los gérmenes. La preexistencia se entiende como que sólo hubo un momento de creación divina. Y la preformación, que los organismos generados guardaron gérmenes en su interior (embriones con desarrollo en potencia) preformados, los cuales viven el proceso de desarrollo embrionario. Los organismos están contenidos unos dentro de los otros, preformados y en miniatura.

1.6 Los primeros transformistas

Otra corriente de pensamiento con más elementos laicos es el Progresionismo, que proponía la existencia de una "cadena de los seres" en la que cada eslabón era el resultado de un acto especial de creación divina. Fue una corriente de pensamiento central en el Iluminismo del Siglo XVIII, particularmente en Francia destacan Marie-Jean-Antoine de Caritat (marqués de Condorcet), Denis Diderot, y Goeorg Louis Leclerc (conde de Buffon). A fines del Siglo XVIII, hechos como el conocimiento de la gran diversidad de flora y fauna encontrada por viajeros y exploradores del planeta, descubrimientos de fósiles en diferentes estratos y diversas pruebas por las observaciones naturalistas produjeron la aparición simultánea de *ideas evolucionistas* en personas como Johan Wolfgang von Goethe, Pierre Louis Mureau de Maupertius, Goeorg Louis Leclerc (conde de Buffon) y Erasmus Darwin.

²³ *Ibid.*, p.26.

²⁴ Adolfo Olea (1987) citado por Valladares Riveroll, *op. cit.*, p.13.

Pierre Louis Mureau de Maupertius propuso la generación espontánea y la extinción de organismos como parte de su teoría de los orígenes, esbozó la transformación de una especie en otra a través de causas naturales pero no elaboró una teoría de evolución. George Louis Leclerc, conde de Buffon, uno de los más grandes naturalistas de su tiempo, fue el primero en enfrentar seriamente las ideas evolucionistas de su época, nunca propuso una explicación concreta, explícitamente consideró – y rechazó – la posibilidad de descendencia de varias especies a partir de un ancestro común. Postuló que los organismos aparecen a partir de moléculas orgánicas por generación espontánea, así que puede haber tantos tipos de animales y plantas como combinaciones viables de moléculas orgánicas. Afirmó que los efectos producidos sobre el animal por las condiciones externas se acentúan de generación en generación. Para Buffon los cambios en los animales se dan por procesos de degeneración, así, el asno se deriva del caballo por degeneración, como lo hace la cabra del borrego.²⁵

Por otra parte, Erasmus Darwin propuso en la obra *Zoonomía* que todos los seres vivos están emparentados unos con otros, que los organismos cambiaban en respuesta al ambiente y que heredaban esos cambios a sus descendientes. Aceptaba la evolución de los seres vivos, pero no sugería el mecanismo que la explicara.

2. Hacia un cambio de visión de la evolución de la vida

Para que el problema de la evolución de las especies se precisara como tal, fueron necesarias ciertas condiciones de posibilidad; debió construirse un espacio teórico que hiciera posible y necesario pensar y explicar la diversidad biológica en el planeta, el cambio y la secuencia en los seres vivos a través del tiempo. Tales, Anaximandro, Empédocles y otros filósofos griegos llegaron a admitir combinaciones y separaciones en ciclos eternos, pero no legítimas generaciones de seres vivos y destrucciones de los mismos, en otras palabras, la idea de evolución. Los filósofos atomistas (Leucipo, Demócrito y Epicuro) plantearon las primeras ideas científicas sobre la evolución de la vida. En tanto que las aportaciones de Platón y Aristóteles sobre la cadena del ser describen un mundo estático y creado. La disposición de seres en una escala lleva implícita la necesidad de que se estableciera una relación abstracta entre las cosas y el creador. En Aristóteles, como en otros filósofos griegos, no existía la noción de procesos histórico de cambio, de cambio direccional en el tiempo, de tiempo histórico. Se hallaba la concepción de un tiempo cíclico, que consiste en una concepción en la que no se diferencia un momento del tiempo del otro, en la que el mundo y sus fenómenos naturales están entregados a una repetición constante, y en la que el cosmos es un ciclo eterno, que abarca conflagraciones y reordenamientos. Esta concepción no permite pensar en el problema actual de la evolución de la vida, porque en ésta no hay posibilidad de cambio histórico real, no existe un pasado único, en el que las condiciones del planeta eran diferentes de las actuales, sino que todo se mantiene en las condiciones cíclicas establecidas

²⁵ Sarukhán Kermez, *op. cit.*, p.31.

por el creador. Sin la concepción de tiempo histórico, de una secuencia de cambios direccionales capaces de ser ordenados espacial y temporalmente, que históricamente estuvieran representados por la idea de progreso, no es posible plantearse el problema de cómo pudo originarse la vida en el pasado y evolucionar.

Durante los Siglos XVII y XVIII los naturalistas describen la estructura visible de plantas y animales, centran su atención en el número, la forma, posición y proporción de las partes externas. Clasifican los organismos con base en el supuesto de que la naturaleza es constante en el tiempo y en el espacio. Las variedades detectadas eran sólo accidentes. Al ser constante la forma entre padres e hijos se confirmaba que la generación es un proceso cíclico. La primera condición para que se llegase a plantear el problema de la evolución de la vida es que exista un concepto materialista de vida, capaz de romper la continuidad entre minerales, plantas y animales. Lo cual implica a su vez que se busque lo que es común a todos los seres vivos, lo que los unifica. La segunda condición es que se perfilen las nociones de proceso histórico de cambio direccional, o progreso, es decir que en el planeta se han dado cambios que se pueden ordenar en una secuencia direccional a través del tiempo, que el mundo no es estático, que la Tierra tiene historia y que el tiempo tiene una dirección, puesto que un momento puede distinguirse de otro porque ocurren fenómenos diferentes. Para que haya progreso debe haber un principio: el origen de la vida y la evolución de los organismos surgen como dos problemas paralelos.²⁶

3. El pensamiento de Lamarck

A principios del Siglo XIX, algunos naturalistas hablaban ya de la transformación de las especies; sin embargo es Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet (caballero de Lamarck) gran naturalista francés, quien concibe y propone en varias de sus obras, la primera teoría coherente de evolución con mecanismos naturales que intentan explicar el proceso evolutivo. En su obra más conocida *Filosofía zoológica* (1809) hace grandes aportaciones a la historia natural y a la filosofía de la biología. Aporta la concepción de organización en los seres vivos así como que cada organismo es una estructura inserta en la naturaleza con la que tiene interacciones. Para Lamarck, como para todo pensador de la Ilustración, la naturaleza no se opone a que Dios echó a andar el mundo no como una creación terminada sino, más bien, dotado de la capacidad de auto-organizarse.²⁷ La idea directriz del pensamiento lamarckiano es que en la naturaleza todo está en permanente cambio. Tanto los objetos como las circunstancias. Los cambios son graduales, no catastróficos o severos.

Sabemos que para que se elabore un concepto de vida es necesario que se busque lo que es común a todos los seres vivos, lo que los unifica, y no sólo como

²⁶ Valladares Riveroll, *op. cit.*, p.24.

²⁷ Rosaura Ruiz y Francisco Ayala(2002). *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas*, p.24.

lo venía haciendo la historia natural, buscando lo que los diversifica, sus diferencias externas²⁸, y sabemos que para que se plantee el problema de su evolución se requiere un concepto materialista de vida con el que se rompa la continuidad entre minerales, plantas y animales. Lamarck niega que exista una secuencia o cadena continua entre la materia no viva y la viva. La sustituye por la idea de serie. Lamarck inicia la serie con los minerales después hay un espacio, porque no hay continuidad con los seres vivos, luego están los seres vivos en una secuencia única que va de los más simples a los más complejos. En esta secuencia primero están los infusorios²⁹, luego las plantas y por último los animales. La serie sería lineal si no hubiera circunstancias cambiantes.³⁰

Para Lamarck la naturaleza sólo ha producido directamente, por generación espontánea, los organismos más sencillos(los infusorios), y a partir de éstos ha gestado sucesivamente los demás, de acuerdo con un fin preestablecido. El proceso evolutivo tiene como fin la producción de la especie humana. El hombre es el punto de referencia del cual los animales se van separando según una serie orgánica fija: el hombre se encuentra en el escalón más alto y los organismos más primitivos(los infusorios) en el inferior. La naturaleza provee continuamente los infusorios para el proceso de transformación, y evita que al hacerse más complejos los organismos, desaparezcan por completo los más sencillos y dejen vacantes los lugares inferiores de la serie. Con base en esa serie clasifica a los seres naturales en tres reinos: mineral, vegetal y animal. A la vez que incluye a lo vegetal y animal en el grupo de los seres con vida. Propone que las plantas y los animales son seres vivos lo cual posibilitó la constitución de la Biología y por lo mismo el estudio de fenómenos comunes entre ambos grupos de organismos.³¹

Para Lamarck la adaptación de los organismos a sus circunstancias es el problema central. La adaptación, aunque no emplea este término, son los cambios reactivos que muestran los organismos a la acción unidireccional de las circunstancias en que viven para seguir subsistiendo. Los organismos no se adaptan en forma directa a la acción que sobre éstos ejerce el medio externo, sino que lo hacen por la mediación de la necesidad. El medio genera necesidades biológicas en los organismos que éstos tienen que cubrir, si este ambiente o circunstancias cambian los organismos se ven impulsados a cambiar para seguir subsistiendo. Su enfoque poblacional es netamente tipológico ya que considera a la población o especie como el conjunto de organismos similares. Las circunstancias(factores del ambiente) generan nuevas necesidades en los organismos, los cambios en sus necesidades entrañan cambios en sus acciones. En tanto que esas acciones sean durables, el uso y el no uso por los organismos de ciertos órganos ocasiona que los desarrollen o los atrofien(principio del uso y del desuso) y las adquisiciones o pérdidas morfológicas que siguen son conservadas por el mecanismo de la herencia, a condición de que el nuevo

²⁸ Adolfo Olea (1983; 1987) citados por Valladares Riveroll, *op.cit.*, p. 24.

²⁹ Protozoarios ciliados, amorfos y gelatinosos, que se desarrollan o cultivan en infusiones o tés.

³⁰ Ruiz y Ayala, *op.cit.*, p.31.

³¹ *Ibid.*, p.24.

carácter morfológico sea común a los dos sexos de la especie (principio de herencia de los caracteres adquiridos).

En los animales los cambios de circunstancias producen cambios en sus necesidades, para satisfacerlas cambian en sus relaciones con el medio, cambian sus costumbres, y si el cambio ambiental es duradero, éstas se transforman en hábitos, que generan cambios en el comportamiento y después en su anatomía y fisiología. En relación con los vegetales Lamarck no abunda, plantea que en estos no hay hábitos, que los grandes cambios de circunstancias conducen a diferencias en el desarrollo de sus partes y todo se opera por los cambios provenientes de su nutrición, de sus absorciones y transpiraciones, de la cantidad de calórico, de la luz, de aire y de humedad que reciben habitualmente y de la superioridad que ciertos movimientos vitales pueden adquirir sobre los demás.³² La evolución biológica, de acuerdo con Lamarck, se debe a dos causas fundamentales. Por un lado, la inherente capacidad de la vida para el cambio, capacidad que está dirigida por el plan de la naturaleza para la creación de las diferentes especies; por otro, los cambios ambientales que obligan al organismo a acomodarse al medio y que así contribuyen también a la transformación de las especies. La evolución se produce por dos factores que se oponen. En primer lugar hay una tendencia interna al cambio, siempre con aumento en la complejidad, que está preestablecida por la naturaleza. Pero las circunstancias ambientales no permiten que ese proyecto se realice perfectamente sino que, al variar, las especies se ven obligadas a modificarse para continuar existiendo. Las nuevas especies se forman a partir de anteriores, que no desaparecen al generarse la nueva. Subsisten las especies intermedias, por lo tanto, hay un aumento en su número.

Durante los Siglos XVII y XVIII muchos autores sostenían que las partes de los animales estaban diseñadas para ejercer determinada función. Carl von Linné habla de una adaptación perfecta al medio, ya que cada órgano fue especialmente elaborado para llevar a cabo cierto trabajo y no otro. Lamarck propone exactamente lo contrario: son las necesidades y los usos de los órganos los que incluso los han hecho nacer cuando no existían y han dado lugar al desarrollo de los órganos que observamos en cada animal. La naturaleza a pesar de la omnipotencia con que su autor la ha dotado, no puede prever todas las condiciones posibles y crear órganos digamos preadaptados; pero además, las circunstancias no son siempre las mismas, se modifican en el tiempo. Por eso, la naturaleza no crea órganos, sino que produce necesidades que desarrollan o crean tales órganos.³³

4. El pensamiento de Darwin

A mediados del Siglo XIX Charles Darwin (1809-1882) naturalista británico, presentó algunas ideas nuevas acerca de las relaciones entre las especies,

³² Jean Baptiste Lamarck (1809). *Filosofía zoológica*, México, pp.180-181

³³ *Ibid.*, p.35.

conocidas como la teoría moderna de la evolución o evolución variativa.³⁴ En el libro " *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural, o la conservación de las razas en la lucha por la existencia* " Darwin expresa la idea central de que las especies cambian durante periodos largos de tiempo como resultado de modificaciones ligeras que diferencian a un organismo individual de los otros de su especie. Darwin acumuló evidencias que demostraron que la evolución ha ocurrido, que los diversos organismos comparten ancestros comunes y que los seres vivos han cambiado drásticamente en el curso de la historia de la Tierra, extendió al mundo viviente la idea de que la naturaleza es un sistema de materia en movimiento gobernado por leyes naturales.³⁵ Darwin propone un árbol filogenético ramificado en lugar de la escala lineal dominante durante el Siglo XVIII y de la serie de Lamarck. El árbol filogenético darwiniano incorpora el concepto de comunidad de descendencia y bajo éste, el origen de la vida consistirá en la aparición de los ancestros comunes de todos los organismos.³⁶ Las ramas presentan entre sí relaciones de ancestría-descendencia y la raíz única corresponde al ancestro común u origen primario de todos los seres vivos, a partir del cual todas las especies eventualmente evolucionaron.

El problema principal que Darwin trató de resolver fue encontrar o definir un proceso o factor natural que explicara la gran diversidad de seres vivos que han existido, que se han extinguido y de los que existen, un mecanismo que explicara el cambio en los seres vivos y su adaptación al ambiente. El núcleo de la teoría darwiniana (la teoría de la evolución de la vida mediante selección natural) está constituido por dos ideas básicas: la variación y la selección natural. La selección natural es el mecanismo fundamental que orienta la evolución al seleccionar las variantes, en los diferentes niveles evolutivos, con mayor adecuación. La selección sólo se presenta si existe variación hereditaria.³⁷ Darwin reconoce que para resolver el problema de la evolución de las especies necesita comprender la variación que presentan. Por lo que buscó explicarse el origen de las variaciones y el vínculo que existe entre éstas con la formación de variedades permanentes y de especies. Comprende que las variaciones no son en sí mismas adaptativas y que la adaptación es un proceso que se inicia con la existencia de la variación. En la teoría de Darwin encontramos tres formas en que explica el origen de la variación. Dos, retomadas de Lamarck, son el resultado de la acción de las circunstancias ambientales, y los efectos modificadores del uso y del desuso cuyo resultado es la adaptación inmediata, y la tercera es la variación espontánea que no tiene en apariencia relación alguna con el ambiente, la cual se debía a causas constitutivas del organismo.

Respecto al origen de la variabilidad Darwin plantea:

³⁴ Nombre que asigna Ernst Mayr (2000) a la teoría darwinista de la evolución por selección natural.

³⁵ Ruiz y Ayala, *op. cit.*, p.83.

³⁶ Ernst Mayr (2000). *Así es la biología*, México, CONALITEG, (*Biblioteca del Normalista de la SEP*), p.197 y Valladares Riveroll, *op. cit.*, p.23.

³⁷ Ruiz y Ayala, *op. cit.*, p.85 y Mayr(2000), p.205(Lo que está entre paréntesis es mío).

“ Las condiciones de la vida parecen actuar en dos sentidos: directamente sobre toda la organización o sobre ciertas partes solamente, e indirectamente, afectando al sistema reproductor. Con respecto a la acción directa hay dos factores(que intervienen), la naturaleza del organismo y la naturaleza de las condiciones. Parece ser que la naturaleza del organismo es el factor más importante ...La acción directa del cambio de condiciones lleva a resultados definidos e indefinidos. En el primer caso la naturaleza del organismo es tal que cede fácilmente y todos o casi todos los ejemplares resultan modificados de la misma manera. En el segundo caso, la organización parece volverse plástica y tenemos mucha variabilidad fluctuante”.

“ Con respecto a lo que he llamado la acción indirecta del cambio de condiciones, por haber sido afectado el sistema reproductor, podemos inferir que la variabilidad es provocada en parte, porque este sistema es extremadamente sensible a todo cambio de las condiciones”³⁸.

Asimismo en relación con la variación que es espontánea o posiblemente azarosa , establece que no tiene connotación de adaptabilidad en sí misma ya que su carácter positivo o negativo para los portadores se define en función de la relación con el ambiente. Por lo mismo, una misma variación puede resultar favorable en un ambiente, perjudicial en otro e incluso ser adaptativamente neutra en un tercero.³⁹ De acuerdo con Darwin el ambiente participa generando variación y seleccionando a los organismos previamente provistos de las estructuras, funciones y comportamiento que se requieren para la sobrevivencia en un medio.⁴⁰ Todas las especies se reproducen en mayor proporción de la que es posible que sobrevivan en un territorio. Esta sobreproducción aunada a una limitación de recursos provoca una lucha por la existencia. Los organismos portadores de alguna variación que mejora sus posibilidades de aprovechamiento del lugar que ocupan en la economía natural, tienden a tener un mayor número de descendientes. A su vez, los descendientes modificados orientarán la transformación de la especie en ese nuevo sentido. De esta manera, la teoría de Darwin resuelve el problema de entender la adaptación de los organismos a su entorno y establece que la selección natural ha sido el principal, si bien no el único, medio que lo explica.⁴¹ La adaptación es consecuencia de la selección natural.

La teoría de la selección natural se funda en la creencia de que cada nueva variedad o cada nueva especie se perpetúa porque tiene ventajas sobre aquellas con las que compite, y que inevitablemente se extinguirán las menos favorecidas.⁴² La selección natural no es un proceso negativo, ya que es capaz de generar novedades, al incrementar la probabilidad de combinaciones adaptativas. Cada paso de la selección natural es orientado hacia la mejora de la adecuación

³⁸ Charles Darwin (1979). **El origen de las especies por medio de la selección natural**, México, Diana, pp.25 a 28 y 138 a 139.

³⁹ Rosaura Ruiz y Francisco Ayala “El núcleo duro del darwinismo”, p.308.

⁴⁰ Ma. Cristina Hernández(2002). **La historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural**, México, Tesis(Doctorado en Ciencias, Biología), Facultad de Ciencias, UNAM, pp.33 – 37.

⁴¹ Darwin, *op. cit.*, p.494.

⁴² *Ibid*, p.320.

del organismo, pero la secuencia total no está preordenada ni tiene un fin preconcebido, cada uno de estos pasos puede cambiar de dirección en función de las diferentes presiones de selección. La selección natural no tiene un proyecto, ni opera de acuerdo con un plan preestablecido. Es un proceso natural. Darwin defiende la gradualidad de los cambios evolutivos, y rechaza la existencia de una tendencia al progreso. La selección natural actúa favoreciendo la mejora continua, no obstante no puede prever lo que ocurrirá en generaciones sucesivas.⁴³

Algunos de los aspectos que no pudo resolver Darwin con su teoría de descendencia con modificaciones por variación y selección natural o que sus soluciones no fueron acertadas son:

- Darwin aceptaba la generación espontánea como el único mecanismo natural para producir a los primeros seres vivos.⁴⁴
- A Darwin le quedó por especificar sus ideas sobre variación genética, los mecanismos de la herencia, las escalas de tiempo necesarias para la evolución, asimismo planteó algunas ideas no correctas como son el gradualismo estricto, la herencia por mezcla y la herencia de caracteres adquiridos.⁴⁵
- Charles Darwin usaba la idea de "expresión en mosaico" para explicar la herencia de los caracteres en la descendencia, idea que toma en cuenta para explicar los procesos de formación de híbridos. Este tipo de herencia es confundida por algunos autores con la herencia mezclada, combinada o teoría de la fusión.
- En relación con la forma en que la variabilidad heredada o genética era transmitida a sus descendientes. Darwin la desconocía, sin embargo elaboró la hipótesis de la pangénesis con la que pretendió explicar la forma en que las características pueden transmitirse de una generación a otra.⁴⁶

A decir de Sarukhán, pesar de que Darwin tituló su libro más importante con el encabezado de *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural*, y de que propuso a la selección natural como el mecanismo causante de los cambios que una especie puede experimentar, prácticamente no discutió el origen de las especies en sí y no dio ejemplos de cómo una especie puede dar origen a dos o más. Darwin realmente no planteó una teoría para explicar la multiplicación de las especies.⁴⁷

⁴³ *Ibid*, p.321.

⁴⁴ Valladares Riveroll, *op. cit.*, p. 26.

⁴⁵ Hernández Rodríguez, *op. cit.*, p.39.

⁴⁶ La hipótesis de pangénesis sostiene que cada órgano del cuerpo puede producir partículas microscópicas hereditarias(las gémulas) incluidas las variaciones adquiridas. Las gémulas viajan a las células sexuales llevando los caracteres propios de cada órgano, las cuales influyen en la forma, el tamaño y las funciones de los órganos correspondientes de la descendencia.

⁴⁷ Sarukhán Kermez, *op. cit.*, pp. 275 a 277.

5. Teoría sintética de la evolución o neodarwinismo.

La dificultad más seria que enfrentó la teoría de Darwin fue la carencia de una adecuada explicación de la herencia que diera cuenta de la preservación de las variaciones sobre las que actúa la selección natural. En 1880 Augusto Weissman demostró que los cambios que ocurren en las células somáticas no se transmiten a las células sexuales, al cortar la cola a 20 generaciones de ratones y encontrar que la modificación no se transmite a la descendencia. En 1900, simultáneamente, Hugo de Vries, Carl Correns y Erich Tschetmark publicaban sus trabajos donde confirman los resultados obtenidos por Gregorio Mendel 35 años antes. Mendel sostenía que la herencia se transmite en unidades discretas que son disociables y combinables de manera matemáticamente predecible, además demostró que los caracteres parentales no se mezclan y que se transmiten sin cambio a las generaciones siguientes. Hugo de Vries propuso que las mutaciones son quienes provocan el papel principal en la evolución de las especies y que la selección natural tiene un papel secundario, sólo elimina las variaciones deletéreas.⁴⁸ Encabezó un grupo conocido como los mutacionistas entre quienes estaban William Bateson y Wilhelm Johansen. Se dio una controversia entre los que postulaban la selección natural (biometristas) como proceso fundamental y los que postulaban a la mutación (mutacionistas).

Adelantos en Biología, entre las décadas de los veinte y los treinta, como los de Robert A. Fisher, John. B. S Haldane y Sewal Wright en genética de poblaciones; Theodosius Dobzhansky en términos genéticos; Gregor. G. Simpson en paleontología y Ernst Mayr en taxonomía evolutiva llevaron a elaborar la solución final de la controversia entre mutacionistas y biometristas. La teoría sintética de la evolución o neodarwinismo, la cual conjunta, por un lado, la idea de la selección natural apuntalada por los avances en la ecología contemporánea y, por el otro, los resultados, más importantes de la genética moderna.⁴⁹ La teoría sintética moderna de la evolución reconoce cinco tipos básicos de procesos:

- a) mutación génica
- b) cambios en la estructura y el número de cromosomas
- c) recombinación genética
- d) selección natural
- e) aislamiento reproductivo

La mutación génica, los cambios en la estructura y el número de cromosomas y la recombinación genética causan la variabilidad genética sin la cual no pueden ocurrir cambios y la selección natural y el aislamiento reproductivo dirigen las poblaciones hacia diferentes canales adaptativos. El núcleo central de la teoría sintética está constituido por la variabilidad genética y la selección natural.

⁴⁸ Variaciones mortales.

⁴⁹ Lawrence E. Mettler y Thomas G. Gregg (1979). **Genética de las poblaciones y evolución**, México, UTEHA y G. Ledyard Stebbins (1978). **Procesos de la evolución orgánica**, Madrid. Prentice/Hall Internacional.

Además, intervienen tres procesos accesorios en la operación de los cinco procesos básicos:

- a) La migración de individuos de una población a otra.
- b) La hibridación interracial
- c) Efectos del azar en poblaciones poco numerosas.

En la teoría moderna de la evolución se define a la especie como un conjunto de individuos (población) que, real o potencialmente, se reproducen (se entrecruzan) y que, además, se encuentran reproductivamente aislados del resto de los individuos o de las poblaciones. Y considera que la evolución no opera a nivel de individuo sino sobre las poblaciones, por lo tanto la población es (a nivel microevolutivo) la unidad evolutiva por excelencia.⁵⁰

La variación (el enfoque genético de las especies).

Así como una especie es un conjunto de individuos, un individuo es un conjunto finito de caracteres, cada uno es el resultado de la expresión de uno o varios genes. Un gene es la unidad operativa del ácido desoxirribonucleico (ADN) de una especie capaz de cambiar, recombinarse y funcionar. En todo individuo se reconoce un genotipo y el fenotipo. Cada especie posee un genotipo característico con un número constante de cromosomas en sus células. Durante la sucesión de generaciones de una especie, los genes pasan de padres a hijos en diferentes combinaciones. La herencia constituye una fuerza conservadora (estabilizadora) que tiende a mantener iguales las generaciones de descendientes de una especie. Tendencia demostrada teóricamente por G.H. Hardy y W. Weinberg. La precisión del proceso hereditario se modifica ocasionalmente por variaciones o mutaciones genéticas aleatorias o azarosas.

La selección (el enfoque ecológico de las especies).

Las especies se encuentran ubicadas dentro de uno o varios ecosistemas del que forman parte, de su compleja dinámica, determinado por el conjunto de las interacciones con otras especies y con los factores de su entorno físico. Cada individuo de la población mantiene su fenotipo bajo el efecto dinámico de los factores del entorno. Teniendo en cuenta las distintas relaciones entre los organismos y su ambiente, se han reconocido tres clases distintas de selección: selección estabilizadora, selección direccional y selección desorganizadora.⁵¹

El proceso evolutivo

⁵⁰ Víctor M. Toledo y Aurea García (1973). *Evolución*, México, ANUIES, pp. 26 y 27 (Lo que está entre paréntesis son observaciones personales).

⁵¹ Toledo y García, *op. cit.*, pp. 27a 29.

La variación y la selección son las dos fuerzas fundamentales que operan durante el proceso. Mediante la variación las especies producen nuevos y diferentes individuos durante cada generación, a partir de diferentes frecuencias y combinaciones de genotipos. Los factores que integran la selección posibilitan la reproducción diferencial de ciertos alelos o combinaciones genéticas sobre otras presentes en la población durante cada generación. Los organismos que no son eliminados presentan características por las que sobreviven y se adaptan al medio.

La especiación

En la actualidad los investigadores distinguen tres procesos básicos de formación de las nuevas especies:

- a) Especiación filética o evolución en serie cuando una especie se transforma, a través del tiempo, en otra especie.
- b) Especiación primaria o verdadera, cuando una especie da lugar a dos o más especies.
- c) Especiación secundaria, cuando dos especies se fusionan y dan lugar a una especie nueva.

La formación de nuevas especies implica el aislamiento reproductivo de una parte de la población. El aislamiento reproductivo es el producto de la especiación. La verdadera especiación o especiación primaria puede ser: simpátrica y alopátrica o geográfica. La especiación simpátrica tiene lugar cuando dos poblaciones no separadas geográficamente no pueden reproducirse. La especiación geográfica ocurre cuando dos poblaciones separadas geográficamente se aíslan reproductivamente .

Enfoque o niveles de la evolución

Los investigadores han convenido en que el proceso evolutivo puede examinarse a tres niveles:

- a) El microevolutivo.-Es el proceso de cambio que ocurre a nivel de especie como resultado de la supervivencia diferencial de combinaciones genéticas y de la deriva genética.
- b) El megaevolutivo.-Es el proceso de diversificación de un tronco común en varias ramas y corresponde a taxones superiores: reinos, phyla y clases (ejems. Peces, anfibios, reptiles, aves y mamíferos).
- c) El macroevolutivo o radiación adaptativa .- Es la ramificación de los taxones superiores. Ocurre en niveles superiores a especie.

La evolución es una continua sucesión de fenómenos megaevolutivos seguidos de macroevoluciones y microevoluciones, y durante cada megaevolución hay una invasión de especies a un nuevo ambiente.⁵²

⁵² *Ibid.*, pp 35 , 37, 46 y 48.

Principios de la evolución orgánica

La teoría moderna de la evolución puede ser analizada desde un punto de vista filosófico, al respecto Gerhard Vollmer define los postulados siguientes.⁵³

Principio de la variación: Todos los organismos varían entre sí, y constantemente están surgiendo nuevas variaciones(tanto por recombinación genética como por mutaciones).

Principio de la herencia: Las variaciones, en parte, se heredan o transmiten genéticamente a la siguiente generación.

Principio de la discontinuidad: La herencia es de naturaleza particulada o atomista.

Principio de la ceguera: Las variaciones(mutaciones, recombinaciones, fluctuación en número) son ciegas, no tienen una dirección preferencial hacia adaptaciones favorables. Son aleatorias.

Principio de la sobreproducción: Casi todos los organismos producen más descendientes de los que sobreviven y se reproducen.

Principio de la selección natural: Hay una reproducción diferencial. En promedio, los sobrevivientes muestran variaciones heredables que aumentan su adaptación a los medios locales.

Principio de la evolución: Las especies no son inmutables.

Principio del gradualismo: Los procesos filogenéticos o de especiación así como los de extinción son graduales y relativamente lentos.

Principio de la irreversibilidad: El curso de la evolución es irreversible e irrepetible.

Principio de la impredecibilidad: El curso de la evolución no está preprogramado, ni orientado a un objetivo predeterminado.

Principio de la adaptación: Los rasgos funcionales son resultado de la selección natural.

Principio del oportunismo: Los procesos evolutivos son oportunistas, actúan exclusivamente sobre lo que existe.

Principio de la complejidad creciente: La evolución ha llevado a una complejidad cada vez mayor.

⁵³ Gerhard Vollmer (1999). "Situación de la teoría de la evolución en la filosofía de la ciencia ", en: **Estudios en historia y filosofía de la Biología**, Vol.2, México, Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales" Vicente Lombardo Toledano.", pp. 483 a 492(Se respetan los términos usados por el autor).

Principio de la estrategia evolutiva: Se optimizan los organismos en las poblaciones y los procesos evolutivos.

6. *Polémicas actuales*

Teoría neutralista (microevolución)

La teoría neutralista es una explicación alternativa para algunos aspectos del proceso evolutivo. La propuesta se deriva de estudios a nivel molecular. Motoo Kimura y T. Ohta(1971, 1987) consideran la necesidad del análisis de los procesos estocásticos en el nivel genético porque impactan de manera poco significativa en el nivel fenotípico, y su tratamiento matemático puede iluminar algunos secretos oscuros de la evolución. El punto principal de la teoría neutralista es que la mayoría de los genes mutantes son selectivamente neutros o casi neutros, es decir que no tienen ni más ni menos ventajas adaptativas que los genes que sustituyen. Por lo que la mayoría de los cambios evolutivos se deben a la deriva de genes mutantes selectivamente equivalentes. Los neutralistas afirman que en el curso de la deriva génica, la gran mayoría de los alelos se pierde por azar, pero una fracción se fija en la población, asimismo que si las mutaciones neutras son frecuentes y la deriva es continua durante un largo periodo la composición génica de la población cambia significativamente.⁵⁴

Los darwinistas no niegan el papel de las mutaciones neutras y por lo tanto de la deriva genética, pero consideran que, en éste y en todos los niveles de evolución, la selección natural es una fuerza constructiva, ya que da la dirección y por ello desempeña el papel más importante. Lo que hace distinta a la teoría neutralista es que defiende que en cada locus hay varios mutantes adaptativamente equivalentes, así que no están sujetos a selección natural entre ellos. Pruebas directas corroboran la hipótesis de la selección natural de la variación protéica. La selección natural aparece como el proceso no aleatorio que dirige la evolución de las proteínas, así como la evolución de las características morfológicas, funcionales y del desarrollo de los organismos.⁵⁵

El equilibrio puntuado (macroevolución)

La teoría del equilibrio puntuado pone en duda que la evolución siga un proceso gradual. A partir de interpretaciones diferentes de un mismo registro fósil, paleontólogos modernos llegan a conclusiones distintas. Mientras que Darwin y Simpson consideran que los huecos existentes en el registro fósil se deben a la ausencia en el proceso de fosilización y a fallas en el estudio paleontológico. Para los defensores del equilibrio puntuado (Niles Eldrege y Stephen J. Gould), los vacíos del registro se deben a que la evolución morfológica frecuentemente ocurre

⁵⁴ Hernández Rodríguez, *op. cit.*, pp.64 y 65.

⁵⁵ Ruíz Rodríguez y Ayala(2002). *De Darwin al DNA...* pp.161, 162 y 170.

de manera abrupta, precedida y seguida por largos períodos con poco o ningún cambio. En síntesis esta teoría sostiene que la evolución ocurre en dos etapas: una rápida en la que surge una nueva especie y en la que se presentan la mayoría de los cambios morfológicos (especiación), y otra subsecuente en la que los cambios son virtualmente inexistentes (estasis). Rechazan que la evolución filética pueda ser frecuente en la evolución. Y consideran innecesario extender el modelo darwiniano de cambio evolutivo.⁵⁶

Hasta aquí concluimos con una visión histórica de las ideas sobre evolución de la vida dando cuenta de las diferentes interpretaciones que las diversas comunidades han sostenidos alrededor del problema de la evolución, desde los presocráticos hasta las comunidades científicas actuales. Las teorías se pueden restringir en tres linajes: creacionista-fijista, generación espontánea y evolucionista. La evolución es una teoría que da unidad y coherencia al conocimiento biológico que en palabras de Ernst Mayr:

“ Más de un siglo y cuarto después de Darwin, esta evidencia (de que los animales evolucionan con el tiempo) es tan abrumadora que ningún biólogo habla ya de la evolución como una teoría, la consideran un hecho tan bien demostrado como que la Tierra gira alrededor del Sol, y que es redonda y no plana. Tal como dijo Dobzhansky: “En biología nada tiene sentido si no es a la luz de la evolución” . Considerando que la evolución es un hecho demostrado, ningún evolucionista pierde ya tiempo buscando nuevas pruebas. Sólo para refutar a los creacionistas se molesta uno en presentar la contundente evidencia a favor de la evolución acumulada en los últimos ciento treinta años.”⁵⁷

La teoría evolucionista es una visión de la vida, tan increíblemente fantástica y trascendental, que algunas personas la encuentran inaceptable a pesar del gran conjunto de pruebas que la apoyan. Las pruebas que la sustentan son abundantes, crecientes, sólidamente conectadas disponibles en museos, en un cúmulo de estudios científicos evaluados por expertos, en libros populares y libros de texto. Nadie tiene por qué aceptar la evolución como un asunto de fe. Las pruebas se agruparon inicialmente en cuatro categorías: biogeografía, paleontología, embriología y morfología; después se incorporaron: la genética de poblaciones, la bioquímica, la biología molecular y recientemente la secuenciación genética. Al explicar la teoría de la evolución la diversidad biológica existente en los diferentes momentos históricos del planeta es indispensable que los maestros de primaria la conozcan y comprendan para que posibiliten una cultura científica en la población estudiantil que incluya una visión evolutiva de los fenómenos naturales. Visión que genere en la población ideas de movimiento, de cambio de ideas, puntos de vista, formas de vivir, sentir y trascender; aunada a la concepción de variación o variabilidad de los seres vivos y entre estos del ser humano. Noción

⁵⁶ Gould (1980) y Eldrege(1982) citados por Hernández Ruiz *op. cit.*, p.66, y de acuerdo con Ruiz y Ayala, *op. cit.* y Ernst Mayr (1987). Algunas ideas sobre la historia de la síntesis evolutiva, México, Fac. Ciencias, UNAM.

⁵⁷ Ernst Mayr(2000). Así es la biología, p.196.

que constituye la base de la comprensión y el respeto de la diversidad humana que posibilite otros estilos y prácticas de convivencia social.

1.2 REFERENTES PEDAGÓGICOS

Los estudiantes normalistas son aprendices de contenidos que los preparan para después trabajar en su enseñanza en la escuela primaria, por lo mismo tienen que adquirir estructuras conceptuales, actitudinales y procedimentales, en otras palabras, apropiarse de la lógica de los contenidos escolares; asimismo, han de comprender la lógica de los alumnos o su estructura cognoscitiva-emotiva y aprender la lógica de la estructura metodológica. Existen diferentes planteamientos teóricos para abordar la dimensión pedagógica. Esta tesis se fundamenta en los planteamientos del programa de investigación constructivista. El constructivismo es un enfoque epistemológico – psicológico - pedagógico heterogéneo o plural que concibe a las personas como sujetos activos en la elaboración de sus aprendizajes en interacción con los objetos de conocimiento o de estudio (actitudes, valores, procedimientos, conceptos, hechos, etc.). Conceptualiza al aprendizaje como el proceso en el que se construyen en forma recíproca SUJETO – OBJETO (S - O), proceso en el que intervienen el sujeto de conocimiento, el objeto de conocimiento o contenido y la acción que los constituye y los vincula.⁵⁸

El estudiante selecciona, asimila, procesa, interpreta y reconstruye explicaciones sobre los contenidos que se le presentan en la escuela. Este proceso de construcción implica la confrontación de sus concepciones o saberes previos, organizados en estructuras conceptuales, con la nueva información que se le aporta o que él obtiene.⁵⁹ En este enfoque, la enseñanza es definida como el proceso de facilitar o propiciar que los estudiantes elaboren aprendizajes verdaderos o significativos. Por lo que se propone que el maestro detecte lo que sus alumnos saben, promueva que tengan conciencia de éstos e instrumente acciones didácticas pertinentes que posibiliten su reestructuración. Investigadores mexicanos (Campos, 1978; Campos y Gaspar, s/f; Campos y Gaspar, 1996; García y Lastiri, 1998) representan formalmente el proceso de enseñanza – aprendizaje en una estructura didáctica. La estructura didáctica es una representación conceptual en la que se articulan los componentes estructurales del proceso didáctico (maestro, alumno, contenido, objetivo y estrategia) y se organizan en ejes de enseñanza, de aprendizaje y de comunicación. El contenido constituye el núcleo o eje articulador de los tres ejes, es el punto crucial de las relaciones didácticas.

⁵⁸ Julieta Valentina García y María Alejandra Lastiri (1998). "Propuesta didáctica centrada en contenidos: Fundamentos y recursos", en J. V. García, compil. **Conceptos fundamentales del currículo, didáctica y evaluación para ciencias políticas y sociales**, México, UNAM, Sistema Universidad Abierta, pp.187 a 193.

⁵⁹ Hernández Rodríguez, *op. cit.*, p.75.

En lo referente a la formación inicial de los maestros, García y Lastirini (1998) elaboran una propuesta de formación docente centrada en contenidos, por considerar al contenido como la mediación curricular del objeto de estudio de un campo disciplinario a través de la metodología de enseñanza. Vislumbran la importancia de que el maestro elabore y ponga en práctica una estructura integral actualizada en la que precise su conceptualización acerca de los elementos educación, proceso de aprendizaje, relación entre dimensiones y niveles de aprendizaje y proceso de enseñanza, estructura que contenga los componentes: estructura didáctica, estructura conceptual, estructura metodológica de base y metodologías de la enseñanza. Asimismo plantean la importancia de que el profesor elabore, durante la fase de planificación o diseño del curso, la unidad y las sesiones o clases, una estructura conceptual para trabajar cualquier contenido.

Las investigaciones confirman la importancia de que los futuros profesores dominen no sólo los contenidos de las Ciencias Naturales sino que tengan conciencia de la forma en que los tienen esquematizados, o sea que elaboren estructuras o sistemas conceptuales de la disciplina, Subject matter structure, SMS propuestos por Gess - Newsome y Lederman(1989).⁶⁰ Estos mismos autores afirman que la posesión de un adecuado - o de varios- SMS ayudará al profesor en la selección de los tópicos más idóneos para ser incluidos en un curriculum escolar dado.

Al respecto, Eréndira Alvarez(2001) perfila:

" La formación integral de los docentes, la traduzco en actualización disciplinaria, formación ética y superación didáctica para el ejercicio profesional de la docencia, un proceso complejo, en trayectoria y susceptible de modificar y ser modificado".⁶¹

Y , en relación con lo mismo Julieta Valentina García(1998) plantea que:

" La formación docente implica una construcción individual y grupal en el orden académico con altos niveles de elaboración teórica, metodológica, instrumental y práctica, con miras a fortalecer la identidad institucional a la vanguardia en las innovaciones de la enseñanza de la ciencia y la tecnología con un enfoque ecosófico, científico y humanístico, que logre satisfacer una demanda profesional y académica de todos los que participan en el proceso".⁶²

Las actividades de formación docente deberán precisar los propósitos y los objetivos que persiguen, entre los que García Méndez destaca:

⁶⁰ Gess - Newsome y Lederman (1989)citados por Carles Furió (1994). " Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias ", en **Enseñanza de las Ciencias**, 12(2), pp.188 – 199.

⁶¹ Eréndira Alvarez (2001). **Propuesta integral de formación docente para las Ciencias Biológicas del bachillerato de la UNAM**, México, Tesis(Maestría en Ciencias , Enseñanza e Historia de la Biología), Fac. de Ciencias, UNAM, p.72.

⁶² Julieta Valentina García Méndez, citado por Alvarez, *op. cit.*, pp. 89 y 90.

- ✓ Adquirir una formación pedagógica y didáctica, sólida y rigurosa.
- ✓ Fortalecer la formación científica y tecnológica desde una perspectiva sistemática, racional, orgánica, interdisciplinaria, transdisciplinaria e integradora.
- ✓ Desplegar el método racional (fines, medios, valoración) en sus distintas expresiones especulativa, científica y tecnológica.
- ✓ Diseñar instrumentos teóricos(estructuras conceptuales) y recursos didácticos básicos(antologías).
- ✓ Participar en talleres de tecnologías para el despliegue de macrocompetencias y módulos de competencias interdisciplinares."

Eréndira Álvarez(2001) elabora una propuesta de formación docente integral en la que articula en forma racional tres aspectos: información actualizada y sistematizada con fines de enseñanza (dominio disciplinario); formación para la docencia orientada por la filosofía educativa de la institución y los fines que de ella se derivan (dominio pedagógico, ético); y superación en las estrategias y metodologías educativas (dominio didáctico), esta propuesta se sustenta en los principios siguientes:

- Proceso integral
- Carácter transdisciplinario
- Desarrollo institucional
- Vocación pedagógica de las ciencias y vocación científica de la práctica docente

Proceso integral.- Concibe la formación docente como un sistema abierto, complejo, orgánico, dinámico, cambiante, en proceso, devenir, trayectoria que tiene múltiples dimensiones y conexiones(disciplinarias, epistemológicas, pedagógicas, didácticas, éticas, psicológicas).Integra la investigación, la docencia y la difusión.

Carácter transdisciplinario.-La enseñanza de la Biología trasciende a la ciencia y se auxilia de los saberes y prácticas de otras disciplinas en proyectos transdisciplinarios en los que intervengan articuladamente la biología, epistemología, pedagogía, psicología, didáctica.

Desarrollo institucional.- La formación, superación y actualización docente son procesos constantes cuya responsabilidad es de la institución.

Vocación pedagógica de las ciencias y vocación científica de la práctica docente.-La ciencia tiene vocación pedagógica porque los científicos dan a conocer las nuevas propuestas de orden generadas en la investigación. Y la práctica docente tendrá vocación científica en tanto que se fomente la actitud científica en la docencia organizando, sistematizando, reflexionando y categorizando el conocimiento adquirido en la experiencia y en procesos formales de investigación educativa que posibiliten la formación integral de los individuos.

Ubicando las dimensiones ética y estética en el centro de gravedad del proceso de formación docente.⁶³ Los expertos establecen dos vertientes en las propuestas de formación docente en educación media superior y superior que, con sus particularidades, podríamos adecuar a la formación inicial de los licenciados en educación primaria, una referida a la discusión del campo didáctico y la otra al campo pedagógico, esta última centrada en las teorías pedagógicas y curriculares y en propuestas didácticas para la formación docente.⁶⁴ La Teoría Pedagógica y Propuesta Didáctica Centrada en Contenidos (TP y PDCC), se circunscribe en ésta última vertiente.⁶⁵

La TP y PDCC se articula con el campo disciplinario, en la definición del CONTENIDO, como elemento central de la convocatoria del quehacer educativo escolar. El CONTENIDO es la mediación curricular del objeto de estudio de un campo disciplinario a través de la metodología de la enseñanza. Los conceptos fundamentales son: el planteamiento curricular, el sistema de enseñanza o propuesta didáctica y los sistemas de evaluación, integrados constituyen un todo orgánico. El proceso de aprendizaje es esencial en esta propuesta y lo constituyen tres elementos: el sujeto de conocimiento, el objeto de conocimiento y la acción que los constituye y los vincula. El CONTENIDO establece un puente entre la disciplina (en este caso Biología) y su objeto de estudio, y los planteamientos curriculares, con sus intenciones de enseñanza. El aprendizaje es una construcción recíproca SUJETO – OBJETO en la que la acción está en el origen de todo conocimiento posible. En sus dimensiones actitudinal o societaria; procedimental o psicomotriz y declarativo - conceptual o intelectual, así como en los diferentes niveles: recepción, procesamiento o de solución de problemas.

El punto de partida y eje de la propuesta didáctica es el proceso de enseñanza -aprendizaje. La formación docente se plantea en función y en relación directa con un área del saber y un nivel educativo definido. Esto obliga a una reflexión sobre la construcción de contenidos con fines de enseñanza. La TP y PDCC para la formación docente tiene dos componentes básicos. la estructura didáctica y la estructura conceptual.

Estructura didáctica

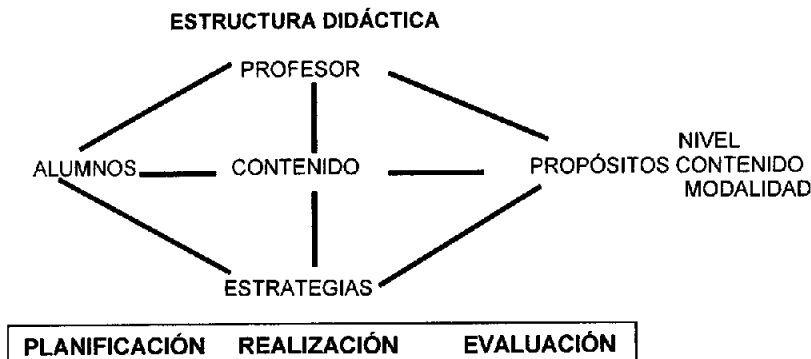
La estructura didáctica es una representación formal del proceso de enseñanza – aprendizaje en una situación escolar y puede utilizarse como elemento analítico

⁶³ Alvarez, *op. cit.*, pp.21, 134-140

⁶⁴ Cfr. Julieta Valentina García M., *et al*, **Propuesta didáctica centrada en contenidos: fundamentos y recursos**, citada por Alvarez, *op. cit.*, p. 62.

⁶⁵ La (TP y PDCC) es una propuesta que lleva casi treinta años en construcción y reconstrucción, se gestó por un grupo de investigadores de la ENEP Iztacala en el año 1978, con los trabajos de Eduardo Remedi, Alfredo Furián, Miguel Angel Campos, entre otros .La propuesta original se ha enriquecido con el trabajo de docentes y formadores de docentes y la versión actual es de Julieta Valentina García, Eduardo Remedi, *et al*. se intitula "Propuesta didáctica centrada en contenidos fundamentos y recursos". México, UNAM, CISE. Eréndira Alvarez considerada la TP y PDCC como parte del núcleo central de su propuesta de formación docente integral .

para dar cuenta de su articulación institucional. Está tensada por la propuesta curricular en la que está inscrita y ambas por el sistema de evaluación institucional. La estructura didáctica está constituida por tres ejes que se articulan, y en los que los elementos que los constituyen están organizados bajo una lógica de interacción generalizada, los ejes son: eje de aprendizaje, eje de enseñanza y eje de comunicación.



Eje de aprendizaje

El eje de aprendizaje se constituye por los elementos: alumno – contenido – propósito. En una instancia educativa el sujeto cognoscente asume el rol social de alumno; el objeto cognoscible toma el carácter de contenido. La relación sujeto – objeto está limitada por el propósito de aprendizaje que determina el nivel y la modalidad en la que el alumno se apropiará de ese contenido.⁶⁶

Eje de enseñanza

Este eje está constituido por los elementos: profesor – contenido – estrategias. Se intersecta con el eje antes descrito en el núcleo del proceso enseñanza – aprendizaje: el CONTENIDO. El especialista que maneja los contenidos curriculares asume el papel de profesor de ahí que se aboca a la tarea de planificar, desarrollar y evaluar acciones que permitan al alumno apropiarse de los contenidos en el nivel, la amplitud y profundidad establecidos por los propósitos institucionales. Tales acciones se conocen como estrategias.⁶⁷

⁶⁶ Cfr. Julieta Valentina García M., *et al*, **Propuesta didáctica centrada en contenidos: fundamentos y recursos**, pp. 23 y 24.

⁶⁷ La clave del desarrollo de las estrategias tiene como punto de partida la estructura conceptual de la disciplina de la cual se desprenden los contenidos de enseñanza.

Las estrategias contemplan cinco núcleos a saber: ⁶⁸

- La configuración de los contenidos,
- Las actividades de aprendizaje tipificadas como técnicas didácticas y las actividades diseñadas ex profeso,
- Los recursos. fundados en el lenguaje.- Desde la palabra hablada hasta los informáticos,
- Las interacciones.- Formas en que se organizan los alumnos para apropiarse de los contenidos, y
- La sistematización.-Sincroniza los elementos de la estructura a nivel de cursos, unidades y sesiones.

Eje de la comunicación

Articula la relación alumno – contenido – profesor.

Por otra parte, la estructura didáctica se sustenta en tres momentos lógicos: planificación, realización o desarrollo y evaluación didácticos.

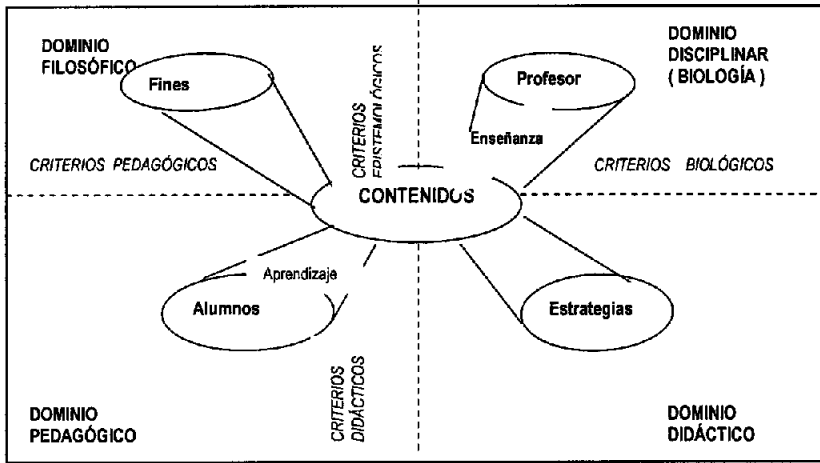
La formación docente cobra significado cuando es capaz de articular el punto crucial del contenido con las estrategias metodológicas. Eréndira Álvarez(2001) hace una adecuación a la estructura propuesta por García, J. *et al.*, a partir de las consideraciones siguientes:

- El eje de la comunicación es transversal porque representa a los sujetos del proceso didáctico.
- Los objetivos y las estrategias constituyen el otro eje transversal
- El esquema representa los elementos que intervienen en el proceso educativo institucional mismos que tensan el núcleo básico

Y diseña una propuesta de modelo pedagógico-epistemológico-didáctico

⁶⁸ Julieta Valentina García, *et al.*(1998), establecen que la metodología de la enseñanza conformada por estos elementos y sus interacciones son los que le proporcionan a la estructura didáctica la posibilidad de ser dinámica o de tener movimiento.

MODELO PEDAGÓGICO-EPISTEMOLÓGICO-DIDÁCTICO



Las especies de “conos” representan áreas diferenciadas en las que hay cortes para llegar a los contenidos. Para hacerlos es necesario usar criterios biológicos, epistemológicos, filosóficos, psicológicos, pedagógicos y didácticos. Las delimitaciones entre unos y otros se marcan con líneas entrecortadas porque se traslapan, complementan y son permeables.

Estructuras conceptuales

Las estructuras conceptuales son instrumentos analíticos – conceptuales para diseñar el ejercicio docente que permiten expresar en unidades epistemológicas una imagen del objeto de estudio, al elaborarlas los docentes reflexionan sobre su disciplina, la sintetizan, organizan y estructuran.⁶⁹ Además de hacer un sistema conceptual coherente, racional, busca con las estructuras conceptuales la construcción epistemológica de las disciplinas, lo que permite no sólo la agregación de campos disciplinarios, sino la reconstrucción del objeto de estudio. Mientras que los objetos de conocimiento son abstracciones que representan a la realidad, cuando se elaboran las estructuras conceptuales, el docente tiene que seleccionar de éstos los factores o elementos que juzga esenciales, eliminando los irrelevantes para su comprensión.⁷⁰

⁶⁹ Cfr. Alvarez Pérez, *op. cit.*, p.65.

⁷⁰ Eduardo Remedi (1978) “Construcción de la estructura metodológica” en: A. Furlán *et al.* Aportaciones a la didáctica de la educación superior, México, UNAM, ENEP- Iztacala, pp. 39 a 60.

La estructura conceptual a enseñar será válida en la medida que refleje el conocimiento científico de la realidad. Los pasos metodológicos que el maestro deberá seguir en su construcción son:

- A) Determinar el objeto o sector de éste a estudiar.
- B) Señalar los conceptos que lo delimitan y explican.
- C) Establecer la ley o leyes fundamentales e inherentes a dicho objeto.
- D) Marcar los principios, teorías, hechos, etc. en que se sostiene dicha estructura conceptual.⁷¹

Para construir una estructura conceptual deben limitarse los componentes principales que son:

- Concepto central.- Son términos que expresan abstracciones en el más alto nivel de generalidad e inclusividad referidos a una clase o grupo de objetos o eventos con características en común.
- Conceptos conectados.- Tienen el mismo nivel de generalidad que los básicos y dan al concepto básico mayor amplitud y generalidad. Su función es ampliar la concepción de la idea central.
- Principios.- Son nexos, relaciones esenciales y comunes, de validez universal, entre dos o más series de conceptos
- Filosofía, escuelas de pensamiento, corrientes, paradigmas y teorías que la sostienen.- Son el fundamento de los conocimientos científicos, ya que permiten agrupar los conocimientos en un sistema único.⁷²

Cuando los docentes elaboran estructuras conceptuales tienen claro que el propósito es resaltar la comprensión de la estructura fundamental de la disciplina. El resultado es una estructura de jerarquía radiada, organización y relaciones de conceptos que permiten la reconstrucción del objeto de estudio.

CONCEPCIONES PREVIAS SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DE ESTUDIANTES DE LICENCIATURA EN EDUCACIÓN PRIMARIA

Las investigaciones relacionadas con las ideas previas de los estudiantes acerca de contenidos científicos hablan de su importante papel en el proceso de enseñanza y aprendizaje dentro del aula. También abordan la necesidad de que los maestros instrumenten acciones didácticas tendientes a generar cambios conceptuales en los estudiantes, acciones consistentes a grandes rasgos en: detectar sus ideas previas sobre cada contenido que trabaje, comprender su lógica, contribuir a que tomen conciencia de éstas, generarles conflicto sociocognitivo así como posibilitarles su reconstrucción. A partir de lo antes

⁷¹ García Méndez y Lastiri López, *op. cit.*, p.205.

⁷² Alvarez Pérez, *op. cit.*, pp.65 y 66.

planteado, para que un maestro instrumente una estrategia que origine cambio conceptual es indispensable que domine no sólo los contenidos de las Ciencias Naturales sino que tenga conciencia de la forma en que los tiene esquematizados, o sea que elabore estructuras o sistemas conceptuales de la disciplina. En función de los saberes o esquemas de conocimiento que tiene es el esquema que pretenderá que sus alumnos aprendan.

En relación con el tema de evolución se ha encontrado con regularidad que los profesores de primaria tienen una conceptualización incompleta de éste así como que en su discurso impera el saber cotidiano, de tipo "lamarckiano" y determinista y que esta es la conceptualización que han enseñado a sus alumnos.⁷³

¿Qué esquemas conceptuales tienen los estudiantes normalistas acerca de la evolución biológica?

En este inciso se aborda a grandes rasgos las concepciones previas en general, qué son, cuál es su importancia, cómo se generan, sus características más importantes y por otra parte investigaciones acerca de ideas previas sobre evolución de la vida.

1. La investigación sobre concepciones previas

Las ideas previas han sido un suceso importante en el desarrollo de la enseñanza de la ciencia, porque han proporcionado conocimiento acerca de las concepciones con las que los estudiantes enfrentan el aprendizaje de los conocimientos científicos en la escuela; porque han puesto de manifiesto que dicho aprendizaje lleva implícito un problema de construcción y transformación conceptual y porque han colocado al sujeto que aprende en el eje del proceso enseñanza-aprendizaje. El reconocimiento del papel activo que los esquemas explicativos de los estudiantes tienen en el aprendizaje de los conceptos científicos ha influido, de manera significativa, en el replanteamiento y la comprensión de problemas de diversa índole -conceptual, didáctica, curricular, de evaluación, de formación docente, de género, etc.- que se presentan en el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias.

Investigaciones pioneras de Piaget (1975, 1981) y de Inhelder y Piaget (1972) en torno a la construcción de nociones como las de tiempo, fuerza, movimiento, peso, etcétera, constituyen un primer reconocimiento de las representaciones o concepciones de los sujetos ante fenómenos específicos. Sin embargo, investigaciones de Driver y Esley (1978); Viennot (1979) y McDermott (1984), contribuyeron a fijar la atención en la importancia que tiene conocer las ideas

⁷³ Paz-Ruiz, Martínez Hernández y Rosas Mora (2001a). "Algunos aspectos sobre la persistencia...", p. 33. Paz considera que existe un pensamiento determinista cuando se explican los cambios evolutivos como tendencias naturales de las especies rumbo al logro de la perfección.

alternativas que los estudiantes elaboran en relación con las nociones y procesos científicos, mismas que no corresponden a las expectativas de los profesores.⁷⁴

En la actualidad, diversos desarrollos curriculares presentan, entre sus fundamentos y consideraciones, la conveniencia de que los profesores tomen en cuenta las ideas previas de los estudiantes como punto referencial, tanto para la planeación de actividades como en el desarrollo de estrategias de aprendizaje y de evaluación (Akker, van der 1998; Fensham, 2000).

Las distintas denominaciones

Las representaciones que tienen los sujetos en torno a los conceptos científicos reciben una gran diversidad de términos⁷⁵ y en general obedecen a las posiciones que los investigadores tienen en torno a la construcción del conocimiento y a su valoración del conocimiento científico y del aprendizaje. Driver y Esley⁷⁶, proponen el término de "concepciones alternativas" porque entienden las ideas de los alumnos como teorías personales que tienen significado y utilidad para interpretar cierta fenomenología y, porque no implica una denominación en sentido negativo. Dentro de esta misma línea, en esta tesis preferimos denominar "ideas previas" a las concepciones de los estudiantes por ser un término que indica, por un lado, que se refiere a un concepto que no ha sido transformada por la acción escolar y porque es un término fácilmente identificable.

Características y orígenes

Las ideas previas son construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales, conceptos científicos para brindar explicaciones, descripciones y predicciones. La construcción de las ideas previas está asociada a explicaciones causales⁷⁷ y a la construcción de esquemas relacionales.

Las características principales de las ideas previas son las siguientes:⁷⁸

1. Los estudiantes llegan a las clases de ciencia con un conjunto diverso de conceptos alternativos relacionados con fenómenos y conceptos científicos.
2. Las concepciones previas de los estudiantes:

⁷⁴ Tomadas de <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx>.

⁷⁵ Cubero (1994); Jiménez, Solano y Marín (1994); Wandersee, Novak y Mintzes (1994) citados en ideasprevias.

⁷⁶ *Ibid*

⁷⁷ Juan Ignacio Pozo (1989). **Teorías Cognitivas del aprendizaje**, Madrid, Morata.

⁷⁸ Tomadas de ideasprevias y Angel López, coordinador (2003). **Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos; procesos de enseñanza y aprendizaje**, Tomo I, México, COMIE, -SEP- CESU, pp.460 a 461.

- son construcciones personales que elaboran al interiorizar las experiencias que viven y se encuentran presentes de manera semejante en diversas edades, géneros y culturas.
- son estructuras conceptuales mentales con cierta coherencia interna de carácter implícito, esto es, en la mayoría de los casos los estudiantes no llevan a cabo una "toma de conciencia" de sus ideas y explicaciones.
- corresponden con conceptos y no con eventos, se encuentran, por lo general, indiferenciadas, es decir, presentan confusiones cuando son aplicadas a situaciones específicas.
- son elaboradas, buena parte, a partir de un razonamiento causal directo, en el cual, el cambio en un efecto es directamente proporcional al cambio en su causa.
- pueden ser contradictorias, en un mismo alumno, cuando se aplican a contextos diferentes. Se presentan como aura o red conceptual.
- están estructuradas de forma jerárquica y la red que las sostiene está sometida a conceptos con valor más alto.
- guardan ciertas semejanzas con ideas que se han presentado en la historia de la ciencia.
- son elaboradas, por los sujetos, con base en sus experiencias en relación con fenómenos cotidianos, en la correspondencia de interpretación con sus pares y en la enseñanza que han recibido en la escuela.
- son compartidas, frecuentemente, por sus profesores.
- interfieren con lo que se enseña en la escuela teniendo como resultado que el aprendizaje sea deficiente, con importante pérdida de coherencia.
- son persistentes por lo que no se modifican por medio de la enseñanza tradicional de la ciencia.
- pueden ser modificadas por medio de estrategias orientadas al cambio conceptual como las propuestas por Carey (1985); Strike & Posner (1982); Nersessian (1989, 1992); Chi(Chi, 1992;Chi, Slotta y Leeuw, 1994); Tiberghien (1994).El cambio conceptual también puede entenderse como el enriquecimiento conceptual consistente en la coexistencia, consciente en el estudiante, de concepciones diferentes y hasta contradictorias sobre un mismo contenido declarativo, a las que se les denomina quimeras(Pozo, 2004).

Como podrá notarse, la caracterización mostrada de las ideas previas permite ubicarlas como elementos esenciales en la comprensión de los problemas que presenta el aprendizaje de los conceptos científicos. Las concepciones de los estudiantes dependen en parte de los procesos mediante los que se han construido, por lo que no sería descabellado pensar que su cambio requiere a su vez estrategias didácticas distintas. Todas pueden clasificarse en tres grandes grupos, que originan tres tipos de teorías implícitas levemente diferentes aunque en continua interacción. Juan Ignacio Pozo *et al.*, (1991) sugieren que se pueden

clasificar las ideas previas por su origen en tres grandes grupos: de origen sensorial, social y analógico.⁷⁹

Las concepciones de origen sensorial o espontáneas se forman a través de la percepción, como consecuencia de las experiencias y observaciones de la vida cotidiana. Se basan, sobre todo, en la utilización de un razonamiento causal simple, explicar cambios y no estados, no distinguir entre causas y efectos. Las ideas previas de origen social o concepciones inducidas se originan por la influencia del entorno social y cultural del estudiante (familia, círculos de amigos, escuela, libros, medios de información, entre otros). Constituyen ideas transmitidas oralmente o por escrito acerca de creencias y prácticas del entorno inmediato del joven. En tanto que las concepciones analógicas consisten en activar por analogía una concepción útil correspondiente a otro dominio del conocimiento. Dichas analogías son auto construidas por el estudiante o bien sugeridas durante la enseñanza.

2. Las concepciones alternativas sobre evolución biológica.

En relación con las ideas previas sobre evolución de la vida existen abundantes investigaciones realizadas con estudiantes de diferentes escolaridades, en lo que concierne a educación media superior y superior Settlage (1996) y Angseeing (1978)⁸⁰, encontraron que:

" Las explicaciones evolutivas de los estudiantes representan una compleja mezcla de ideas relacionadas con la evolución lamarckiana, teoría darwinista y razonamiento teleológico, que son altamente resistentes al cambio

A su vez Good(1992) y Reif y Larkina(1991) observan que las ideas de los estudiantes difieren de las de los biólogos. Por otra parte Greene(1990) encuentra que las principales suposiciones que tienen los estudiantes sobre evolución son:

1. Una población es una colección de individuos con un tipo común.
2. Las variaciones entre individuos no son importantes en el proceso de cambio.

En relación con el primer supuesto, los diferentes investigadores afirman que si un estudiante buscara explicar el cambio en una población, a la cual considera estable o constituida por individuos prácticamente iguales, lo haría sin pensar en variación al azar, creyendo que se generaría sólo por apremio de circunstancias que le determinan esa necesidad. Su enfoque poblacional es netamente tipológico y para explicar el cambio basándose en este enfoque recurren a ideas o " teorías

⁷⁹Juan I. Pozo , Sanz, A., Gómez, M. y Margarita Limón (1991). " Las ideas de los alumnos sobre la ciencia una interpretación desde la psicología cognitiva.", en *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), pp. 83 – 84.

⁸⁰ Citados por Hernández Rodríguez, *op.cit.*, p. 89.

“ que pueden ser: teleológicas, ortogenéticas o bien lamarckianas. Los estudiantes con pensamiento teleológico⁸¹ relacionado con la evolución conciben que el cambio en los organismos está dirigido por un agente externo (la naturaleza) hacia un propósito o fin predeterminado, la mejora de las especies. En la concepción ortogenética los estudiantes piensan que la evolución filética de las especies sigue un curso predeterminado, en una sola dirección, por un mecanismo interno tendiente a la perfección de los individuos, en el que no interviene la selección natural. El lamarckismo, a su vez, postula que los organismos evolucionan al unísono como respuesta a factores ambientales que les llevan a cambiar, y esos cambios se transmiten a la progeñe tendiendo a una mayor complejidad.

R. Zuzovsky (1994) define categorías específicas para analizar tanto explicaciones científicas en relación con la evolución como las ideas previas correspondientes que plantean los estudiantes. Esto se puede ver en la tabla A. Asimismo agrupa las concepciones alternativas dentro de tres temáticas, consultar la tabla B.

⁸¹ Se considera la concepción de teleología externalista contemplada por Ana Barahona y Sergio Martínez: "Teleología y Biología", en : S. Martínez y A. Barahona eds.(1998). **Historia y explicación en biología**, México, FCE, p. 420.

TABLA A EXPLICACIONES SOBRE EVOLUCIÓN (BASADO EN ZUZOVSKY, 1994)⁸²

CATEGORIA	EXPLICACIÓN CIENTÍFICA	IDEAS PREVIAS
Dirección de la evolución	<p>El cambio de las especies es un proceso no dirigido a metas y no tiene algún propósito particular.</p> <p>Ejemplo: En los lugares con menor insolación, la piel clara dejó de ser una desventaja</p>	<p>El cambio de las especies es un proceso dirigido a metas acordes con las necesidades de los individuos, su tendencia a sobrevivir, para ajustarse al medio o para cumplir con un plan divino o de la naturaleza</p> <p>Ejemplo: En un principio, el color de la piel era negro, pero se requirió que se volviera clara.</p>
Evolución como proceso	<p>La evolución es un proceso de cambio que resulta en organismos mejor adaptados a sus condiciones ambientales específicas. No es correcto hablar de linajes más o menos avanzados</p> <p>Ejemplo: Las manposas de color oscuro sustituyeron a las blancas cuando las primeras tuvieron ventaja de sobrevivir en las ciudades industriales</p>	<p>La evolución es un proceso esencialmente progresivo, al final del cual se encuentran los organismos más avanzados</p> <p>Ejemplo: Las especies no exitosas fueron eliminadas en el pasado y sólo subsistieron las exitosas</p>
Adaptación	<p>La adaptación es un momento del proceso de selección a nivel de especies que tiene lugar en muchas generaciones; consiste en la persistencia y dispersión de genotipos</p> <p>Ejemplo: Si una bacteria tiene un carácter resistente, por mutación o por haberlo heredado de sus ancestros, y hasta ahora lo muestra, sobrevivirá y lo heredará a su descendencia, que tendrá mayores probabilidades de reproducirse</p>	<p>La adaptación es un proceso de cambio, activo y conductual, a nivel de individuo que se lleva a cabo durante su vida con el propósito de incrementar su permanencia en el ambiente, producto del uso o desuso de ciertos órganos o de la inmunización a ciertos aspectos del medio</p> <p>Ejemplos: Las bacterias se vuelven resistentes Las bacterias desarrollan anticuerpos Las bacterias detectan al antibiótico</p>
Herencia y evolución	<p>Sólo los genotipos seleccionados son heredados a la siguiente generación (herencia dura).</p> <p>Ejemplo: La característica de piel gruesa no será transmitida a la descendencia si no proviene de una mutación genética en las células germinales</p>	<p>Las características que son adquiridas en el transcurso de la vida de un individuo son heredadas genéticamente (herencia blanda)</p> <p>Ejemplo: La piel gruesa será heredada porque se introduce en los genes de los padres. Los músculos desarrollados por el pesista se heredarán a sus hijos</p>
Modo de la evolución	<p>La evolución es un proceso gradual de acumulación de cambios en las frecuencias génicas en las poblaciones</p> <p>Ejemplo: Los caballos cuya dentadura, molares, tenían un dibujo más complejo comenzaron a predominar en las poblaciones ancestrales, hasta que se convirtieron en la mayoría.</p>	<p>La evolución se da por saltos</p> <p>Ejemplo: Consultar a Hugo de Vries</p>

⁸² Las tablas se elaboraron con base en las diseñadas por María del Carmen Sánchez.(2000).La

TABLA B IDEAS PREVIAS MÁS COMUNES SOBRE EVOLUCIÓN(BASADO EN ZUZOVSKY, 1994).

TEMA	IDEAS PREVIAS
Papel de la naturaleza y del ambiente en el proceso evolutivo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Las condiciones ambientales modifican directamente los caracteres, la conducta, función o la forma de los organismos 2. Las condiciones ambientales causan mutaciones en los organismos, que se expresan durante su vida y se transmiten a la descendencia
Naturaleza de la evolución	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los cambios evolutivos que ocurren durante la vida de los individuos, se dan en pequeña magnitud de una generación a otra, pero la magnitud del cambio va aumentando. 2. Los cambios evolutivos ocurren primero a nivel individual, y son pequeños y graduales hasta que de repente surge una nueva especie 3. Las nuevas especies surgen repentinamente como resultado de mutaciones
La variabilidad y la noción de especie	<ol style="list-style-type: none"> 1. La variabilidad únicamente surge de mutaciones. 2. Las especies son entidades distintas; la variabilidad entre los miembros de una especie es pequeña y despreciable

Los estudiantes usan con frecuencia algunas frases al referirse a fenómenos relacionados con la evolución las cuales nos permiten categorizar sus ideas o "teorías" en: teleológicas, ortogenéticas o bien lamarckianas. Ver tabla C .

TABLA C LENGUAJE USADO EN TRES CATEGORÍAS DE IDEAS PREVIAS RELACIONADAS CON LA EVOLUCIÓN (BASADO EN JENSEN y FINLEY, 1996)

Categoría	Significado	Frases usadas comúnmente por los estudiantes
Lamarckismo	Los organismos evolucionan al unisono como respuesta a factores ambientales que les llevan a cambiar, y esos cambios se transmiten a la progenie tendiendo a una mayor complejidad	Uso y desuso de los órganos...; pasaron esta característica a la nueva generación, o a sus hijos...; les pasaron los genes que se habían modificado...; cada vez más en cada generación
Teleología	El cambio en los organismos está dirigido por un agente externo (la naturaleza) hacia un propósito o fin predeterminado, la mejora de las especies	Para...; tuvo que evolucionar para...; necesita...; lo necesita para...; siempre lo necesitó...; tenía que...; para sobrevivir...; con el propósito de...; tenían que tener...; cambiaron para no morir...
Otras		Aprenden a adaptarse a la nueva situación...; aprendieron a...; el organismo aprendió a irse con los demás...; los hijos mejoran y se adaptan al ambiente...; diferentes especies se cruzan entre sí...; los genes pasan de recesivos a dominantes...; los genes originales eran más dominantes...

enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones ..., pp.18 a 20.

Por otra parte, Bishop y Anderson (1990); Brumby(1984); Demastes *et al.*(1995); Lawson(1986) y Settlage(1994 y 1996) coinciden en que estudiantes que han cubierto varios cursos de Biología tienen ideas previas sobre el proceso de evolución en relación con:

- a. El origen y la supervivencia de nuevos caracteres en las poblaciones.
- b. El papel de la variación en las poblaciones.
- c. La evolución vista como la proporción cambiante de individuos con características discretas.

En la Tabla D se hace un análisis de las ideas previas de los estudiantes con base en cada una de las temáticas precisadas por estos autores, de las cuales destacan las siguientes:

- Tienen dificultad para entender el núcleo duro de la teoría sintética de la evolución (la variabilidad genética y selección natural).
- Piensan que hay un solo proceso por el que las características cambian gradualmente en toda la población y al que indistintamente le llaman "selección" o "adaptación. "
- Creen que el ambiente determina la dirección de los cambios en los individuos quienes varían en forma inmediata para adaptarse ya sea cubriendo una necesidad o bien por el uso o desuso de algunos órganos.
- Carecen de un pensamiento poblacional. Ven a la población como un todo, no consideran que hay variabilidad entre los individuos que la integran.
- No consideran que el cambio en la proporción de rasgos ventajosos da como resultado, a largo plazo, la especiación.
- Tienen dificultad para entender que el cambio en los organismos puede deberse al efecto combinado de la variabilidad genética y selección natural (el azar y la necesidad).

TABLA D UNA CLASIFICACIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS SOBRE EVOLUCIÓN (CON BASE EN BISHOP y ANDERSON, 1985).

TEMA	CONCEPCIÓN CIENTIFICA	IDEAS PREVIAS
<p>Origen y persistencia de nuevas características en las poblaciones</p>	<p>Dos procesos separados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Eventos genéticos afectan la apariencia y calidad de la característica 2. Las condiciones ambientales afectan la persistencia y dispersión de las características existentes 	<p>Reconocen un sólo proceso. No distinguen entre la aparición de una característica y su persistencia en una población</p> <p>Consideran que las condiciones ambientales influyen directamente sobre las características de los individuos o los genes y causan su desarrollo en el tiempo, dando lugar a:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cumplimiento de una necesidad o propósito 2. Adaptación 3. Uso / desuso <p>Ejemplos: <i>" Dado que en cada generación los chitas se desarrollaban más..."</i> <i>" Para sobrevivir, su cuerpo comenzó a ajustarse al medio "</i></p>
<p>Papel de la variación en las poblaciones</p>	<p>Son esenciales las diferencias individuales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Diferencias en los caracteres 2. Diferencias en éxito reproductivo en relación con las condiciones ambientales 	<p>Son irrelevantes las diferencias individuales</p> <p>Consideran que la especie, como un todo, cambia en el tiempo</p> <p>Ejemplo: <i>" Los chitas debieron haber corrido más rápido para alcanzar a sus presas y gradualmente sus músculos cambiaron para adaptarse a esto..."</i></p>
<p>La evolución vista como la proporción cambiante de individuos con características discretas</p>	<p>La evolución consiste en un cambio que ocurre a lo largo de varias generaciones, en la proporción de los individuos de una población que exhiben una cierta característica genética o cambio en la frecuencia génica de una población.</p>	<p>La evolución es vista como un cambio, a lo largo de varias generaciones, en la cualidad de ciertas características que poseen los individuos</p> <p>Ejemplo: <i>" Como ya no necesitaban la vista, las salamandras de la cueva heredaron a sus hijos genes con menor habilidad para ver, hasta que se volvieron ciegas..."</i></p>

En lo que respecta a investigaciones realizadas en nuestro país María del Carmen Sánchez (2000) y Ma. Cristina Hernández (2002) aplicaron un instrumento⁸³, para detectar las ideas previas así como los problemas más comunes que tienen estudiantes para comprender la evolución. María del Carmen Sánchez lo trabajó con jóvenes de secundaria, bachillerato y licenciatura en dos diferentes momentos, uno previo a la intervención didáctica y el segundo después de ésta (postprueba), y Ma. Cristina Hernández con estudiantes de licenciatura de Biología de diferentes asignaturas y semestres. María del Carmen Sánchez encontró que el promedio que obtienen los estudiantes en el instrumento por escolaridad es el siguiente:

Educación	Sin intervención	Con intervención
Secundaria	2.71	Sin antecedentes de genética 6.60 Con antecedentes de genética 7.86
Preparatoria	2.88	
CCH - Oriente	3.63	Sin analogías 6.84 Con analogías 7.59
Fac.de Ciencias(biología) primer semestre	4.74	
último semestre	6.46 sin cursar evolución	Mediante artículos 6.45 Mediante cátedra 9.35

El conocimiento general de la teoría de la evolución de estudiantes de secundaria y de bachillerato es menor de cuatro en escala de diez, al parecer los cursos que llevaron de Biología no influyeron en la comprensión del tema o ejercieron una influencia negativa en el aprendizaje posterior. Sánchez(20000) documenta, previo a la intervención didáctica, los estudiantes tienen dificultad para manejar los conceptos de variación, de su origen, y de la evolución como proporciones cambiantes de individuos con caracteres discretos. El concepto de variación es el que mejor manejan. El concepto que hay que revisar con mayor cuidado es el de evolución como proporciones cambiantes de individuos con caracteres discretos. Tienen dificultad para comprender que tales cambios no se dan en la población como un todo, creen que con el tiempo y en un solo proceso, el ambiente hace que las características de las especies cambien⁸⁴.

Los estudiantes, en postprueba, dudan de sus concepciones originales o primarias, cambian en su concepción de lamarckiana a teleológica y muestran incapacidad o imposibilidad " epistemológica " de llegar al núcleo central de la

⁸³ Diseñado por María del Carmen Sánchez (2000) y que se ha utilizado en secundaria, bachillerato y licenciatura para elaborar un análisis integral de esta temática en estudiantes mexicanos.

⁸⁴ Los resultados son contradictorios ya que no es lógico que obtengan altos puntajes en su idea sobre variación y a la vez sostengan una idea tipológica de población.

concepción sintética de la evolución. Las ideas previas suelen constituir verdaderas teorías con fuerte contenido cultural y, como en el caso de la teoría de la evolución, al ser socialmente compartidas, resulta prácticamente imposible reestructurarlas por completo.

María del Carmen Sánchez (2000) concluye que:

".. los temas más relacionados con situaciones cotidianas tienden a ser descritos con una repetición de patrones ingenuos de pensamiento, el aprendizaje que ha habido acerca de la evolución ha tenido una influencia muy débil en la formación de una cultura evolutiva, o bien, que las concepciones alternativas están demasiado arraigadas en la mente del estudiante."⁸⁵

Por otra parte, Ma. Cristina Hernández (2002) encontró en el trabajo de campo que las concepciones evolutivas de los estudiantes de la carrera de Biología de la UNAM son las mismas que se citan en la literatura. Documenta que respecto al origen de la variación y adaptación diferencial no se observa una tendencia clara que nos indique que conforme avanzan los semestres se obtiene un mayor número de respuestas válidas, y que tampoco se observa dicha tendencia entre el inicio y el fin del semestre. En el pensamiento poblacional las respuestas válidas aumentan conforme avanzan los semestres y en la segunda aplicación, no obstante que su comprensión es compleja. En lo referente a ubicar el pensamiento evolutivo de los estudiantes dentro de las distintas concepciones elaboradas históricamente, las respuestas de los estudiantes dependen del problema, aparecen explicaciones lamarckianas, aunque la tendencia hacia las ideas sintéticas cambia en la segunda aplicación. Y, en cuanto a la comprensión del mecanismo de la selección natural, la mayoría de los estudiantes optan por concepciones sintéticas en el total de los problemas planteados y en ambas aplicaciones.

Una de las conclusiones de Ma. Cristina Hernández es que:

" Los estudiantes tienen problemas para comprender el núcleo duro de la teoría de la evolución, por lo que las teorías auxiliares son asimiladas a una estructura conceptual que parte de bases equivocadas, por lo cual no será posible lograr una adecuada comprensión del proceso evolutivo en los distintos niveles en los que se aborde..."⁸⁶

3. Las concepciones sobre evolución biológica de los estudiantes normalistas.

Antes de recibir educación institucional sobre evolución, los estudiantes han desarrollado ideas sobre la naturaleza de tal forma que al llegar a la licenciatura en educación primaria tienen saberes sobre evolución de los seres vivos. En

⁸⁵ *Ibid.*, p. 156.

⁸⁶ *Ibid.*, p. 141.

función de los saberes o esquemas de conocimiento que tienen es el esquema que pretenderán que aprendan sus alumnos. Como se estableció en el problema central de esta tesis existen investigaciones en nuestro país sobre los saberes previos acerca de evolución biológica en estudiantes de licenciatura universitaria⁸⁷, así como estudios que documentan la preparación de los profesores de educación primaria en servicio.⁸⁸ No obstante, no existen investigaciones que documenten la situación actual en que se encuentran los futuros licenciados en educación primaria.

1.3 REFERENTES INSTITUCIONALES

En la actualidad los futuros licenciados de educación primaria cursan el Plan de estudios 1997. Licenciatura en Educación Primaria (Ver Anexo 1).⁸⁹ Este plan de estudios tiene como propósito formar los profesores de educación primaria para desempeñar su función con la calidad necesaria consolidando sus habilidades y actitudes que son la base del trabajo intelectual, el conocimiento y manejo de fuentes de información y los recursos tecnológicos para aprovecharlas, con el fin de que sigan aprendiendo con autonomía, tanto de su propia experiencia como a través del diálogo e intercambio con sus colegas y del estudio sistemático, capacitado para interpretar la realidad escolar y social, y reconocer las diferencias individuales de los alumnos.

Su enfoque curricular pretende el desarrollo de un profesional que realice una práctica reflexiva. En lo que respecta al dominio de los contenidos disciplinares que debe tener todo normalista los documentos oficiales plantean lo siguiente:

Los rasgos deseables del nuevo maestro de acuerdo con el perfil de egreso son:⁹⁰

- a) **Conoce con profundidad** los propósitos, los contenidos y los enfoques que se establecen para la enseñanza, así como las interrelaciones y la racionalidad del plan de estudios de educación primaria.
- b) **Tiene dominio de los campos disciplinares** para manejar con seguridad y fluidez los temas incluidos en los programas de estudio.
- d) **Sabe establecer una correspondencia adecuada** entre la naturaleza y el grado de complejidad de los contenidos educativos con los procesos cognitivos y el nivel de desarrollo de sus alumnos.

El dominio de los contenidos de la educación primaria se realiza de manera integrada con la capacidad para enseñarlos y orientar su apropiación por parte de los niños.

⁸⁷ Ma. Cristina Hernández (1996 y 2002) y María del Carmen Sánchez(2000).

⁸⁸ Vicente Paz, *et al.* (2001a); Vicente Paz (2003) y Fernando Arturo Tortolero (1999).

⁸⁹ SEP(1997). Licenciatura en Educación Primaria. Plan de estudios 1997, México, CONALITEG

⁹⁰ *Ibid.*, p.32.

En relación con su formación para enseñar ciencias naturales en la escuela primaria los normalistas cursan las asignaturas Ciencias Naturales y su Enseñanza I y II en las cuales hacen análisis, reflexión y discusión sobre el enfoque actual para trabajar en la escuela primaria y se apropian de los elementos teóricos y metodológicos para instrumentarlo. Siendo una de las finalidades de estos cursos que:

"Se familiaricen con los contenidos curriculares de las CN en la escuela primaria, obtengan un dominio suficiente de las bases científicas en que se sustentan y adquieran una idea clara de las habilidades, actitudes y conocimientos que prioritariamente deben fomentar en el desempeño de su función docente.."91

En los programas se parte del supuesto de que:

" Los estudiantes cursaron varias asignaturas de ciencias a lo largo de su enseñanza básica y media, y **debe suponerse**, en principio, **que poseen los elementos indispensables para manejar los contenidos científicos de la primaria. Sin embargo, con frecuencia se encontrará que los alumnos, porque los han olvidado o porque hubo deficiencias en su formación previa, presentan lagunas de conocimiento o comprensión de temas importantes. En esos casos lo más práctico es que el maestro oriente a cada estudiante para que se remita a la bibliografía complementaria que existe en la biblioteca, de manera que sólo en los casos de debilidades comunes en cuestiones centrales el maestro deba profundizar en el tema de la disciplina que corresponda**"92 (El énfasis es mío)

FINALIDADES GENERALES DE LOS CURSOS:

Que los estudiantes normalistas:

- Reconozcan los propósitos y efectos de una adecuada formación en Ciencias Naturales (CN) sobre el desarrollo de los niños y el cumplimiento de los fines de la educación primaria en sus aspectos cognitivos, conductuales y éticos.
- Se familiaricen con los contenidos curriculares de las CN en la escuela primaria, obtengan un dominio suficiente de las bases científicas en que se sustentan y adquieran una idea clara de las habilidades, actitudes y conocimientos que prioritariamente deben fomentar en el desempeño de su función docente.**(El énfasis es mío)
- Reconozcan la viabilidad de la observación, manipulación, experimentación y la investigación, como estrategias didácticas para fortalecer la

⁹¹ SEP(2002). Ciencias Naturales y su enseñanza I y II. Programas y materiales de apoyo para el estudio, Licenciatura en Educación Primaria 4o. y 5º semestres, México, CONALITG, p.10.

⁹² *Ibid.*, p.17.

enseñanza y el aprendizaje de las CN, de acuerdo con el enfoque propuesto.

- Se habitúen a considerar a los niños como el centro del proceso educativo, asuman que la curiosidad infantil es el punto de partida del trabajo docente en CN y se familiaricen con las intuiciones, nociones y preguntas comunes de los niños cuando se aproximan al conocimiento de la Naturaleza.
- Adviertan que el entorno natural inmediato es el mejor medio para estimular la curiosidad infantil y adquieran el hábito y las habilidades para "motivar" la observación, la exploración y la reflexión de los niños sobre los fenómenos que los rodean.
- Manejen con flexibilidad y eficacia los libros de texto gratuitos y otros medios educativos y adquieran la capacidad de diseñar actividades y secuencias de enseñanza, aprendizaje y evaluación adecuadas para niños de distintas edades y diferentes características sociales y culturales.

Descripción general de los cursos

Los cursos están organizados en nueve bloques temáticos:

- Las Ciencias Naturales en la escuela primaria.
- El desarrollo cognitivo y valoral de los niños a lo largo de la educación primaria y su relación con el aprendizaje de las Ciencias Naturales.
- Medios para la enseñanza y criterios para su empleo.
- Planificación de la enseñanza y evaluación de los aprendizajes en las Ciencias Naturales.
- Estrategias de enseñanza 1: la observación y la manipulación.
- Estrategias de enseñanza 1: la experimentación
- Estrategias de enseñanza 1: la investigación
- Contenidos de Ciencias Naturales de especial significado valoral y personal
- La ciencia como obra humana y sus valores

Descripción general de cada bloque:

Las Ciencias Naturales en la escuela primaria. En el primer bloque los estudiantes analizan el enfoque actual para enseñar las Ciencias Naturales en la escuela primaria y elaboran un mapa curricular para identificar la lógica de los contenidos declarativo-conceptuales.

El desarrollo cognitivo y valoral de los niños a lo largo de la educación primaria y su relación con el aprendizaje de las Ciencias Naturales. Durante el segundo bloque estudian las formas típicas de evolución del pensamiento infantil en relación con la naturaleza, encuentran que esas explicaciones tienen una lógica y las consideran como el punto de partida de todo trabajo pedagógico. Asimismo aprenden a considerar la curiosidad de los niños como el detonador de sus

aprendizajes. Por último perciben que las Ciencias Naturales posibilitan el desarrollo intelectual, afectivo, ético y estético de los niños.

Medios para la enseñanza y criterios para su empleo. En el tercer bloque valoran al entorno como el primer recurso didáctico y a la diversidad de medios y materiales que existen para favorecer los aprendizajes en los niños.

Planificación de la enseñanza y evaluación de los aprendizajes en las Ciencias Naturales. En el cuarto bloque conocen los elementos básicos de la planificación de la enseñanza, conciben a la evaluación como una acción pedagógica valiosa y los aplican en secuencias didácticas que instrumentan en el aula de la escuela primaria.

Estrategias de enseñanza 1: la observación y la manipulación. Durante el quinto bloque valoran el significado de la observación como la más eficaz de las estrategias para el aprendizaje de los niños en el campo de las Ciencias Naturales, y adquieren la habilidad para estimular esta capacidad hacia niveles altos de precisión, imaginación y fertilidad como medio de conocimiento.

Estrategias de enseñanza 1: la experimentación. En el sexto bloque identifican la experimentación como uno de los caminos de la ciencia para fundamentar las explicaciones de los fenómenos que se estudian y diferencian las finalidades entre la experimentación que se realiza en el ámbito científico profesional y la que se aplica en la práctica escolar en la escuela primaria así como reconocen que para su instrumentación no requiere de materiales sofisticados, sino de aquellos que sean seguros, reutilizables y de bajo costo.

Estrategias de enseñanza 1: la investigación. En el séptimo bloque identifican a la investigación como un recurso para ampliar y actualizar la comprensión de lo que sucede a su alrededor o sea como un mecanismo de formulación, tratamiento y resolución de problemas, esto lo aplican proyectos de investigación escolar.

Contenidos de Ciencias Naturales de especial significado valoral y personal. En el octavo bloque se abordan las dos prioridades al trabajar Ciencias Naturales: la educación para la salud, que incluye la educación de la sexualidad, y el cuidado, la preservación y el mejoramiento del ambiente. Con un énfasis preventivo o una cultura de prevención.

La ciencia como obra humana y sus valores. En este último bloque reconocen a la ciencia como una creación humana e identifican y analizan los mitos del trabajo científico, por otra parte reconocen los valores que los científicos desarrollan durante su profesión y valoran las aplicaciones de la ciencia y las innovaciones tecnológicas

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para desarrollar la investigación conforme a los objetivos establecidos en esta tesis se abordó el problema desde cuatro ámbitos. Se realizó una búsqueda bibliográfica y una síntesis sobre el desarrollo histórico de ideas sobre evolución de la vida, sobre las ideas previas, sobre enseñanza y aprendizaje de la evolución y por último acerca de la formación docente y diseño curricular para integrar las bases teóricas que respalden la investigación y conocer los antecedentes que hay sobre el tema. A grandes rasgos las acciones que se realizaron son las siguientes:

1. Se inició con la búsqueda de bibliografía existente sobre ideas previas en general, e ideas de los jóvenes, en particular, acerca de evolución biológica.

2. Se estudiaron documentos seleccionados en los que se aborda el desarrollo histórico de las ideas evolucionistas sobre los seres vivos.

3. Se analizaron materiales seleccionados (ponencias, artículos y tesis) en los que se da a conocer el estado actual de la enseñanza y el aprendizaje de la evolución en la educación primaria, secundaria, media superior y superior. Materiales que permitieron tener antecedentes y referentes del tema que aportaron elementos para argumentar en favor de enseñar evolución desde la primaria.

4. Se ajustó el instrumento que diseñó María del Carmen Sánchez (2000)⁹³ para detectar las ideas previas de los estudiantes así como los problemas más comunes que tienen para comprender la evolución, a la vez que se elaboró un cuestionario para conocer aspectos socioculturales de los estudiantes encuestados.

6. Se aplicaron ambos instrumentos a 50 estudiantes, de una población total de 220 alumnos, que cursaban el último semestre, de ocho, de la licenciatura en Educación Primaria. Los resultados se analizaron y confrontaron con los citados en la literatura y documentan las ideas previas de los normalistas.

7. Se realizó una búsqueda y selección bibliográfica sobre formación docente y diseño curricular para elaborar una propuesta de líneas de acción que podrán mejorar la formación disciplinar y pedagógica de los normalistas.

⁹³ Instrumento que se ha utilizado en secundaria, bachillerato y licenciatura para elaborar un análisis integral de esta temática en estudiantes mexicanos.

1. INSTRUMENTO DE ANÁLISIS

A partir de identificar algunas de las características de las ideas previas de los estudiantes relacionadas con la evolución, se elaboró un instrumento recopilando la experiencia de diversos investigadores (Véase el Anexo 2). El instrumento aborda los temas más difíciles de manejar e indispensables para comprender la evolución. Su estructura permite explorar la presencia de los principales conceptos problemáticos cruciales para el entendimiento del evolucionismo por constituir el núcleo central de este programa de investigación científica.⁹⁴ Lo integran tres secciones A, B y C.

Sección A

En la primera parte, sección A, se detectan las ideas previas de los estudiantes respecto a categorías conceptuales centrales. De Bishop y Anderson(1990)⁹⁵, se consideraron los principales temas problemáticos para los estudiantes mismos que se clasificaron en tres grupos:

- I. El origen de la variación;
- II. El papel de la variación en el proceso evolutivo, en el sentido de que confiere una adaptación diferencial a los organismos y
- III. La evolución vista como cambio en la proporción de individuos con nuevos caracteres, es decir, la evolución vista como cambios poblacionales.

En relación con las categorías anteriores se buscó información sobre la existencia de las ideas previas siguientes:⁹⁶

I. Origen de la variación:

- a. Los cambios en los organismos ocurren como una necesidad interna.
- b. Los cambios ocurren porque el ambiente lo pide.
- c. Los cambios ocurren por el uso o desuso de ciertos órganos y funciones.
- d. No se considera que el cambio adaptativo es debido al azar.
- e. No se considera la variación.
- f. No se relacionan las mutaciones con cambios en el ADN.
- g. Los cambios son promovidos por un creador o por la naturaleza.
- h. No se considera el tiempo en el que ocurre el cambio.
- i. Los cambios son para mejorar.

II. El papel de la variación en el proceso evolutivo:

⁹⁴ Como se vio en el capítulo 2 el núcleo duro de la teoría sintética de la evolución, de acuerdo con Ruiz y Ayala, *op. cit.*, p.85 está constituido por la variación y la selección natural. Por lo mismo en esta investigación se exploran las concepciones de los estudiantes teniendo como referente dicho núcleo central al que se le considera como la "concepción sintética de la evolución".

⁹⁵ Citados por Sánchez Mora, *op. cit.*, p.79.

⁹⁶ Se considera la propuesta por Ma. Cristina Hernández (2002). *La historia en la enseñanza...* pp.97 y 98.

- a. La variación es de inmediato adaptativa porque se da como respuesta al ambiente, es decir, se considera que la adaptación es perfecta.
 - b. No se detecta el éxito reproductivo ni que algunos individuos logran sobrevivir y otros no, es decir, no se considera que existe un adaptación diferencial.
- III. La evolución vista como cambio en la proporción de individuos con nuevos caracteres, es decir, la evolución vista como cambios poblacionales.
- a. El cambio gradual se da en toda la población en varias generaciones.
 - b. La evolución moldea a todas las especies.

Son 6 reactivos con tres opciones cada uno. Las opciones uno y tres contienen soluciones a la pregunta, en tanto que la opción dos evita que elija una solución en forma subjetiva al darle la oportunidad al estudiante de que reconozca que no sabe o que no se acuerda.

Sección B

La sección B permite ubicar el pensamiento evolutivo de los estudiantes dentro de las distintas concepciones elaboradas históricamente (lamarckiana, teleológica, ortogenética y sintética). En su elaboración se tomó en cuenta la propuesta de De Greene(1990)⁹⁷ para distinguir los diferentes enfoques. Son dos problemas tipo "opción múltiple" abarcando los cuatro enfoques.

Parte C

La sección C contiene situaciones problemáticas que permiten detectar el dominio que tienen los estudiantes del núcleo central de la teoría sintética de la evolución, por medio de preguntas dobles(doble-elección"respuesta-razón") propuestas por Haslam (1987)⁹⁸ Son 10 preguntas de dos respuestas posibles, acompañadas por tres explicaciones posibles. Se elige una respuesta y una explicación.

2. POBLACIÓN

El cuestionario se aplicó a 50 estudiantes, de una población total de 220 alumnos, de octavo semestre que conformaban la generación 2000 - 2004 de la licenciatura en Educación Primaria de la Benemérita Escuela Nacional de Maestros. Se escogió este semestre por constituir el último y porque se piensa que los jóvenes tuvieron la oportunidad de actualizarse académicamente. Algunas de las

⁹⁷ Citados por Sánchez Mora, *op. cit.*, p.80.

⁹⁸ *Ibid.*, p.81.

características de los estudiantes a los que se les aplicó el cuestionario y de sus familias son:

- 84% de estudiantes son mujeres y 16% son hombres.
- En relación con la escolaridad de los padres se encontró que 30% de madres y padres de los estudiantes han cursado sólo estudios de primaria; 22 y 26% de secundaria, 18 y 22% de bachillerato y superior 30 y 22% respectivamente. Aproximadamente 54% de los padres de familia cursaron educación básica y la diferencia(aproximadamente 46%) básica superior y/o superior.
- La ocupación de las madres de familia es: 40% sólo al hogar; 16% al magisterio, 14% oficios, 10 % al comercio, 10% son empleadas federales y otro 10% a otras profesiones. En tanto que los padres se ocupan: 26% a otras profesiones, 24 % son comerciantes, 22% son empleados federales, 14% a oficios y sólo el 8% al magisterio.
- Respecto al bachillerato de procedencia el mayor porcentaje(40%) de los estudiantes lo cursó en preparatorias del Distrito Federal o de las entidades circunvecinas, 34% en bachillerato pedagógico o en bachilleres, 6% en el Colegio de Ciencias y Humanidades, otro 6% en CONALEP y 4% en otras instituciones.
- 50 % de estudiantes escogió estudiar para licenciado en educación primaria como primera opción, para 40% constituyó la segunda y el 10% la tercera.
- La razón por la que estudian para ser maestros para el más alto porcentaje (52%) es porque tienen vocación para la docencia; 18% lo hacen por constituir una tradición familiar, 12% para superarse profesionalmente, 12% más, porque pueden trabajar en un horario que les permite no descuidar la familia y sólo 6% para elevar la calidad de la educación.

2. 2 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Con el propósito de tener una visión completa de la información que aporta cada una de las tres partes del instrumento que se aplicó para detectar las concepciones de los estudiantes, se presenta por apartado y en forma continua su estructura, los criterios de análisis y evaluación del instrumento⁹⁹, aunado a los resultados obtenidos, al análisis y la discusión que se hace de los mismos.

⁹⁹ En general se consideraron los criterios y procedimientos seguidos por María del Carmen Sánchez (2000) y Ma. Cristina Hernández (2002) en sus investigaciones.

1. LAS CONCEPCIONES SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DE LOS ESTUDIANTES NORMALISTAS

Sección A

La solución que dieron los estudiantes a los problemas planteados en esta sección nos permite detectar el tipo de concepción que tienen sobre el origen y papel de la variación en el proceso evolutivo, en la adaptación diferencial de los organismos y la evolución vista como cambios poblacionales

Parte A. Instrucciones:

De los tres números que se encuentran entre la frase de la izquierda y la de la derecha, elige el que creas que sea la mejor opción para completar la idea, de acuerdo con los siguientes criterios:

Escoge el 1 si sólo la frase de la izquierda es correcta.

Escoge el 2 si no sabes o no te acuerdas.

Escoge el 3 si sólo la frase de la derecha es correcta.

1. Los conejos primitivos de Siberia tenían pelo oscuro, actualmente esos conejos son blancos. Aunque la característica hereditaria de pelo blanco...

apareció en los conejos primitivos porque al vivir en la nieve necesitaban pelo blanco para confundirse con el ambiente nevado	apareció en los conejos primitivos como cambio casual
--	---

2. Las poblaciones ancestrales de osos polares tenían pelo oscuro. Pero...

en las poblaciones ancestrales de osos polares surgieron osos de pelo blanco por cambios o mutaciones. Estos osos blancos sobrevivieron en lugar de los de pelo oscuro.	como resultado de vivir en la nieve, el pelo de los osos polares cambió lentamente de oscuro a blanco
---	---

3. Si una población de conejos siberianos de pelo blanco fuera llevada a vivir en un lugar sin nieve...

los conejos desarrollarían poco a poco pelo oscuro para confundirse con el nuevo ambiente	algunos conejos morirían porque serían fácilmente encontrados por sus depredadores.
---	---

4. Ciertas poblaciones de salamandras que viven en cuevas son ciegas porque...

se adaptaron al ambiente oscuro de las cuevas	las salamandras con visión murieron sin dejar descendencia
---	--

5. ¿Cómo podría explicarse que cierta especie de salamandra que vive en cuevas sea ciega ?

Porque ciertas salamandras de la población,	Como no utilizaban la vista las salamandras
---	---

que tenía la característica de falta de visión, se reprodujeron exitosamente, hasta que aumentó su proporción en la población .	que vivían en las cuevas, heredaron a sus hijos la característica de una " menor habilidad" para ver, hasta que evolucionaron a salamandras ciegas.
---	---

6. Los osos polares actuales tienen pelo blanco porque...

en cada nueva generación, la mayoría de los osos heredaba el color de pelo de sus padres.	en cada nueva generación los osos van teniendo el pelo cada vez más claro que sus padres
---	--

Los criterios para establecer las respuestas científicas (válidas) y alternativas (no válidas) están en el cuadro siguiente:¹⁰⁰

Categoría	Preguntas	Respuesta científica	Respuesta alternativa
Origen de la variación. Azar vs. Necesidad, uso y desuso, etc.	1 y 2	La variación se origina como resultado de la aparición de una característica ya sea por mutación o recombinación genética.	Las variaciones surgen por necesidad o como resultado de " seguir al ambiente" en un sentido lamarckiano
Papel de la variación en el proceso evolutivo. Adaptación diferencial vs. Adaptación inmediata	3 y 4	Las poblaciones evolucionan porque algunos de sus miembros poseen características genéticas que les confieren ventajas adaptativas.	Los miembros de una población como un todo desarrollan características que les permiten adaptarse al ambiente de inmediato
La evolución vista como cambios poblacionales. Pensamiento poblacional vs. Pensamiento tipológico	5 y 6	Las nuevas características aparecen como cambios discretos en los individuos y se mantienen en la población aumentando la proporción de los individuos que las portan porque les confieren ventajas adaptativas	La evolución de las especies es resultado del cambio gradual en todos los miembros de una población, otra característica es que surge de forma adaptativa

El análisis de los resultados se realizó bajo el procedimiento siguiente:

- Se asignó puntaje a cada opción posible. A la concepción científica se le asignaron 5 puntos, 2.5 para la opción 2 y, 0 puntos a la respuesta alternativa y a las no contestadas.

¹⁰⁰ Tomado de Ma. Cristina Hernández (2002), p.101.

- Se agruparon los resultados con base en las categorías señaladas.
- Se determinó, al considerar cada pareja de preguntas, como concepción válida la que sumara 7.5 ó 10; como respuesta no definida la que su suma diera 5; y como respuesta no válida aquella que sumara 0 ó 2.5 puntos.¹⁰¹

Así se encontró el número de respuestas acertadas que quiere decir que tienen una concepción científica respecto al punto considerado, las no acertadas representan ideas previas, y las que no tuvieron respuesta o que indican que no recuerdan, implican que no asumen un pensamiento evolutivo.

Resultados obtenidos

Categoría	Preguntas	Concepción científica %	No definido %	Concepción alternativa %
Origen de la variación	1 y 2	28	40	32
Papel de la variación en el proceso evolutivo	3 y 4	34	36	30
La evolución vista como cambios poblacionales	5 y 6	30	46	24

Análisis y discusión de los resultados

I. Origen de la variación.

Sobresale que en la pregunta 1, 54% de estudiantes resuelve que la característica hereditaria del pelo blanco de los conejos apareció en los conejos primitivos porque al vivir en la nieve necesitaban pelo blanco para confundirse con el ambiente nevado, considerando que las variaciones surgen por necesidad o como resultado de "seguir al ambiente" en un sentido lamarckiano; en tanto que en la pregunta 2, 52% decide que en las poblaciones ancestrales de osos polares surgieron osos de pelo blanco por cambios o mutaciones, piensan que la variación se origina como resultado de la aparición azarosa de una característica ya sea por mutación o recombinación genética.

¹⁰¹ Los puntajes asignados son los mismos que aplicaron María del Carmen Sánchez (2000) y Ma. Cristina Hernández (2002) en sus investigaciones.

Se encuentra que mientras en una situación aceptan el origen de variaciones como producto de la necesidad, uso y desuso, en la otra la consideran que es por azar ¿Cómo explicar tal contradicción?

La pregunta 2, plantea que:

"Las poblaciones ancestrales de osos polares tenían pelo oscuro. Pero...

1. en las poblaciones ancestrales de osos polares surgieron osos de pelo blanco por cambios o mutaciones. Estos osos blancos sobrevivieron en lugar de los de pelo oscuro."
2. como resultado de vivir en la nieve, el pelo de los osos polares cambió lentamente de oscuro a blanco"

Pienso que en la solución al problema 2 está presente la concepción de que la variación en las poblaciones surge por necesidad o como resultado de "seguir al ambiente" entrelazada con una concepción inmediatista que no considera cambios paulatinos, y lentos que implican largo plazo. Concepción que lleva a los estudiantes a que durante la lectura de las respuestas, las deformen¹⁰² o bien a que tomen sólo los elementos acordes a su lógica e ignoren o desechen los restantes. Por ejemplo, de las respuestas que tenían preferen la primera "en las poblaciones ancestrales de osos polares surgieron osos de pelo blanco por cambios o mutaciones. Estos osos blancos sobrevivieron en lugar de los de pelo oscuro", porque contiene las palabras, *surgieron osos de pelo blanco por cambios o mutaciones*, que denotan inmediatez, dándole a la palabra *mutación* la connotación cotidiana(cambio instantáneo en los organismos que surge porque lo necesitan para sobrevivir) y no la explicación científica que nos habla de un origen azaroso. No escogen la segunda "como resultado de vivir en la nieve, el pelo de los osos polares cambió lentamente de oscuro a blanco" (aunque sea la que representa que las variaciones surgen por necesidad o como resultado de "seguir al ambiente") porque contiene las palabras *cambió lentamente* que indican proceso lento, no inmediatez.

Al procesar en forma conjunta lo obtenido en las preguntas 1 y 2, se encuentra que el más alto porcentaje de estudiantes (40%) desconoce o no asume el origen de las variaciones; 32% considera que las variaciones surgen por necesidad o como resultado de "seguir al ambiente" en un sentido lamarckiano y sólo 28% tiene una concepción científica. Es muy alto el porcentaje (72%) que desconoce o que no considera que el origen y la persistencia de nuevas características en las poblaciones sean producto de dos procesos separados. Por una parte de eventos genéticos al azar que afectan la apariencia y calidad de las características de los individuos de una población y por otra de las condiciones ambientales que afectan la persistencia y dispersión de las características existentes. Siete de cada diez estudiantes maneja la concepción que el uso y no

¹⁰² Rolando García(1982:52-54) plantea que en la interacción de las estructuras cognitivas del sujeto con los objetos de conocimiento, la lectura no es un simple acto de copia sino el producto de asimilaciones a esquemas del sujeto, interpretaciones que pueden ser deformantes del objeto observado.

uso de los órganos y la acción directa del medio son los factores que provocan la modificación de los organismos o sea son la fuente primaria de la variación

II. Papel de la variación en el proceso evolutivo o adaptación diferencial.

Acerca del papel de la variación en el proceso evolutivo, la pregunta 3 plantea que:

"Si una población de conejos siberianos de pelo blanco fuera llevada a vivir en un lugar sin nieve:

1. los conejos desarrollarían poco a poco pelo oscuro para confundirse con el nuevo ambiente."
2. algunos conejos morirían porque serían fácilmente encontrados por sus depredadores."

Destaca que 64% de estudiantes resuelve que algunos conejos morirían porque serían fácilmente encontrados por sus depredadores, considerando, *aparentemente*, que las poblaciones evolucionan porque algunos de sus miembros poseen características genéticas que les confieren ventajas adaptativas (adaptación diferencial); en tanto que en la pregunta 4 que trata sobre poblaciones de salamandras que viven en cuevas son ciegas, 84% decide que la causa es porque se adaptaron al ambiente oscuro de las cuevas. Piensan que los miembros de una población como un todo desarrollan características que les permiten adaptarse al ambiente de inmediato (adaptación inmediata). Se encuentran nuevamente, pero ahora en lo referente al papel de la variación en el proceso evolutivo, respuestas encontradas ya que mientras que una situación la explican aparentemente por adaptación diferencial, la otra lo hacen argumentando una adaptación inmediata al medio ¿Cómo explicar esta segunda contradicción?

Considero que en la solución al problema 3 subyace nuevamente un pensamiento que implica inmediatez adaptativa. Concepción deformante de los hechos, en particular de las respuestas que se les presentan o bien a que tomen sólo los elementos acordes a su lógica e ignoren o desechen los restantes. Por ejemplo, de las respuestas que tenían no escogen la primera "los conejos desarrollarían poco a poco pelo oscuro para confundirse con el nuevo ambiente" (aunque es la propia de un pensamiento inmediato) porque contiene las palabras *desarrollarían poco a poco* e indican proceso lento, no inmediatez, y prefieren la segunda "algunos conejos morirían porque serían fácilmente encontrados por sus depredadores", porque presenta las palabras *morirían porque serían fácilmente encontrados*, que denotan inmediatez o también porque hacen referencia a la supervivencia de los más aptos (términos manejados cotidianamente) e ignoran las palabras *algunos conejos* que nos habla de adaptación diferencial.

Al procesar en forma conjunta lo obtenido en las preguntas 3 y 4, se encuentra que 36 % desconoce o no recuerda el papel de la variación; 34 % *emite una concepción científica* y 30 % considera a los miembros de una población como un

todo que desarrolla características que les permiten adaptarse al ambiente de inmediato. En síntesis, 66% de los estudiantes desconoce o no considera que la evolución de las especies se debe a la presencia de variaciones en los caracteres de algunos individuos de la población y que estos les confieren ventajas adaptativas, por ende son esenciales en el éxito reproductivo de los mismos en relación con las condiciones ambientales. Siete de cada diez estudiantes entiende a la adaptación como el resultado de la acción medio-organismo, en la que las modificaciones que se adquieren se perpetúan en las generaciones siguientes. Las modificaciones así provocadas son hereditarias, conducen a la evolución y son adaptativas

III. La evolución vista como cambios poblacionales. Pensamiento poblacional

En lo que respecta al tipo de pensamiento tipológico o poblacional de los estudiantes se observa en la pregunta 5, que 78% de estudiantes resuelve que cierta especie de salamandra que vive en cuevas es ciega como resultado de que no utilizaban la vista, y que heredaron la característica de una "menor habilidad" para ver, hasta que evolucionaron a salamandras ciegas, considerando que la evolución de las especies es resultado del cambio gradual en todos los miembros de una población, que surge de forma adaptativa. Mientras que en la pregunta 6, 72% decide que los osos polares actuales tienen pelo blanco porque en cada nueva generación, la mayoría de los osos heredaba el color de pelo de sus padres. Piensan, *aparentemente*, que las nuevas características aparecen como cambios discretos en los individuos y se mantienen en la población aumentando la proporción de los individuos que las portan porque les confieren ventajas adaptativas.

De forma reiterada se encuentran soluciones encontradas, ahora manifiestan ante una situación un pensamiento tipológico, y en la otra pensamiento poblacional. ¿Cómo explicar esta tercera contradicción?

La pregunta 6 plantea que :

"Los osos polares actuales tienen pelo blanco porque en cada nueva generación...

1. la mayoría de los osos heredaba el color de pelo de sus padres."
2. los osos van teniendo el pelo cada vez más claro que sus padres"

Se confirma, ahora en la solución al problema 6, que los estudiantes deforman las respuestas o bien que toman sólo los elementos acordes a su lógica e ignoran o desechan los restantes ya que de las respuestas que tenían prefieren la primera "la mayoría de los osos heredaba el color de pelo de sus padres", (que implica pensamiento poblacionales) porque presenta las palabras *heredaba el color de sus padres*, que denotan inmediatez (posiblemente leen el término herencia con una connotación lamarckiana que implica transferencia de caracteres adquiridos) e ignoran las palabras *la mayoría* que nos hablan de pensamiento poblacional, y no escogen la segunda "los osos van teniendo el pelo cada vez

más claro que sus padres " (aunque es la propia de un pensamiento tipológico) porque contiene las palabras *van teniendo el pelo cada vez más claro* que indican proceso lento, no inmediatez.

Cuando se analizan en forma conjunta los resultados de las preguntas 5 y 6 , el porcentaje más alto (46%) desconoce o no asume que hay cambios poblacionales; 30 % reconoce que hay cambios poblacionales y los concibe como cambios en la proporción de los individuos y 24% considera que la evolución de las especies es resultado del cambio gradual en todos los miembros de una población. Un alto porcentaje (70%) de los estudiantes desconoce o no asume que las nuevas características que muestran los individuos aparecen como cambios discretos y que se mantienen en la población aumentando la proporción de los individuos que las portan porque les confieren ventajas adaptativas. Los resultados encontrados muestran que a los estudiantes les es difícil explicar la evolución como cambios poblacionales, de ahí que predomine en ellos una concepción tipológica.

Las tres contradicciones planteadas. pueden deberse a que los jóvenes tienen confusión respecto a los aspectos analizados, ya que en un contexto dan respuestas no válidas en tanto que en otro científicas. Al respecto Valladares(2002) afirma:

"En función del contexto, el estudiante podría activar componentes de un marco u otro, para dar respuesta a su necesidad de interpretar y explicar fenómenos naturales, resaltando el carácter contextual que caracteriza a las ideas previas y que ocurría cuando, ante fenómenos de características semejantes...los estudiantes generan ideas previas que son contradictorias, sin percibir la contradicción(Driver, *et al.*, 1989; Gallegos, 1998)."¹⁰³

También puede deberse a la redacción inadecuada de los problemas en los que hay ambivalencia en las respuestas. O bien a que hicieron una interpretación deformante de las mismas. Valladares(2002) plantea, en relación con lo anterior que:

" Aunque los alumnos adoptan el lenguaje científico actual para construir sus explicaciones ... muchas veces este sólo está enmascarando ideas que esencialmente, expresan nociones que en la reconstrucción histórica resultan rechazadas por la comunidad científica actual, o cuya coexistencia se muestra como lógicamente contradictoria o incompatible"¹⁰⁴

Consideraciones parciales:

¹⁰³ Valladares Riveroll (2002).Evolución histórica de las ideas..., p.141.

¹⁰⁴ *Ibid*, p.143.

1. A manera de síntesis, en lo que respecta a esta primera sección, un alto porcentaje (de 66 a 72%) de los estudiantes desconoce o no asume que:
 - La variación se origina como resultado de la aparición de una característica ya sea por mutación o recombinación genética.
 - Las poblaciones evolucionan porque algunos de sus miembros poseen características genéticas que les confieren ventajas adaptativas.
 - Las nuevas características aparecen como cambios discretos en los individuos y se mantienen en la población aumentando la proporción de los individuos que las portan porque les confieren ventajas adaptativas.
2. Los estudiantes muestran un pensamiento evolucionista alternativo, esto se afirma porque en tres de los seis problemas eligieron la respuesta alternativa.
3. Se confirma la conclusión anterior cuando, en los problemas 2, 3 y 7 seleccionan las respuestas científicas al considerarlas como las correctas ya que hicieron una interpretación deformante de las mismas. Al rastrear la lógica de sus respuestas y realizar una lectura probable, de cada pregunta y de las respectivas respuestas, desde la óptica alternativa puede encontrarse en las respuestas científicas ciertas palabras - indicio de lenguaje lamarckiano, que ellos leyeron como "pista", mismas que guiaron su decisión. Asimismo constituye un ejemplo de cómo los estudiantes adecuan sus respuestas a lo que propone el léxico cotidiano.

Sección B

Su propósito es agrupar las ideas de los estudiantes tomando en cuenta algunas teorías que históricamente se han dado sobre evolución de las especies. Por lo que en esta sección se establecieron las preguntas siguientes:

Parte B. Instrucciones:

En las preguntas siguientes encierra, en la hoja anexa, la letra que corresponda a la respuesta correcta.

1. Los chitas son animales capaces de correr a más de 100 km/ hr al perseguir a sus presas. ¿ De qué manera explicarías cómo surgió esa habilidad para correr tan rápido, si se supone que los ancestros de los chitas corrían tan sólo a 30 km/ hr ?

L) Las generaciones de chitas pudieron correr cada vez más rápido porque ejercitaban mucho sus patas.

T) Como sus presas eran muy veloces, los chitas corrieron cada vez más rápido.

O) Debido a que los chitas corrían cada vez más rápido, desarrollaron músculos mejores.

S) Algunos chitas que podían correr más rápido heredaron esta característica a sus hijos y fueron los que sobrevivieron

N) Otra: _____

2. Un gran número de poblaciones de mosquitos son actualmente resistentes a insecticidas como el DDT. Sin embargo, cuando se empezó a usar el DDT, casi todos los mosquitos morían. Actualmente, muchas poblaciones de mosquitos resisten el DDT porque:

L) Los mosquitos fueron desarrollando poco a poco resistencia al DDT, heredándosela a sus hijos, los que a su vez fueron más resistentes al DDT que sus abuelos.

T) La naturaleza formó mosquitos resistentes al DDT.

O) Algunos mosquitos aprendieron a adaptarse al DDT

S) Algunos mosquitos eran resistentes al DDT antes de que éste se empezara a usar y heredaron a sus descendientes esta característica

N) Otra: _____

Los criterios para determinar el enfoque evolutivo de las respuestas están en el cuadro siguiente.

Código	Categoría	Significado
CL	Concepción Lamarckiana	El cambio en las especies es gradual tiende a una mayor complejidad
CT	Concepción Teleológica	Existen procesos naturales dirigidos hacia un propósito o fin predeterminado
CO	Concepción Ortogenética	La evolución filética de las especies sigue un curso predeterminado, en una sola dirección, por un mecanismo interno tendiente a la perfección de los individuos, en el que no interviene la selección natural
CS	Concepción Sintética	Las variaciones se presentan espontáneamente. La selección natural es un factor central del proceso evolutivo

Resultados obtenidos

Pregunta	CL	CT	CO	CS	Otra	CL %	CT %	CO %	CS %	Otra %

1	4	23	8	6	9	8	46	16	12	18
2	31	0	17	2	0	62	0	34	4	0
\bar{x}							35	23	25	8
										9

Análisis y discusión de los resultados

En relación con el problema uno, el más alto porcentaje (46%) de estudiantes considera que los chitas adquirieron la habilidad de correr tan rápido para poder alcanzar a sus presas que eran muy veloces (muestra un pensamiento teleológico); 16% lo atribuye a que los chitas desarrollaron músculos cada vez mejores que les permitieron ser más rápidos (explicación ortogenética); 8% piensa que las generaciones de chitas pudieron correr cada vez más rápido porque ejercitaban mucho sus patas (concepción lamarckiana), sólo 12% responde que algunos chitas pudieron correr más rápido y heredaron esta característica a sus hijos (concepción sintética) y 18%, que es un porcentaje alto al compararlo con el obtenido por concepciones no sintéticas, decide por otras respuestas que no precisan.

En el problema dos: "Actualmente muchas poblaciones de mosquitos resisten el DDT porque"... según 62% de los estudiantes los mosquitos fueron desarrollando poco a poco resistencia al DDT, heredándosela a sus hijos, los que a su vez fueron más resistentes al DDT que sus abuelos (lamarckista)¹⁰⁵, 34% piensa que algunos mosquitos aprendieron a adaptarse al DDT (ortogenética), y únicamente 4% considera que algunos mosquitos eran resistentes al DDT antes de que éste se empezara a usar y heredaron a sus descendientes esta característica (sintética).

El segundo problema es el que resuelven menos acertadamente. Situación que coincide con la documentada por María del Carmen Sánchez y Ma. Cristina Hernández.

A manera de síntesis, en lo que respecta a esta segunda sección, en promedio los estudiantes muestran en forma levemente predominante pensamiento de índole lamarckiana (35%), después un equilibrio entre pensamiento ortogenético y teleológico (25 y 23%, respectivamente) y destaca el escaso porcentaje con pensamiento sintético (8%). Los resultados muestran que las respuestas de los estudiantes dependen del problema planteado.

Sección C

¹⁰⁵ Hay dificultad para resolver los problemas sobre antibióticos o DDT, incluso en los alumnos que ingresan a la carrera cotidianamente se abordan de acuerdo con concepciones ingenuas, Sánchez Mora, *op. cit.*, p. 160.

Esta sección da la oportunidad de hacer un análisis conceptual minucioso del tipo de concepciones de los estudiantes sobre la evolución, ofrece información sobre la comprensión que tienen sobre el proceso de la selección natural.

Parte C. Instrucciones:

Cada una de las preguntas siguientes contiene dos partes. En la primera parte encierra, en la hoja anexa, la opción que completa mejor la frase. Estas opciones están indicadas con los números 1 ó 2. En la segunda parte tendrás que seleccionar la razón por la que elegiste la respuesta de la primera parte. Es decir, encierra, en la hoja anexa, una de las tres opciones marcadas con las letras A., B, C, que explique mejor tu primera elección.

EJEMPLO:

Todas las plantas verdes:

1. Necesitan bióxido de carbono.
2. Requieren de suelo.

PORQUE:

- A. Sin él no pueden respirar.
- B. De él se nutren.
- C. Es indispensable para la fotosíntesis

Explicación:

Necesitan bióxido de carbono es la respuesta correcta para la primera parte porque las plantas pueden crecer sin suelo.

En la segunda parte la respuesta correcta es que es indispensable para la fotosíntesis.

Por lo tanto, tendría que encerrar, en la hoja anexa, el 1 en la primera parte y la letra C en la segunda.

1. Los tiburones actuales pueden nadar a velocidades de 30 nudos. Supón que sus ancestros nadaban a velocidades menores. La habilidad de nadar más rápido probablemente se debió a que :

1. Surgió en los tiburones en poco tiempo
2. Hubo un aumento en el porcentaje de tiburones veloces

PORQUE:

- A. En un momento un cambio heredable fue seleccionado en algunos tiburones.
- B. Mientras los tiburones usaban más sus músculos, más veloces se volvieron y eran mejores cazadores.
- C. La necesidad de atrapar a sus presas, hizo que nadaran más rápido y las alcanzaran con mayor facilidad.

2. Ciertas aves de patas largas pueden alimentarse con mayor facilidad en zonas inundadas. Si se transportara una gran población de aves de patas cortas a una isla remota llena de lagos y pantanos :

1. Algunas aves vivirían y otras morirían.
2. Las aves desarrollarían poco a poco patas largas.

PORQUE:

- A. Las patas de todas las aves cambiarían lentamente hasta que ayudarían mejor a la alimentación.
- B. Las pocas aves que tuvieran patas largas sobrevivirían y se reproducirían.
- C. Las patas de cada ave cambiarían de la misma manera puesto que todas las aves están relacionadas entre sí.

3. Las focas que viven cerca del Polo tienen una capa de grasa bajo la piel. Sus ancestros pudieron haber tenido una capa de grasa menos gruesa que la actual. A través de los siglos, ocurrieron tales cambios en las focas, ya que :

1. La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa engrosara.
2. En cada generación más focas iban teniendo una capa de grasa gruesa .

PORQUE:

- A. Las focas querían adaptarse a su medio ambiente.
- B. Las crías heredaron de sus padres una capa más gruesa de grasa.
- C. Los pocos individuos que tenían una capa de grasa más gruesa, sobrevivieron y tuvieron crías.

4. Desde hace muchos años, la dispersión de plagas de langosta está controlada con el insecticida DDT. Recientemente los químicos han encontrado que las langostas ya no son atacadas por el DDT. La razón de este cambio es que :

1. En cada generación un mayor número de langostas no son afectadas por el DDT.
2. A través de los años, todas las langostas van siendo gradualmente menos afectadas por el DDT.

PORQUE:

- A. En cada generación, las langostas que sobrevivían al DDT, tenían descendencia.
- B. La necesidad de sobrevivir hizo que las langostas cambiaran.
- C. El uso del DDT provocó una mutación en el ADN de las langostas.

5. Una población de mariposas nocturnas estaba formada por individuos que tenían alas oscuras o claras. El bosque en donde solían vivir tenía árboles con troncos ya sea oscuros o claros. Recientemente una plaga mató a los árboles de tronco claro, pero sobrevivieron los de tronco oscuro. El efecto de la desaparición de árboles de tronco claro sobre las mariposas nocturnas será que cada generación:

1. Las mariposas nocturnas claras desarrollarán alas cada vez más oscuras.
2. Habrá una proporción mayor de mariposas nocturnas oscuras en la población.

PORQUE:

- A. Las mariposas nocturnas se adaptarían a los cambios en su ambiente.
- B. La necesidad de sobrevivir haría que las mariposas nocturnas cambiaran de color.
- C. Sólo las mariposas nocturnas con alas oscuras escaparían a sus depredadores y sobrevivirían

hasta reproducirse.

6. Algunos sapos pueden dar saltos de hasta 2 m de longitud. Supón que los sapos actuales tuvieron ancestros que no saltaban tan lejos. La habilidad para saltar tan lejos probablemente:

1. Se desarrolló para todos los sapos en unas cuantas generaciones.
2. Implicó un incremento en el porcentaje de sapos que podían saltar más lejos.

PORQUE:

- A. Mientras más usaban sus músculos, los sapos podían efectuar saltos cada vez más lejanos..
- B. Primero hubo un cambio genético en unos cuantos sapos y éstos se reprodujeron más.
- C. La necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más lejos

7. Las mariposas que tienen una trompa larga pueden alcanzar mejor el néctar que está en la parte profunda de las flores alargadas en comparación con las mariposas con trompa corta. Si una gran población de mariposas fuera transportada a un jardín lleno de plantas cuyas flores fueran alargadas:

1. Algunas mariposas morirían y otras vivirían.
2. Las mariposas desarrollarían cada vez trompas más largas.

PORQUE:

- A. Las mariposas que tengan trompas largas sobrevivirán hasta reproducirse.
- B. Las mariposas de trompa corta necesitan trompas largas para sobrevivir.
- C. Las trompas de las mariposas cambiarían lentamente hasta que tuvieran la longitud necesaria para alcanzar el néctar de las flores.

8. Una población de pinos vive en un área que ha tenido varios años de verano muy calientes y secos. Si los veranos continuaran así en el futuro, se esperaría que :

1. Algunos pinos sobrevivieran, pero otros murieran por la sequía.
2. Todos los pinos se adaptaran al clima seco.

PORQUE:

- A. . La necesidad de sobrevivir a los veranos causará que los pinos desarrollen formas de evitar la sequía.
- B. Algunos pinos tienen la capacidad de conservar mejor el agua y sobrevivir a la sequía.
- C. Los pinos lograrán soportar el clima cálido y seco y sobrevivir a la sequía.

9. Los murciélagos que se alimentan de noche tienen un agudo sentido del oído, pero sus ancestros pudieron no haber oído tan bien. Los murciélagos actuales tienen un mejor sentido del oído ya que :

1. La necesidad de alimentarse de noche determinó que aumentara su sentido del oído.
2. En cada generación más murciélagos oían mejor.

PORQUE:

- A. Para alimentarse mejor, los murciélagos necesitaban oír mejor los ruidos del medio ambiente que sus ancestros.
- B. Las crías heredaron mejor sentido del oído que sus padres y a su vez lo transmitieron a sus hijos.
- C. Los murciélagos que oían mejor, se alimentaban mejor y tenían más crías.

10. En una población de lagartijas algunas tienen la piel verde, mientras que otras la tienen amarilla. En el lugar donde viven estas lagartijas, hay pastos con hojas verdes y otros con hojas amarillas. Hace poco una enfermedad atacó a los pastos amarillos y acabó con ellos. El efecto que tendrá la desaparición de pastos amarillos sobre las lagartijas, es que:

- 1. Las lagartijas amarillas adquirirán poco a poco color verde.
- 2. Aumentará la proporción de lagartijas verdes.

PORQUE:

- A. Sólo las lagartijas verdes escaparán a sus depredadores y se reproducirán.
- B. Las lagartijas se irán adaptando a los cambios del ambiente
- C. Para sobrevivir, las lagartijas cambian de color su cuerpo.

Los criterios para establecer las respuestas científicas (válidas) y alternativas (no válidas) están en el cuadro siguiente:¹⁰⁶

Pregunta	Respuesta científica	Ideas previas (no válidas)
1	Hubo un aumento en el porcentaje de individuos más veloces porque surgió un cambio heredable en algunos miembros de la población (2 A).	Surgió un cambio en toda la población debido al uso o a la necesidad.
2	Hay una sobrevivencia diferencial debido a que algunos tienen características ventajosas (1 B).	El cambio es gradual en todos los individuos y se da para resolver alguna necesidad.
3	Hubo un aumento en el porcentaje de individuos con cierta característica porque ésta confería ventajas adaptativas (2 C).	Surgió un cambio en la población debido al uso o a la necesidad o al deseo de los organismos
4	Surgen variaciones dentro de la población que posibilitan la sobrevivencia y la reproducción (1 A).	Surgió un cambio en toda la población debido al uso o a la necesidad.
5	Existe una sobrevivencia diferencial debido a que algunos tienen características ventajosas (2 C).	El cambio es gradual en todos los individuos y se da para resolver alguna necesidad.
6	Hubo un aumento en el porcentaje de individuos con cierta característica porque apareció un cambio heredable (2 B).	Surgió un cambio en la población debido al uso o a la necesidad
7	Existe una sobrevivencia diferencial debido a que algunos tienen características ventajosas (1 A).	El cambio es gradual en todos los individuos y se da para resolver alguna necesidad.
8	Existe una sobrevivencia diferencial debido a que algunos tienen	El cambio es gradual en todos los individuos y se da para resolver alguna necesidad.

¹⁰⁶ Tomado de Ma. Cristina Hernández (2002), p.109.

	características ventajosas (1 B)	
9	Existe una sobrevivencia diferencial debido a que algunos tienen características que les confieren ventajas en la capacidad de reproducirse (2 C)	El cambio es gradual en todos los individuos y se da para resolver alguna necesidad.
10	Existe una sobrevivencia diferencial debido a que algunas tienen características que les confiere ventajas en la sobrevivencia y la reproducción (2 A)	Surgió un cambio en la población debido al uso o a la necesidad o al deseo de los organismos.

Las categorías posibles en función de los tipos de relaciones entre la respuesta inicial y su explicación son:

Código	Categoría	Criterio
CS	Concepción Sintética	Respuesta inicial correcta o válida acompañada de razón correcta.
CA	Concepción Alternativa	Respuesta inicial correcta o válida acompañada de razón incorrecta. Se considera que una concepción errónea muy arraigada permite al estudiante resolver correctamente la pregunta utilizando razones equivocadas.
CI	Correcta Incompleta	Respuesta inicial incorrecta, acompañada por una razón correcta. Puede tratarse de una concepción alternativa menor o de conocimiento incompleto
FC	Falta de Comprensión	Respuesta inicial incorrecta acompañada de explicación errónea. El estudiante tiene ignorancia del tema.

Los criterios para evaluar las preguntas son:

El puntaje que tendrían las categorías son:¹⁰⁷

Tipo de respuesta	Puntaje
Respuesta válida	2
Explicación válida	3
Respuesta no válida	0
Explicación no válida	0

Categoría	Respuesta	Explicación	Puntaje total
CS	Válida	Válida	5
CA	Válida	No válida	2
CI	No válida	Válida	3
FC	No válida	No válida	0

Resultados obtenidos

¹⁰⁷ Los puntajes asignados a lo criterios y puntajes establecidos son diferentes a los marcados por María del Carmen Sánchez (2000:90) y Ma. Cristina Hernández (2002: 110-111).

Respuesta	CS	CA	CI	FC	CS %	CL ¹⁰⁸ %
1	2	19	0	29	4	96 (58% FC)
2	27	10	3	10	54	46
3	6	3	16	25	12	88 (50% FC)
4	4	2	13	31	8	82 (62% FC)
5	24	4	2	20	48	52 (40% FC)
6	5	17	8	20	10	90 (40% FC)
7	18	3	25	4	36	64 (50% CI)
8	26	12	5	7	52	48
9	3	3	4	40	6	94 (80% FC)
10	17	11	3	19	34	66
\bar{X}					2.6	7.4

Análisis y discusión de los resultados

En función de la estructura de los reactivos se pueden agrupar como semejantes las situaciones 1 y 6 ; 2 , 7 y 8 ; 3 y 9; 5 y 10. Por lo mismo se esperaría que dichos grupos de reactivos recibieran porcentajes similares. Lo cual hasta cierto punto se obtuvo. Destaca en forma global que en las respuestas de algunas preguntas predomine una concepción sintética (2 y 8), en otras falta de comprensión (1, 3, 4, y 9), en una concepción incompleta (7) en dos una situación equilibrada (5 y 10) y en una (6) no predomina alguna concepción.

Preguntas en las que predomina una concepción sintética

Las preguntas 2 y 8 son muy claras o accesibles para los estudiantes que han tomado cursos elementales de Biología, esto explica su alto porcentaje sintético (54 y 52, respectivamente). La mayoría de los estudiantes contesta acertadamente ambas preguntas porque abordan situaciones familiares para ellos.

Además , en la situación 2 un factor que posiblemente orientó la decisión en favor de la solución sintética pudo ser que contiene términos de cambio inmediato así como " solo los más fuertes sobreviven" y, la lamarckiana "Las aves desarrollarían poco a poco patas largas", contiene los términos *desarrollarían poco a poco* que indican proceso lento, no inmediatez.

Preguntas en las que predomina falta de comprensión

Las preguntas 1, 3 , 4 y 9 obtuvieron los mayores porcentajes de respuestas disfuncionales o de falta de conocimiento (58, 50, 62 y 80%, respectivamente) constituye un ejemplo de como los estudiantes adecuan sus respuestas a lo que

¹⁰⁸ De acuerdo con María del Carmen Sánchez.(2000:156) casi todas las respuestas alternativas ya sean funcionales (CA), incompletas (CI) o disfuncionales (FC), pueden ser categorizadas como lamarckianas .

propone el léxico cotidiano. Y en las que los estudiantes se deciden por soluciones que les den idea de adaptación inmediata y de cambio tipológico.

La pregunta 1 obtuvo uno de los más altos porcentajes de respuestas disfuncionales. Destaca que la mayoría (58%) muestre falta de comprensión o ignorancia y que en segundo lugar (38%) tenga una concepción alternativa. Para la mayoría, la habilidad de nadar más rápido de los tiburones surgió debido al uso desmedido de sus músculos o a la necesidad que tenían de atrapar sus presas que hizo que nadaran más rápido.

La pregunta 3 en 50% de los casos se respondió con una concepción disfuncional; 32% conocimiento incompleto, 12% sintético y 6% alternativa. Constituye una situación en la que destaca la concepción lamarckiana. Los estudiantes deciden que las focas tienen una capa de grasa más gruesa bajo la piel debido al uso o a la necesidad ya la herencia de caracteres adquiridos.

La pregunta 4 obtiene uno de los más altos porcentajes de respuestas disfuncionales o de falta de conocimiento, constituye un ejemplo de como los estudiantes adecuan sus respuestas a lo que propone el léxico cotidiano o sus vivencias; la razón de que las langostas ya no son atacadas, en la actualidad por el DDT es porque se acoplaron, se hicieron inmunes, desarrollaron defensas para ser inmunes. Es una situación en la que dan muestra de pensamiento tipológico y de adaptación inmediata. El resultado muestra como en situaciones familiares presentan concepciones alternativas persistentes que resuelven con respuestas ingenuas.

Los resultados obtenidos en la pregunta 9 son los esperados, el mayor porcentaje de respuestas disfuncionales como lo reporta María del Carmen Sánchez (2000) que encontró un coeficiente de validación de 80%, que implica un reactivo difícil y mal planteado porque se incluyó entre las explicaciones una que parece lógica, pero que es incorrecta. Sólo la podrían resolver acertadamente si tuvieran elementos muy sólidos.

Pregunta en la que predomina conocimiento incompleto

La pregunta 7 plantea: "Qué pasaría si una población de mariposas, en la que algunas tienen trompa larga y otras trompa corta, fuera transportada a un jardín lleno de plantas cuyas flores fueran alargadas. 50% seleccionó las mariposas desarrollarían cada vez trompas más largas porque sobrevivirán hasta reproducirse, esta opción implica conocimiento incompleto de los alumnos quienes recurren a la "necesidad" como generadora de cambios evolutivos, y la explicación es de índole sintética. Hasta cierto punto los estudiantes manejan mejor el concepto de adaptación que el de origen de la variabilidad. Y 36% eligió que algunas mariposas morirían y otras vivirían porque las mariposas que tengan trompas largas sobrevivirán hasta reproducirse (respuesta sintética).

Preguntas en las que hay un equilibrio de respuestas

Las preguntas 5 y 10 tienen la misma estructura, cambian en el organismo que describen. En la situación 5 se considera las mariposas nocturnas (*Biston betularis*,) y en la 10 las lagartijas. Obtienen porcentajes muy parecidos. Es notorio que en la pregunta 5 exista un porcentaje similar (48% sintética y 40 % falta de comprensión) entre respuestas que implican concepciones opuestas y más cuando se trata de una situación que es muy utilizada escolarmente para ejemplificar el proceso de adaptación, y que por lo mismo se esperaría un mayor porcentaje de respuestas sintéticas. Un porcentaje importante de estudiantes no logró aprendizajes significativos del contenido, esto se confirma porque la pregunta 10 que se puede considerar como una situación para transferir , aplicar o expandir lo aprendido en relación con adaptación de las especies, obtiene porcentajes semejantes a la pregunta 5 (34% sintética y 38% falta de comprensión).

Pregunta en la que no predomina alguna concepción

En la situación 6 se aborda la causa por la cual los sapos pueden saltar tan lejos. El 34% responde que implicó un incremento en el porcentaje de sapos que podían saltar más lejos ya sea porque mientras más usaban sus músculos, los sapos podían efectuar saltos cada vez más lejanos o porque la necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más lejos(concepción alternativa).Y 40% responde que la habilidad se desarrolló para todos los sapos en unas cuantas generaciones ya sea porque mientras más usaban sus músculos, los sapos podían efectuar saltos cada vez más lejanos o porque la necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más lejos (respuesta que indica falta de comprensión).

A manera de síntesis, en esta tercera sección, se confirma el predominio de pensamiento lamarckiano en los estudiantes observado en las secciones anteriores. Los temas más relacionados con situaciones cotidianas tienden a ser resueltos empleando respuestas alternativas ya que están firmes en la mente de los estudiantes.

Observaciones al instrumento

El instrumento aplicado pretendió evaluar la capacidad de resolver problemas de acuerdo con el núcleo central del modelo sintético de la evolución, por lo que plantea situaciones de cambio evolutivo diferentes a ejemplos típicos que se plasman en los libros de texto.

Algunas situaciones problemáticas, ya sea las preguntas, las posibles respuestas y/o las explicaciones están mal redactadas por lo mismo es necesario afinar algunos reactivos, mejorar el instrumento así como considerar otros mecanismos o metodologías para conocer los saberes previos de los estudiantes

En un primer momento se esperaría que hubiera una tendencia única en cuanto a la concepción de los estudiantes sobre la evolución, si no en todas, sí en la mayoría de respuestas que emitieran, o sea que fueran de carácter sintético, alternativo, incompleto o con falta de comprensión del fenómeno evolutivo. Al no ocurrir lo anterior se puede deber a que hay:

- Inestabilidad en la concepción de los estudiantes o bien ésta depende de la situación problemática o contextual de que se trate. Se expresa una quimera conceptual.
- Un conocimiento no sólido de la evolución como cambio en la proporción de individuos con nuevos caracteres. Posiblemente no tienen una conceptualización poblacional de la evolución o sea que presenta variabilidad entre sus integrantes.

2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS OBTENIDOS EN DIFERENTES ESCOLARIDADES

La confrontación de porcentajes de respuestas sintéticas obtenidas por estudiantes mexicanos de diferente escolaridad, en cada una de las preguntas o de los problemas planteados en el instrumento aplicado en esta tesis, permite tener un referente de comparación para determinar la situación de los estudiantes normalistas próximos a egresar de su carrera. Para lo que en los párrafos siguientes, se hace un análisis comparativo en función de cada una de las secciones del instrumento. Véase Anexo 4.

Sección A

Una comparación de las ideas previas de los normalistas respecto a las obtenidas por otros estudiantes sobre el origen y el papel de la variación en el proceso evolutivo, la adaptación diferencial de los organismos y la evolución vista como cambios poblacionales se exponen en la tabla siguiente:

SECCIONES ESCOLARIDAD	PRIMERA PARTE			
	PREGUNTAS ¹⁰⁹			
	N %	V %	P %	NVP %
SECUNDARIA	3	1	10	5
BACHILLERATO	30	7	27	21
NORMAL	28	34	30	30

¹⁰⁹ Clave: N = origen de la variación; V = papel de la variación; P = evolución como proporción cambiante de individuos dentro de las poblacionales y NVP = promedio de las tres categorías.

Los normalistas muestran, en forma general, en estas categorías mayor porcentaje promedio de respuestas sintéticas, en comparación con los porcentajes obtenidos por los estudiantes de otras escolaridades lo cual, de inicio, nos llevaría a esperar que obtuvieran también altos porcentajes en las secciones restantes del instrumento.

I. Origen de la variación

En relación con esta categoría se observan porcentajes similares entre estudiantes de bachillerato y de la Normal (30 y 28%, respectivamente) en tanto que muy bajos en los de secundaria (3%). Menos de 50% de estudiantes de cada escolaridad logra distinguir que existen variaciones dentro de las poblaciones indispensables para que evolucionen, además que en su surgimiento y prevalencia participan dos procesos: la producción azarosa de la variación, por recombinación genética o por mutación, y su mantenimiento mediante selección natural.

II. Papel de la variación en las poblaciones

En esta categoría el porcentaje de normalistas que responden acertadamente es mucho mayor que el obtenido por los otros estudiantes (34% normalistas, 7% bachillerato y 1% secundaria). De acuerdo con estos porcentajes menos de 50% entiende el papel de las variaciones en el proceso evolutivo, considera que las poblaciones evolucionan porque algunos de sus miembros poseen características genéticas que les confieren ventajas adaptativas.

III. Evolución vista como la proporción cambiante de individuos dentro de las poblacionales

Respecto a esta categoría se observan porcentajes similares en respuestas sintéticas entre estudiantes de bachillerato y de la Normal (27 y 30%, respectivamente), en tanto que muy bajos en estudiantes de secundaria (10%). Menos de 50% de estudiantes de cada escolaridad logra distinguir que la evolución es un cambio en la proporción de rasgos ventajosos en los individuos dentro de las poblaciones que da como resultado, a largo plazo, a la especiación. De los tres conceptos (origen de la variación ; papel de la variación y evolución como proporción cambiante de individuos dentro de las poblacionales) el papel de la variación en las poblaciones es el que mejor manejan los normalistas.

Sección B

Al revisar los resultados sobre el pensamiento evolutivo de estudiantes de diferentes escolaridades dentro de las distintas concepciones elaboradas históricamente (lamarckiana, teleológica, ortogenética y sintética) se obtiene la tabla siguiente:

SECCIONES ESCOLARIDAD	SEGUNDA PARTE											
	PROBLEMA 1 ¹¹⁰				PROBLEMA 2				PROBLEMAS 1 y 2			
	L %	T %	O %	D %	L %	T %	O %	D %	L %	T %	O %	D %
SECUNDARIA	19	42	20	19	68	7	19	7	43	24	19	13
BACHILLERATO	10	40	27	23	67	0	23	10	38	20	25	17
NORMAL	8	46	16	12	62	0	34	4	35	23	25	8

En el primer problema destaca que las tres escolaridades otorgan el mayor porcentaje a la concepción teleológica, en tanto que en el segundo problema a la concepción lamarckiana. Por otra parte el comportamiento de los porcentajes en las demás concepciones, en ambos problemas y en todas las escolaridades, es similar. Resalta, en contraposición con los valores obtenidos en la primera sección, que en ambos problemas los normalistas obtuvieron los menores porcentajes de índole sintética en comparación con los manifestados por los alumnos de las otras escolaridades. Esto indica que prevalece en ellos un pensamiento lamarckiano mediante el cual leen o interpretan los fenómenos y problemas que tienen que ver con el origen y los cambios en la diversidad biológica en el planeta.

Sección C

En esta sección se hace un análisis del tipo de concepciones de los estudiantes sobre la evolución, en particular, el dominio que tienen del proceso de la selección natural.

¹¹⁰ En este problema no se obtiene el 100% en lo que respecta a la Normal, ya que el 18 % de estudiantes contestó otra opción.

SECCIONES ESCOLARIDAD	TERCERA PARTE										
	PREGUNTAS										
	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	1a 10 %
SECUNDARIA	11	31	6	3	29	7	22	36	0	28	17
BACHILLERATO	30	43	10	13	57	27	37	67	10	47	34
NORMAL	4	54	12	8	48	10	36	52	6	34	26

Un análisis comparativo general de los resultados aquí expresados nos muestra que en muy pocas preguntas el porcentaje de respuestas sintéticas rebasa 50 % de estudiantes que así lo resuelven. Luego entonces, la gran mayoría de estudiantes tiene un pensamiento no sintético cercano al lamarckiano. Al realizar una análisis entre escolaridades se observa que si bien los valores en porcentaje no rebasan en general 50 %, los normalistas obtienen porcentajes de respuestas sintéticas más altos en la gran mayoría de preguntas que los mostrados por estudiantes de secundaria, así como que su promedio es mayor (26 vs.17). Tales valores son los esperados ya que los normalistas cursaron bachillerato, sin embargo llama la atención que al confrontar esos porcentajes con los logrados por los jóvenes de bachillerato en la gran mayoría de preguntas el promedio es menor (26 vs.34). Se esperaba que obtuvieran, si no porcentajes más altos, si semejantes o aproximados.

Ma. Cristina Hernández (2002) concluye en relación con lo analizado que:

" Los estudiantes tienen problemas para comprender el núcleo duro de la teoría de la evolución, por lo que las teorías auxiliares son asimiladas a una estructura conceptual que parte de bases equivocadas, por lo cual no será posible lograr una adecuada comprensión del proceso evolutivo en los distintos niveles en los que se aborde..."¹¹¹

En relación con lo mismo María del Carmen Sánchez(2000) precisa:

".. los temas más relacionados con situaciones cotidianas tienden a ser descritos con una repetición de patrones ingenuos de pensamiento...el aprendizaje que ha habido acerca de la evolución ha tenido una influencia muy débil en la formación de una cultura evolutiva...las concepciones alternativas están demasiado arraigadas en la mente del estudiante."¹¹²

¹¹¹ Hernández Rodríguez (2002). *La historia en la enseñanza...* p. 141.

¹¹² Sánchez Mora (2000). *La enseñanza de la teoría de...*, p. 156.

Los resultados encontrados se pueden explicar en función de que los aprendizajes que elaboraron los normalistas no fueron del todo significativos debido, seguramente, a que a lo largo de su vida académica no enfrentaron situaciones didácticas que garantizaran la reestructuración de sus ideas previas o del pensamiento intuitivo.

A manera de síntesis comparativa, los valores obtenidos por las diferentes escolaridades en las tres secciones nos revelan que los estudiantes tienen ideas previas o concepciones que se semejan a las lamarckianas. Y, que los normalistas obtienen un promedio menor que el mostrado por estudiantes de bachillerato, situación preocupante porque ellos tendrán la tarea de trabajar con estudiantes de primaria y promover la adquisición de la concepción científica de la evolución de los seres vivos. Concepción que aún no han construido.

3. COMPARACIÓN DE LAS CONCEPCIONES DOCUMENTADAS SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA CON LAS DE LOS ESTUDIANTES NORMALISTAS

A lo largo de esta investigación se ha reiterado que el núcleo duro del evolucionismo consiste en que el cambio de las especies está dado por dos procesos fundamentales: la producción azarosa de la variación, por mutaciones o recombinación genética y el mantenimiento de ésta mediante el proceso de selección natural. Intervienen el azar y la necesidad. Una revisión general de lo encontrado por diversos investigadores nos permitirá tener una radiografía de las concepciones que predominan en las personas en torno a la evolución biológica:

- Bishop y Anderson (1990)¹¹³, reportan que ningún estudiante universitario de Biología entendía los conceptos centrales del proceso de la selección natural.
- Jungwirth (1976) encontró que uno de cada tres estudiantes universitarios de agronomía optaban por explicaciones teleológicas de los fenómenos evolutivos.
- Greene (1990) descubrió al analizar las respuestas de 322 estudiantes universitarios, que 3% da una interpretación validada actualmente por la ciencia en relación con la selección natural, 33 % tiene un pensamiento funcional y un enfoque tipológico y 17% emplea una explicación lamarckiana. Al parecer los datos anteriores concuerdan con los de Brumby (1984) quien reporta que del 14 al 67% de estudiantes de primer año de medicina entienden la idea de la selección natural dependiendo del problema que se les plantea.

¹¹³Todas las investigaciones son citadas por Ma. Cristina Hernández(2002), *op. cit.*, p.4.

- Brumby(1984) detecta una tendencia importante en estudiantes de medicina de primer año a usar ideas lamarckianas de la herencia de caracteres adquiridos para explicar la transformación de las especies.
- Settage y Jensen(1996) documentan que las explicaciones evolutivas de los estudiantes representan una compleja mezcla de ideas relacionadas con la evolución lamarckiana, la teoría darwiniana y un razonamiento teleológico, que son altamente resistentes al cambio

A continuación se hace un estudio comparativo entre las concepciones sobre evolución biológica documentadas y las encontradas en esta investigación en los estudiantes normalistas, para ello se respetan las mismas categorías de análisis.

Sección A

I. Origen de la variación

En lo que se refiere al origen de la variación, la conceptualización científica plantea que dentro de una población es espontáneo y azaroso, y el que la variación sea adaptativa depende de las condiciones específicas del ambiente en el que se presenta. En otras palabras las nuevas características observables en individuos de una población se originan debido a cambios azarosos en el material genético (mutación o recombinación sexual) que subsisten o desaparecen en función de la acción de la selección natural.

Investigadores como Greene(1990) citado por María del Carmen Sánchez, encuentran que las principales suposiciones de los estudiantes sobre evolución son que: una población es una colección de individuos con un tipo común, las variaciones individuales no son importantes en el proceso de cambio y la naturaleza no cambia al azar. Por su parte Bishop y Anderson (1990); Trowbridge & Wandersee(1994) y Zuzovsky (1994) citados por Ma. Cristina Hernández(2002) detectan que los estudiantes universitarios no entienden como son generadas las variaciones en las poblaciones. En tanto que Brumby (1979, 1984); Greene (1990); Bishop y Anderson(1990); Settage (1994); Settage y Jensen (1996); Jiménez (1994) coinciden en que los alumnos atribuyen el proceso evolutivo a la intención deliberada de los organismos individuales, que cambian por necesidad o por el mayor uso o desuso de ciertas partes en respuesta a las condiciones ambientales. Finalmente Brumby (1979 y 1984) citado por Ma. Cristina Hernández (2002) encontró que los estudiantes consideran que la población contiene variación individual, hablan de un *proceso de mutación* (entendido como cualquier cambio permanente en las características de los individuos resultado de la necesidad o el uso) que se debe a cambios en el ambiente. En varios casos, entienden el *proceso de adaptación* como resultado de la respuesta de los individuos al ambiente, en el sentido de que se van haciendo gradualmente inmunes a los cambios.

Ma. Cristina Hernández¹¹⁴ encontró que estudiantes de la Facultad de Ciencias, de la UNAM que cursan Biología explican el proceso evolutivo mediante las consideraciones siguientes:

a) La población es una colección de individuos representada por un tipo común. La variación en las poblaciones tienen poca importancia en el proceso porque son consideradas como imperfecciones del tipo.

b) La naturaleza de los cambios está determinada :

- Creen que el ambiente causa el cambio de las características de los organismos en el tiempo.
- Los organismos desarrollan nuevas características porque las necesitan para sobrevivir; el uso y desuso así como la adaptación (la concepción usada en forma cotidiana como cambios en los organismos en respuesta al ambiente).
- En varios casos no tienen claridad en cómo se producen las variaciones en los organismos y en cuál es su papel dentro del proceso evolutivo.

c) La mayor parte de los estudiantes no distingue:

- La participación de dos procesos (producción azarosa de la variación, por recombinación genética o por mutación y su mantenimiento mediante selección natural).
- Entre aparición de la variación y su supervivencia en el tiempo.

La mayor parte de los estudiantes no entiende que las variaciones surgen independientemente de las necesidades de los organismos, y que son de forma espontánea. Se les dificulta comprender que la selección natural no provoca cambios sino que aprovecha los existentes y distinguir entre explicaciones causales y funcionales.

Resultados encontrados en los normalistas:

1. Las características hereditarias aparecen porque las necesitan para confundirse con el ambiente, considerando que las variaciones surgen por necesidad o como resultado de "seguir al ambiente" en un sentido lamarckiano.
2. Le dan a la palabra mutación la connotación cotidiana (cambio instantáneo en los organismos que surge porque lo necesitan para sobrevivir) y no la científica que nos habla de un origen azaroso.

¹¹⁴ *Ibid.*, pp. 141 a 151.

3. Es muy alto el porcentaje (72%) que desconoce o que no considera que el origen y la persistencia de nuevas características en las poblaciones sean producto de dos procesos separados.

II. Papel de la variación en las poblaciones

En el contexto evolutivo, la adaptación es un fenómeno poblacional en el cual las especies cambian su estructura a través de muchas generaciones resultado de la acción de la selección natural. Adaptación diferencial. Las poblaciones evolucionan porque algunos de sus miembros poseen características genéticas que les confieren ventajas adaptativas.

Trowbridge & Wandersee (1994); Zuzovsky (1994) citados por Ma. Cristina Hernández (2002) reconocen que tienen dificultad para comprender ideas como la adaptación y problemas para comprender las diferentes escalas de tiempo. Bishop y Anderson (1990) encuentran que los estudiantes universitarios virtualmente no entienden cual es el papel de las variaciones en el proceso evolutivo. Brumby (1979 y 1984) descubrió que en varios casos, entienden el *proceso de la adaptación* como resultado de la respuesta de los individuos al ambiente, en el sentido de que se van haciendo gradualmente inmunes a los cambios.

En esta categoría, Ma. Cristina Hernández documenta que los estudiantes al creer que los cambios se originan como producto de la necesidad, suponen que de inmediato son adaptativos o que la adaptación de los organismos al medio es perfecta. Los estudiantes escuchan la palabra adaptación en un contexto evolutivo, pero, construyen su significado en función del manejo cotidiano, consolidando su concepción de que el medio determina la aparición de las variaciones para que luego puedan "adaptarse" o aclimatarse al ambiente. Como cambios en el individuo producto de un esfuerzo personal. El medio influye directamente en la aparición y el desarrollo de las características en los organismos.

Resultados encontrados en los normalistas:

1. 84% piensa que los miembros de una población como un todo desarrollan características que les permiten adaptarse al ambiente de inmediato (adaptación inmediata).
2. 30% considera a los miembros de una población como un todo que desarrolla características que les permiten adaptarse al ambiente de inmediato.
3. 66% de los estudiantes desconoce o no considera que la evolución de las especies se debe a la presencia de variaciones en los caracteres de algunos individuos de la población y que estos les confieren ventajas adaptativas.

III. Evolución vista como la proporción cambiante de individuos dentro de las poblacionales

El pensamiento poblacional es una conceptualización fundamental para comprender el proceso evolutivo. La evolución es un cambio en la proporción de individuos con características discretas. La variación dentro de la población es esencial para el cambio evolutivo. La teoría de la selección natural plantea que las poblaciones evolucionan porque algunos de sus miembros, debido a sus características genéticas, poseen ventajas reproductivas respecto a otros miembros de la población y al ser seleccionadas, dichas características, se establecen gradualmente debido a que la proporción de individuos que las poseen aumenta en cada generación.

Bishop y Anderson (1990) citados por María del Carmen Sánchez¹¹⁵, determinan que el concepto que hay que revisar con mayor cuidado de los tres es el de evolución como cambio en la proporción porque suele haber una dificultad para entender que estos cambios no se dan en la población como un todo. Trowbridge & Wandersee (1994); Zuzovsky (1994) citados por Ma. Cristina Hernández(2002) encuentran que no cuentan con un pensamiento poblacional. Bishop y Anderson (1990) citados por Ma. Cristina Hernández(2002) detectan que los estudiantes universitarios virtualmente no conciben a la evolución de las especies como cambios poblacionales.

Ma. Cristina Hernández documenta que los estudiantes:

- En general, piensan que las poblaciones están compuestas por miembros individuales y que el proceso evolutivo moldea a las especies como un todo.
- Conceptualizan a la población como una colección de individuos representada por un tipo común por lo que la variación entre individuos tiene poca importancia en el proceso evolutivo(pensamiento tipológico).
- Consideran que las variaciones son imperfecciones del tipo e intrascendentes desde el punto de vista evolutivo. El cambio se genera cuando es necesario.
- Consideran que los cambios se dan gradualmente en todos los miembros de una población, un proceso que homogeniza a las especies.
- Carecen de un enfoque poblacional por lo que se les dificulta comprender la evolución como un cambio en la proporción de individuos con características discretas. Los cambios se van dando de manera gradual entre una generación y otra en todos los miembros de la población.¹¹⁶

¹¹⁵ Sánchez Mora, *op. cit.* p.159.

¹¹⁶ Hernández Rodríguez, *op. cit.*, pp.141 a 151.

Resultados encontrados en los normalistas:

1. El 78 % de estudiantes resuelve que la evolución de las especies es resultado del cambio gradual en todos los miembros de una población, que surge de forma adaptativa.
2. Los estudiantes deforman las respuestas o bien toman sólo los elementos acordes a su lógica e ignoran o desechan los restantes.
3. Un alto porcentaje (70%) de los estudiantes desconoce o no asume que las nuevas características que muestran los individuos aparecen como cambios discretos y que se mantienen en la población aumentando la proporción de los individuos que las portan porque les confieren ventajas adaptativas.
4. A los estudiantes les es difícil explicar la evolución como cambios poblacionales, de ahí que predomine en ellos una concepción tipológica .
5. Se encuentran en las respuestas científicas ciertas palabras - indicio de lenguaje lamarckiano, que ellos leen como "pista", mismas que guían su decisión. Asimismo constituye un ejemplo de cómo los estudiantes adecuan sus respuestas a lo que propone el léxico cotidiano.

Sección B

Respecto al pensamiento evolutivo de los estudiantes dentro de las distintas concepciones elaboradas históricamente (lamarckiana, teleológica, ortogenética y sintética), Jensen y Finley (1996) citados por María del Carmen Sánchez¹¹⁷, encuentran que las personas tienen dificultad de resolver los problemas sobre antibióticos o DDT, incluso en los alumnos que ingresan a la carrera cotidianamente se abordan de acuerdo con concepciones ingenuas, y que es más fácil disminuir las explicaciones teleológicas que las lamarckianas. María del Carmen Sánchez encuentra en su investigación que los estudiantes, en postprueba, dudan de sus concepciones originales o primarias, cambian en su concepción de lamarckiana a teleológica y muestran incapacidad o imposibilidad "epistemológica" de acceder a la sintética.¹¹⁸

Por su parte, los normalistas muestran en forma levemente predominante pensamiento de índole lamarckiana (35%), después un equilibrio entre pensamiento ortogenético y teleológico (25 y 23%, respectivamente) y destaca el escaso porcentaje con pensamiento sintético (8%). Sus respuestas dependen del problema planteado.

Sección C

En lo que respecta al dominio que tienen sobre el núcleo central de la teoría sintética, destaca en forma global que en las respuestas de los normalistas en

¹¹⁷ Hernández Rodríguez, *op. cit.*, p.159.

¹¹⁸ Sánchez Mora, *op. cit.*, p.113.

relación con algunas preguntas predomine una concepción sintética (2 y 8), en otras falta de comprensión (1, 3, 4, y 9) en una concepción incompleta (7), en dos una situación equilibrada (5 y 10) y en una (6) no predomina alguna concepción. En las preguntas en que predomina una concepción sintética, la mayoría de los estudiantes las contesta acertadamente porque abordan situaciones familiares para ellos y contienen términos de cambio inmediato. En las preguntas en que predomina falta de comprensión los estudiantes adecuan sus respuestas a lo que propone el léxico cotidiano. Y escogen soluciones que les dan idea de adaptación inmediata y de cambio tipológico. Destaca la concepción lamarckiana. El resultado muestra como en situaciones familiares presentan concepciones alternativas persistentes que resuelven con respuestas ingenuas. En la pregunta en que predomina conocimiento incompleto 50% recurre a la "necesidad" como generadora de cambios evolutivos y la explicación es de índole sintético. Hasta cierto punto los estudiantes manejan mejor el concepto de adaptación que el del origen de la variabilidad. En las preguntas en que hay un equilibrio de respuestas son notorios los porcentajes similares, que casi llegan a 50%, en respuestas que implican concepciones opuestas (sintética e ignorancia del tema) y más cuando se tratan de situaciones muy utilizadas escolarmente para ejemplificar el proceso de adaptación, y que por lo mismo se esperaría un mayor porcentaje de respuestas sintéticas.

Los resultados encontrados en los normalistas se asemejan a los reportados en la literatura. Las explicaciones evolutivas de los estudiantes representan una compleja mezcla de ideas relacionadas con la evolución lamarckiana, la teoría sintética y un razonamiento teleológico, que son altamente resistentes al cambio. De acuerdo con lo documentado y lo obtenido en esta tesis los alumnos tienen problemas para entender el núcleo duro del evolucionismo por lo que es entendible que conceptos o teorías auxiliares no las asimilen adecuadamente, "las distorsionan o deforman" o no las comprenden. Extrapolan la idea de cambios que ocurren en la vida de los organismos para explicar los cambios ocurridos en las poblaciones en muchas generaciones por lo que existen problemas para comprender las diferentes escalas de tiempo. Las principales concepciones alternativas constituyen obstáculos epistemológicos.

Los resultados encontrados en los estudiantes normalistas confirman los documentados por Vicente Paz y colaboradores (2001a) en maestros de primaria en servicio que al respecto expresan:

" Los resultados obtenidos por los docentes de primaria nos dicen que los maestros tienen deficiencias en los conceptos elementales de evolución, sus valores son muy inferiores a los de maestros de secundaria (0.83 vs. 0.46) y también a los de alumnos de secundaria (0.64 vs 0.46). Los alumnos de primaria tienen una fijación conceptual de 0.38 % . La formación de los maestros de primaria les impide una conceptualización mínima de dicha temática, imperando en su discurso el saber cotidiano, de tipo " lamarckiano" y determinista lo que habla que dentro de la formación docente inicial es indispensable la formación disciplinar.¹¹⁹

¹¹⁹ Paz, Martínez y Rosas(2001a)." Algunos aspectos sobre... "p.33.

4. PERTINENCIA DEL CONTENIDO EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LA ESCUELA PRIMARIA

Evolución biológica en la escuela primaria

La segunda tesis que se planteó en esta investigación es que los niños de primaria pueden construir aproximaciones conceptuales sucesivas sobre el tema de evolución cuando existe una preparación sólida del maestro. Para abordarla y argumentar en su favor se pensaron los puntos:

- El contenido evolución biológica dentro del plan y programas de estudio de educación primaria
- Características del contenido
- Preparación de los maestros de primaria para trabajarlo
- Intervención didáctica

El contenido evolución biológica dentro del plan y programas de estudio de educación primaria

El programa de Ciencias Naturales de educación primaria está estructurado en cinco ejes temáticos o contenidos declarativos generales: seres vivos, cuerpo humano y la salud, ambiente y su protección, materia energía y cambio y ciencia, tecnología y sociedad.¹²⁰ Los contenidos de biología se agrupan en el eje seres vivos, siendo el contenido evolución el tema nodal de sexto grado de primaria ya que constituye el tema organizador o núcleo en torno al cual se articula el enfoque y los contenidos de biología del currículum. Tiene el propósito de "... desarrollar en el alumno una imagen dinámica de la naturaleza, introduciendo nociones elementales de la evolución".¹²¹ Vicente Paz plantea que la enseñanza del contenido evolución es un punto crucial dentro del currículum de biología en la educación primaria, ya que si el alumno no integra la visión de sus contenidos construidos a la luz de esta teoría, sus saberes no dejan de ser más que una masa informe de conceptos-etiquetas, ya que la evolución integra y da coherencia a esta área del conocimiento. Paz afirma:

"...la estructura y el enfoque del programa de Ciencias Naturales, en particular del eje Seres vivos, específico de Biología gira en torno al paradigma evolutivo como sistema teórico explicativo de la Biodiversidad del medio natural... así como el desarrollo de esta teoría se da con base en una investigación empírico analítica descriptiva y deductiva, el mapa curricular de Biología de primaria parte de la descripción de la realidad y su posterior interpretación a partir de una teoría integradora (teoría

¹²⁰ Los alumnos tienen como material de trabajo los libros de texto gratuito y los maestros el "Libro para el maestro de Ciencias Naturales" para cada uno de los grados escolares.

¹²¹ SEP(1993). Plan de Estudios de Educación Básica. Primaria. 1993, México, GONALITEG, p. 76.

evolutiva).¹²²

De ahí la gran importancia de trabajarlo.

Características del contenido (retos cognitivos, dificultad para su aprendizaje en relación con su estructura lógica).

Los contenidos de evolución reflejan la síntesis conceptual de siglos de esfuerzo del ser humano por entender la naturaleza. En lo que respecta a sus características Miguel Angel Campos y sus colaboradores encuentran que es un tema abstracto que relaciona cambios ambientales y de los organismos mediante procesos genéticos, reconocen que el proceso evolutivo se estructura a partir de cuatro ideas fundamentales (Mayr, 1978; Gould, 1994):

- el mundo y las especies cambian;
- los cambios son puntuados (cambios súbitos y graduales);
- existe descendencia común y
- todo ello sucede mediante selección natural, variación y adaptación al medio.

Estas ideas son muy complejas debido a que cada una de ellas representa grandes categorías que se basan en conceptualizaciones amplias que poco a poco van describiendo una gran cantidad de procesos articulados que permiten entender las variaciones y modificaciones de los seres vivos, desde los organismos unicelulares hasta los pluricelulares de gran complejidad, incluyendo al ser humano. Todo ello establece las exigencias teóricas que los escolares requieren comprender. Esta concepción no es fácil de comprender en poco tiempo.¹²³

Miguel Angel Campos y colaboradores consideran que los estudiantes en clase activan su conocimiento previo organizado en una red de representaciones o de conceptos, conexiones lógicas y otras representaciones articuladas en las dimensiones semántica y epistemológica. En lo que se refiere a la ciencia un concepto abstracto es la formalización de significados y describe o explica procesos.¹²⁴ Asimismo, precisan que en toda organización conceptual se pueden identificar tres elementos: descripción, explicación y ejemplificación. La evolución, cae en lo abstracto, ya que la construcción de ella se ha desligado de la experiencia inmediata e incluso ha polemizado con la realidad básica.

¹²² Vicente Paz (1998) " Aspectos mínimos a evaluar en la enseñanza de la Biología en la educación primaria", **Ponencia presentada en la IIIa. Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales**, Pachuca, Hidalgo, México, p.4.

¹²³ Miguel Angel Campos, Clara Adriana Sánchez, Sara Gaspar. y Vicente Paz(1999). " La organización conceptual de alumnos de sexto grado de educación básica acerca del concepto de evolución", *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 1, Nos.1 y 2, p.41.

¹²⁴ "...los conceptos son organizaciones conceptuales, niveles de concepción que pueden ser concretos, concreto - abstractos y abstractos (Bachelard, 1985 citado por Vicente Paz, 2001)." La enseñanza de la evolución en la educación primaria como una evidencia de los obstáculos a los que se enfrenta el niño para construir conceptos complejos", *Xicltli*, No. 42.

En una investigación que realizaron estos autores con alumnos de sexto de primaria analizaron la organización conceptual producida por los alumnos en relación con el concepto evolución y determinaron, empleando el MAP¹²⁵, su correspondencia con el conocimiento científico. Los resultados que obtuvieron son:

- Los alumnos asimilan alrededor de la mitad de la información conceptual deseada.
- Los alumnos si pueden hacer relaciones adecuadas y correctas, aunque en forma imprecisa en ocasiones, de la información conceptual que lograron captar. Sí pueden describir y ejemplificar el proceso.
- El nivel explicativo requerido para comprender el contenido evolución presenta una dificultad similar en cada nivel escolar. Les es difícil explicar el proceso. Los alumnos tienen dificultad para construir en el nivel explicativo, dada la complejidad de las categorías involucradas y a su tratamiento en clase.
- El nivel de madurez cognitiva propios de la edad de los escolares de sexto de primaria, sus escasas vivencias, no constituyen una plataforma suficiente para reconstruir los conceptos abstractos involucrados para una comprensión mínima del tema de evolución, tales como la adaptación, la variabilidad, y la selección natural éste puede ser aprendido por los alumnos de sexto grado, para ello se requiere establecer el nivel de profundidad conveniente para tratarlo, sin perder su significado explicativo y heurístico (con una intervención pedagógica adecuada).¹²⁶

Al comparar estos resultados con los obtenidos por alumnos de secundaria se observa que existe una relación entre el nivel educativo y la posibilidad de construir un concepto complejo así como las características de la intervención pedagógica que realiza el docente respectivo. Los alumnos de primaria tienen una "fijación conceptual" de 0.38% y los de secundaria de 0.64%.¹²⁷ Los obstáculos a los que se enfrentan los alumnos para aprender en forma significativa el contenido evolución según Guillén(1996); Paz(1999) y Campos (1999) son:

- Su experiencia concreta. Porque los niños elaboran su discurso basándose en sus referentes inmediatos, y en la construcción del concepto de evolución la mayoría de los alumnos lo elabora haciendo una analogía con el desarrollo embrionario.¹²⁸ El referente inmediato del niño es su cuerpo y

¹²⁵ El MAP es un modelo creado por Miguel Angel Campos y Sara Gaspar (1996). "El modelo de análisis proposicional: un método para el estudio de la organización lógico - conceptual del conocimiento ", en: M. A. Campos y R. Ruiz, eds. **Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias**, México, IIMAS, UNAM, pp.51 a 92.

¹²⁶ Campos Hernández, *et al.*, *op cit.*, p.49 (lo que está entre paréntesis se desarrolla en párrafos posteriores).

¹²⁷ Paz Ruiz, *et al.*, " Algunos aspectos sobre... p.31. Los autores usan los términos fijación conceptual como sinónimos de construcción conceptual.

¹²⁸ Este fue el primer significado científico de evolución.

su entorno, pero no el tiempo geológico, aspecto que requiere del trabajo teórico por parte del maestro.

- La generalización, que consiste en la inducción ingenua del niño ante el desconocimiento de la complejidad de los fenómenos de estudio.
- Falta de pertinencia verbal. El maestro maneja, de manera abrupta, términos y campos semánticos desligados de la significancia del niño. El niño no le da el mismo significado a los significantes del maestro, tal es el caso reiterativo de la idea de evolución, donde el docente se refiere al desarrollo de una estirpe, en tanto que el niño la entiende como el desarrollo de un individuo.
- Manejo de tiempo geológico. Al mencionar el maestro, muchos años, el niño no se va más allá de la historia de la sociedad (y eso sería discutible) se nota que no tienen la misma construcción de tiempo maestro y alumno; cuando se habla de muchos años, el niño y el maestro piensan en aspectos diferentes.
- El niño no puede construir el concepto de evolución si no ha construido los conceptos subordinados de: selección, adaptación, variabilidad, gradualismo (o equilibrio puntuado), tiempo geológico, cambio en el tiempo y comunidad de descendencia, aspectos todos que se aglutinan al rededor del núcleo integrador, evolución. Sólo con esos conceptos previos, podrá dar ejemplos pertinentes y argumentados, ya que estará usando las propiedades del concepto.
- El niño construye su concepción de mundo, permeada fuertemente por los saberes del maestro. Una situación registrada con regularidad es la conceptualización incompleta de los propios profesores.¹²⁹

Ante este panorama, Vicente Paz¹³⁰ plantea que existen dos posturas al parecer encontradas, con respecto a la factibilidad de tocar y desarrollar temas complejos a temprana edad, tal como es el caso de la evolución, persiste por un lado la idea de que todo tema se puede enseñar y construir en el niño, sin sacrificar formalidad, sólo es cuestión de desarrollar una estrategia adecuada como predice Novak (1978) en tanto que Medin y Wattenmaker (1989) y Campos, *et al.*, (1999) hablan de falta de madurez cognitiva, esto es, que el sujeto presenta dificultades que le impiden construir estructuras abstractas de manera eficiente a temprana edad. Paz considera que para el caso de la evolución, el niño es capaz de articular los postulados que de manera nocional maneja el maestro, sin embargo en el momento de conceptualizar el proceso y los ejemplos correspondientes a la evolución biológica, presenta severas fallas, debido a que carece de los bloques de construcción conceptual con los cuales pueda hacerlo y enfatiza que el alumno tiene la capacidad pero requiere de un trabajo acertado por parte de los maestros. Concluye que la construcción conceptual del niño sobre temas complejos no está alejada de su capacidad cognitiva, que los datos

¹²⁹ Fedro Guillén (1996); Vicente Paz (1999) y Miguel Angel Campos (1999) citados por Paz Ruiz, "La enseñanza de la evolución...", p.1.

¹³⁰ *Ibid.*, p.2.

empíricos dan evidencias de que lo que falló en la construcción del docente tiene consecuencias en los fallos detectados en el alumno.¹³¹

Con base en las investigaciones realizadas al respecto, coincido en lo que argumentan Vicente Paz y colaboradores en el sentido de que si bien el contenido evolución biológica es complejo para los alumnos de primaria, la respuesta no es eliminarlo, sino preparar a los maestros para enfrentarlo de manera adecuada. Se puede afirmar que la formación inadecuada del maestro tiene mayor peso que la complejidad del tema para lograr el desarrollo mínimo del concepto. Por lo que es pertinente fomentar que el alumno construya por acercamientos sucesivos conceptos complejos sin descalificar, ante la ausencia de lenguajes formales o explicaciones complejas, sus acercamientos los que nos indicarán qué puntos hay que abordar con mayor preparación y constancia.¹³²

En relación con esto, Campos y colaboradores afirman que los alumnos pueden hacer un mejor aprendizaje del contenido si se asegura un tratamiento adecuado, de ahí que es necesario que cada profesor conozca claramente las formulaciones modernas de la teoría evolutiva de acuerdo con la concepción aceptada por los especialistas, y que sepa cómo darle tratamiento a nivel de comprensión de sexto grado.

Preparación de los maestros de primaria para trabajar el contenido

Diversas investigaciones¹³³ dan cuenta de que los maestros de primaria se enfrentan a grandes dificultades para enseñar Ciencias Naturales, logrando sólo reproducir la información, pero no la integran ni contextualizan de manera disciplinar. Los docentes aducen no ser maestros de biología (cosa cierta) ni haber recibido una buena formación en el área de Ciencias Naturales en sus instituciones de egreso, también cierto.¹³⁴ Una revisión somera de los planes de formación de los maestros en servicio en sus normales de origen nos dicen que un alto porcentaje de ellos en el Distrito federal (67%) se formaron con el plan de cuatro años (planes 1972, 1975 y 1975 reestructurado) que pedía como requisito de ingreso la secundaria, saliendo con un equivalente técnico de bachillerato, en este plan el maestro tuvo una amplia formación en ciencias naturales, ya que llevaban la asignatura como obligatoria durante seis semestres, dentro de ellos se veía biología (Ibarrola, 1997). A partir de 1984 se pidió como requisito de ingreso el bachillerato, durante los cuatro años de formación, cursaron educación para la salud, educación ambiental y creatividad.¹³⁵

¹³¹ Vicente Paz (2004). "Problemas principales que presenta la enseñanza del tema de la evolución del cambio biológico en la educación básica", *Xictli*, No. 54.

¹³² Paz Ruiz, *et al.*, "Algunos aspectos sobre la pertinencia...", p.33.

¹³³ Rosa Vera (1982); María Antonia Candela (1 989); A. Meza (1996); R. B. Flores (1997) y Vicente Paz, (1999).

¹³⁴ Vicente Paz (1999) *Una evaluación de la enseñanza de la Biología en la educación primaria*, (D.F.), Tesis (Maestría en Ciencias, Biología) UNAM, Facultad de Ciencias, México, p.82.

¹³⁵ Paz Ruiz, *op. cit.*, p.4.

La formación docente inicial deficiente de los maestros de educación primaria es documentada por Rosa Vera¹³⁶ quien encuentra que las disposiciones del plan y programas para la formación de maestros de educación primaria de 1972 no se respetaron como estaban marcadas, ya que los profesores de las normales en lugar de trabajar los contenidos disciplinarios y la didáctica del área, así como correlacionar los programas de la normal con los de la primaria, se concretaron a seleccionar y trabajar del programa los contenidos disciplinares acordes a su formación y experiencia, de manera que generalmente sólo abordaban 50% de los contenidos marcados y eliminaban los que se refieren a la didáctica del área, además de que no relacionaban lo que trabajan con los contenidos y libros de la primaria. Se puede decir que un maestro normalista tiene los elementos pedagógicos suficientes para enseñar, sabe enseñar, el problema sería si lo que enseña es de calidad o de actualidad, esta observación empírica nos lleva a intentar documentar de manera sistematizada la tesis de que los normalistas carecen de los elementos mínimos para el manejo del contenido evolución, a pesar de que son básicos.

Rosa Vera (1982) y Meza (1996), citados por Vicente Paz(1999), encuentran que la formación del docente en la normal y en los centros de actualización carecen del perfil curricular, del contexto adecuado y que su preparación real no los capacita para manejar el enfoque curricular oficial de las Ciencias Naturales dentro de su realidad frente a grupo. El paso inicial de este enfoque curricular es contar con maestros formados en áreas disciplinares específicas y con habilidades pedagógicas que les permitan entender al niño, situación que en la realidad no se da. En el mismo sentido, María Antonia Candela (1989) y Flores(1999) hacen notar la falta de capacidad técnica de los maestros frente a grupo, siendo ésta una causa del abandono recurrente de la temática de las Ciencias Naturales, convirtiendo esta materia en una de las más aburridas (por incomprensible) y la más sacrificable al momento de recortar sesiones, la causa es según Fedro Guillén (1994) la carencia de una actitud científica de los docentes de escuela elemental.¹³⁷

En lo que respecta a la preparación que tienen los maestros de primaria para trabajar, en específico, el contenido evolución, Vicente Paz y colaboradores (2001a) realizaron un estudio con 20 maestros de sexto de primaria y 86 alumnos, así como con 4 maestros de secundaria y 150 alumnos de secundaria en el les cuestionó sobre conceptos de evolución, desde un punto de vista descriptivo, explicativo y ejemplificativo. Los resultados obtenidos por los docentes de primaria nos dicen que los maestros tienen deficiencias en los conceptos elementales de evolución, sus valores son muy inferiores a los de maestros de secundaria (0.83 vs. 0.46) y también a los de alumnos de secundaria (0.64 vs 0.46). Los alumnos de primaria tienen una fijación conceptual de 0.38%. La formación de los maestros de primaria les impide una conceptualización mínima

¹³⁶ Rosa Vera(1982). "La enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación normal", *Educación*, 42, CONALTE, México, pp. 141- 166.

¹³⁷ Citados por Paz Ruiz, *op. cit.*, p.18.

de dicha temática, imperando en su discurso el saber cotidiano, de tipo "lamarckiano" y determinista lo que habla que dentro de la formación docente inicial es indispensable la formación disciplinar.¹³⁸ En sus más recientes investigaciones Paz (Paz y Martínez, 2003; Paz, 2004) documenta:

" Desde el punto de vista de análisis del discurso, se notó que los maestros tienen tres enfoques predominantes en su forma de comprender la evolución biológica siendo estos:

Ontogénico: se refiere a centrar sus explicaciones sobre los cambios que se presentan en un ciclo de vida y no en un linaje.

Teleológico o determinista: Se refiere a citar los cambios evolutivos como tendencias naturales de las especies rumbo al logro de la perfección.

Antropocéntrico: Está ligado al anterior, como el cambio es intencional en busca de la perfección, todas las especies tienden a la perfección del hombre.

El maestro al igual que el alumno presenta evidencias de los obstáculos a los que se enfrenta para construir conceptos complejos, si bien no son los mismos que hemos documentado en los niños, si son análogos."

Intervención didáctica adecuada

En educación primaria el enfoque actual de los programas de Ciencias Naturales no tiene el propósito de educar al niño en el terreno de manera formal y descriptiva, sino estimular su capacidad de observar y preguntar, así como plantearse explicaciones sencillas de lo que ocurre en su entorno, de ahí que la enseñanza de los contenidos científicos será gradual, a través de nociones iniciales y aproximativas y no de los conceptos complejos, en un momento en el que éstos rebasan el nivel de comprensión de los niños.¹³⁹ En lo que respecta al contenido de evolución, respetando el enfoque, reitero la pertinencia de fomentar que el alumno construya por acercamientos sucesivos conceptos complejos sin descalificar, ante la ausencia de lenguajes formales o explicaciones complejas, sus acercamientos los que nos indicarán qué puntos hay que abordar con mayor preparación y constancia.

Asimismo, Campos y colaboradores(1999) afirman que el tema evolución puede ser aprendido por los alumnos de sexto grado, siempre y cuando se establezca el nivel de profundidad conveniente para tratarlo, sin perder su significado explicativo y heurístico, y se les permita a los escolares apreciar lo valioso de tener una razón que explique los procesos mediante los cuales se ha llegado a tener la variedad actual de organismos. Ellos sugieren dar atención muy cuidadosa a la organización conceptual que se presenta en clase, las fases de su presentación, partiendo de ideas básicas que tienen los escolares, separando los conceptos fundamentales y los subordinados, relacionar los primeros entre sí y luego éstos con las demás, de manera que se activen habilidades analíticas e

¹³⁸ Paz Ruiz, *et al*, " Algunos aspectos sobre la pertinencia...", p. 33.

¹³⁹ SEP(1993). *Plan de Estudios de Educación Básica. Primaria.1993*, México, CONALITEG, p.71.

inferenciales de los estudiantes. Concluyen en que por ser tan abstractas las categorizaciones es necesario ofrecerlas en un contexto de aprendizaje activo agradable, experiencial y de trabajo grupal, que garantice una adecuada comprensión.

Al respecto hay propuestas y experiencias educativas concretas como las de Fedro Guillén (1995, 1996); María del Carmen Sánchez(2000); Vicente Paz, María de la Luz Martínez y Patricia Rosas (2001b) y María de la Luz Martínez Hernández y Vicente Paz (2002) que muestran como abordar su enseñanza.¹⁴⁰

¹⁴⁰ Fedro Guillén (1995) "Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria: algunas sugerencias", en: *Ciencia*, Vol. 46, No. 2; Fedro Guillén (1996). "¿ Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución" ; Ma. del Carmen Sánchez(2000). **La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes**; Vicente Paz, María de la Luz Martínez y Patricia Rosas (2001b) " El uso del MASEC (Método de acercamientos sucesivos por estrategia cíclica) como una alternativa viable para el aprendizaje de temas complejos en la educación básica, un caso, el tema de la evolución en la educación secundaria", en *Xictli*, No. 44 y María de la Luz Martínez y Vicente Paz (2002). " Una estrategia para la construcción social del conocimiento; un caso, la enseñanza de la Biología en Secundaria ", *Xictli* , No. 45 -47.

CAPÍTULO 3

LÍNEAS DE ACCIÓN PARA FORTALECER LA FORMACIÓN DISCIPLINAR Y PEDAGÓGICA DE LOS NORMALISTAS

En este capítulo se establecen algunas líneas de acción tendientes a garantizar la mejora en la formación disciplinar y pedagógica de los estudiantes de licenciatura en educación primaria que posibilite un trabajo constructivo en la escuela primaria. La investigación en didáctica de las ciencias ha demostrado que las insuficiencias de la preparación del profesor en los contenidos de la materia a enseñar es una primera dificultad que puede limitar gravemente el potencial innovador de cualquier profesor. Los resultados obtenidos en el trabajo de campo, así como los reportados en la literatura y lo revisado en el capítulo primero aportan elementos para afirmar que es indispensable que los estudiantes normalistas elaboren estructuras o sistemas conceptuales acerca del contenido evolución en los que se aproximen a la estructura conceptual que predomina en la comunidad científica actual, a la vez que aprendan a planificar la forma de trabajarlo con alumnos de educación primaria.

No obstante lo anterior, en los programas actuales de la asignatura Ciencias Naturales y su Enseñanza I y II que cursan los normalistas en la actualidad se parte del supuesto de que :

" Los estudiantes cursaron varias asignaturas de ciencias a lo largo de su enseñanza básica y media, y debe suponerse, en principio, que poseen los elementos indispensables para manejar los contenidos científicos de la primaria. Sin embargo, con frecuencia se encontrará que los alumnos, porque los han olvidado o porque hubo deficiencias en su formación previa, presentan lagunas de conocimiento o comprensión de temas importantes. En esos casos lo más práctico es que el maestro oriente a cada estudiante para que se remita a la bibliografía complementaria que existe en la biblioteca, de manera que sólo en los casos de debilidades comunes en cuestiones centrales el maestro deba profundizar en el tema de la disciplina que corresponda"¹⁴¹ (El énfasis es mío).

Y, aunque el Plan de estudios 1997. Licenciatura en Educación Primaria contempla acciones concretas para que los estudiantes dominen los contenidos disciplinares básicos, no obstante no garantiza que al egresar realmente lo hagan. Al realizar un análisis del diseño curricular en lo que se refiere a bloques y propósitos, se observa que **no garantizan** que los estudiantes normalistas cuenten con el dominio básico de los contenidos disciplinares. A sabiendas de que este aspecto es esencial para garantizar un mejor trabajo pedagógico- docente ya que el niño construye su concepción de mundo, permeada fuertemente por los saberes del maestro. Una situación registrada con regularidad es la

¹⁴¹ SEP(2002). Ciencias Naturales y su enseñanza I y II. Programas y materiales de apoyo para el estudio, Licenciatura en Educación Primaria 4o. y 5º semestres, México, CONALITEG, p.11.

conceptualización incompleta de los propios profesores. (Guillén, 1996; Campos, *et al*, 1999 ; Paz, *et al.*, 2001a).

Se continúa construyendo la espiral viciada, misma que intentó romper el actual plan y los programas, que vislumbra Paz, *et al.*, (2001a) cuando documentan que existe una estrecha relación entre las concepciones que tienen los maestros acerca de este tema y las de sus respectivos alumnos. Asimismo, los maestros de primaria por su formación básica carecen de una conceptualización mínima de esta temática, predominando en su discurso el saber cotidiano, de tipo lamarckiano y determinista. Que los futuros licenciados en educación primaria no cuenten con el dominio de los contenidos disciplinares es preocupante, más cuando en diversas investigaciones (Vera, 1982; Candela, 1989; Meza, 1996; Flores, 1997 y Paz, 1999) se ha documentado la calidad de trabajo docente que desarrollan los egresados de otros planes de estudio.

La declaración metodológica de que los estudiantes normalistas para educación primaria deben lograr el **dominio de los contenidos** científicos de primaria de manera integrada con la capacidad para enseñarlos y orientar su apropiación por parte de los niños es acertada y actual. **Lo riesgoso es dar por hecho el supuesto de que como los normalistas cursaron primaria, secundaria y bachillerato ya tienen dominio de los contenidos por enseñar en la escuela primaria o que ellos ya poseen en principio los elementos indispensables para manejar los contenidos científicos de la primaria.** Cimentar el trabajo en este supuesto es hacerlo en una base teórico conceptual endeble o frágil de ahí que la intervención didáctica que se diseñe sea estéril.

Los actuales programas de Ciencias Naturales y su Enseñanza I y II que cursan los normalistas requieren una reestructuración curricular. Habría que pensar en diseños que permitan que los estudiantes consoliden sus conocimientos sobre los contenidos básicos de la disciplina a la vez que aprendan las formas de enseñanza que propician la construcción de aprendizajes permanentes y con significado en la escuela primaria.

Propuestas de diseños

Los diseños curriculares que se sugieren tomarían en cuenta la propuesta de formación docente integral elaborada por Álvarez(2001), con las adecuaciones pertinentes, y tendrían como base la Teoría Pedagógica y Propuesta Didáctica Centrada en Contenidos(TP y PDCC). Se organizarían en torno a contenidos disciplinares temáticos nucleares para garantizar que los normalistas cuenten con la formación inicial establecida en el perfil de egreso. Asimismo se consideraría el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad(CTS) y las aportaciones de la historia y la epistemología de la ciencia, ya que el enfoque histórico en la enseñanza de la ciencia favorecería en los estudiantes una visión más adecuada sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico y por ende una valoración justa de los retos que tienen como facilitadores de la reconstrucción de concepciones previas de sus alumnos.

Los diseños podrían ser de índole complementaria o bien alternativa . Los diseños complementarios serían seminarios, cursillos, talleres o módulos en los que se abordarían tópicos o temas selectos de Biología y su enseñanza, Física y su enseñanza y Química y su enseñanza.

Propuesta alternativa de diseño curricular

El diseño curricular alternativo para el estudio de las Ciencias Naturales y su Enseñanza I y II tendría un doble propósito: que los estudiantes amplíen y consoliden sus aprendizajes sobre los contenidos básicos de la disciplina y que aprendan las formas de enseñanza que propician la construcción de aprendizajes permanentes y con significado en la escuela primaria. El Plan de Estudios para la Licenciatura en Educación Primaria 1997 destinaría dos cursos de Ciencias Naturales y su Enseñanza con una carga horaria de 6 horas /semana por semestre. Cada curso se organizaría en cuatro bloques temáticos como se describe a continuación:

Ciencias Naturales y su Enseñanza I

Bloque I. La ciencia en la escuela primaria

Bloque II. El desarrollo cognitivo y valoral de los niños y su forma de percepción y explicación del mundo natural.

Bloque III. Estrategias de enseñanza : la investigación

Bloque IV. Seres Vivos

Ciencias Naturales y su Enseñanza II

Bloque I. El cuerpo humano y la salud

Bloque II. El ambiente y su protección

Bloque III. Materia, energía y cambio

Bloque IV. Ciencia, tecnología y sociedad

En el Bloque IV del 1er. semestre se abordarían los contenidos de índole biológica. Para ello habría que precisar la estructura conceptual a trabajar y por ende la estructura metodológica de base y la estructura metodológica. El concepto central sería evolución biológica.

Estructura y contenido

En la mayoría de bloques habría dos tipos de contenidos: los que tienen como propósito la formación en ciencias naturales del futuro profesor y aquellos en los

que se reflexiona sobre la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias naturales en la escuela primaria. Al estudiar los contenidos y al realizar las actividades que se proponen, es necesario que el profesor y los estudiantes eviten un fenómeno muy común, conocido como *permeabilidad didáctica*, que consiste en transferir a los alumnos de primaria información o actividades que son exclusivamente para la formación del maestro (términos formales, términos de didáctica o algunos problemas).

Formas de trabajo

En cualquiera de los diseños propuestos (complementario o alternativo), los estudiantes normalistas aprenderían con base en diversas estrategias de corte constructivista que posibilitan el aprendizaje significativo como lo son las propuestas por : Driver, R. Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989); Pozo J. I.(1989); García, J. y García, F. (1989); Osborne , R. y Freyberg, P (1991); la SEP (1992); Flores, F., López, A. y Gallegos, L.(2001). Estrategias que luego desarrollarían en alumnos de primaria, haciendo las adecuaciones metodológicas pertinentes. Y, en específico para trabajar el contenido de evolución se consideraría la propuesta de lineamientos de Valladares, L.(2002) y las estrategias sugeridas por Jiménez, M. P.(1991); Campos, M.A., Sánchez C. A., Gaspar, S.(1999); Sánchez, Ma. del C.(2000) y Paz, V., Martínez, M. de la L. y Rosas, P.(2001b).

Liliana Valladares(2002) realizó su trabajo de tesis de licenciatura basándose en el modelo que Michelene T.H.Chi (1992) propone para el aprendizaje de conceptos físicos basado en el cambio conceptual. Para Chi el cambio conceptual consiste en el cambio de estatus categorial de un concepto, el cual puede ocurrir " dentro " y " entre" categorías ontológicas. El cambio conceptual dentro de una categoría es un cambio simple, en tanto que el que se da entre categorías ontológicas es un cambio radical. Para el caso de la evolución histórica de las ideas científicas sobre evolución biológica, según Valladares (2002) , hay dos categorías implicadas, la creacionista y la evolutiva." Dentro" y " entre" las cuales tuvieron lugar los cambios conceptuales que llevaron a la construcción de las ideas actuales. Estas categorías ontológicas tomadas de la historia tienen su contraparte en las concepciones previas de estudiantes de diversas escolaridades y nacionalidades. Al analizarlas se encuentra entre éstas un paralelismo consistente en que los cambios conceptuales ocurridos en la evolución histórica de las teorías sobre evolución de los seres vivos, pueden ocurrir también en los estudiantes durante su proceso de construcción de las ideas científicas actuales. Valladares sugiere seguir una serie de lineamientos sobre lo epistemológico y sobre lo conceptual para que a partir de ellos se diseñen estrategias didácticas que posibiliten cambios conceptuales en los estudiantes en relación con origen de la vida, que se retomarían con sus adecuaciones para evolución biológica.

Una de las estrategias didácticas a probar sería el MASEC (Método de Acercamientos Sucesivos por Estrategia Cíclica) que de acuerdo con sus autores permite al maestro tomar en cuenta los conocimientos previos del alumno (diagnóstico) ; analizar el currículum para la ubicación de núcleos conceptuales

(integración del docente, realizar la planificación de la clase), partir del interés del alumno (significancia), la formación de equipos de trabajo (agrupación), investigación del tema y discusión en equipo (aprendizaje grupal), discusión y exposición con los demás grupos (socialización) y síntesis de los puntos concordantes del grupo (integración del alumno). Reinicio de la temática a partir de otro problema, abrir y cerrar bucles dentro de una espiral de aprendizaje *ad infinitum*. En las fases de diagnóstico y de integración del alumno del MASEC se podría aplicar el MAP (Modelo de Análisis Proposicional) para explorar la organización conceptual del conocimiento que tienen los alumnos en relación con un contenido conceptual.

Líneas de investigación que se proponen:

Con base en el desarrollo de los diferentes formatos académicos, se podrían perfilar diferentes líneas de investigación como lo son:

- Estudiar el desarrollo histórico de las ideas científicas sobre evolución biológica y su relación con el cambio conceptual de las concepciones previas de los estudiantes de bachillerato y de licenciatura (entre ellos los normalistas) que permitan perfilar lineamientos básicos a seguir para diseñar estrategias didácticas que posibiliten cambios conceptuales, preferentemente radicales, en los estudiantes .
- Seguimiento y evaluación de los diseños curriculares complementarios y del alternativo que se lleguen a instrumentar.
- Hacer un estudio comparativo de diferentes tratamientos metodológicos en el aprendizaje del contenido evolución por parte de los normalistas, así como de la aplicación de diferentes estrategias didácticas en el aprendizaje de los escolares de primaria.
- Elaboración de recursos didácticos para trabajar constructivamente el contenido evolución con estudiantes normalistas y de primaria.

CAPÍTULO 4.

CONSIDERACIONES FINALES

Esta tesis obedece a la finalidad general de mejorar la enseñanza de las ciencias con base en un proyecto de educación integral de los alumnos de las diversas escolaridades, mediante una enseñanza más adecuada de la Biología que garantice que ellos desarrollen, a partir de trabajar contenidos biológicos, facultades, aptitudes y actitudes y por ende una conciencia ecológica y social plasmada en un actuar interdependiente con el entorno natural y social reflejado en una mejor calidad de vida.

La finalidad particular fue fortalecer la enseñanza de la teoría de la evolución de la vida desde educación básica ya que constituye una concepción trascendente para los individuos porque les permite formarse una visión científica, crítica y dinámica del mundo. Para asegurarlo se planteó la tarea de indagar el tipo de conceptualizaciones que, en torno a la evolución, muestran estudiantes normalistas del último semestre de la licenciatura, y pretende dar una respuesta a la pregunta central ¿Cuáles son las concepciones acerca de evolución biológica de los futuros licenciados en educación primaria?

Para la solución de la interrogante anterior, una de las acciones realizadas fue la descripción del desarrollo histórico de las ideas sobre evolución de los seres vivos, que las comunidades científicas han sostenido en momentos específicos de la historia de la humanidad, ideas que constituyen los referentes disciplinares que orientan el análisis de las concepciones previas de los estudiantes, abordadas en el inciso 1.1

Las principales consideraciones, que se obtuvieron son:

- El problema de la evolución de la vida se fue construyendo a fines del Siglo XVIII, gracias a la ruptura y superación de las formas de vida y de la visión del mundo feudal-cristiano y al florecimiento de las ciencias. Hechos como el conocimiento de la gran diversidad de flora y fauna en el planeta, descubrimientos de fósiles en diferentes estratos y diversas pruebas fueron entre otros factores el caldo de cultivo para la generación de **ideas evolucionistas**. Previo a estas ideas prevaleció un pensamiento no evolucionista sintetizado en dos linajes: creacionista-fijista y generación espontánea. Linajes que en la actualidad coexisten con el evolucionista.
- Los procesos de transformación conceptual que se observan en los diferentes momentos históricos sugieren el tipo de cambio conceptual que pueden realizar los estudiantes, y revelan además la naturaleza distinta que los caracteriza, puesto que cada cambio incide de manera diferente uno de otro, en la evolución histórica de las ideas científicas.

- Los momentos de dificultad en la construcción de una nueva teoría científica coincide con las dificultades que tienen los estudiantes en su aprendizaje

El primero de los objetivos de esta investigación "*Identificar las concepciones alternativas sobre el tema evolución biológica que tienen estudiantes de licenciatura en educación primaria (normalistas)*" constituyó el eje central de la tesis, lo desarrollé en forma global a lo largo de este trabajo e hice énfasis en el punto 2.2 en el cual se hace una revisión minuciosa de las ideas de estudiantes normalistas que cursan el último semestre de la licenciatura en educación primaria y que están por egresar al campo laboral, la escuela primaria.

Las consideraciones centrales de este aspecto de la investigación las sintetizo en los puntos siguientes:

- La información generada confirma la existencia de algunas de las ideas alternativas sobre evolución reportadas en la literatura.
- Los resultados muestran la comprensión que tienen acerca del origen de la variación, la adaptación diferencial y el pensamiento poblacional
- Muchas veces los estudiantes hacen equivalente la variación generada por necesidad, con el proceso de adaptación, piensan que las características que presentan los individuos son necesarias para su sobrevivencia .
- Los temas más relacionados con situaciones cotidianas tienden a ser descritos con una repetición de patrones ingenuos de pensamiento. El aprendizaje que ha habido acerca de la evolución ha tenido una influencia muy débil en la formación de una cultura evolutiva, o bien, las concepciones alternativas están demasiado arraigadas en la mente del estudiante
- Los estudiantes tienen dificultad para manejar los conceptos de variación, de su origen y de la evolución como proporciones cambiantes de individuos con caracteres discretos, siendo el concepto de variación el que mejor manejan.
- El concepto que hay que revisar con mayor cuidado es el de evolución como proporciones cambiantes de individuos con caracteres discretos. Tienen dificultad para comprender que tales cambios no se dan en la población como un todo, creen que con el tiempo y en un solo proceso, el ambiente hace que las características de las especies cambien.
- En ciertos contextos el conocimiento cotidiano de los estudiantes les es más predictivo que el científico, o quizás más eficaz, ya que aparentemente les conduce a los mismos resultados, pero con menor costo cognitivo.

- Las ideas previas suelen constituir verdaderas teorías con fuerte contenido cultural y , como en el caso de la teoría de la evolución, al ser socialmente compartidas, entraña gran complejidad reestructurarlas por completo.
- Los datos que se reportan constituyen una primera aproximación al estudio de las ideas evolutivas de estudiantes normalistas de la BENM.
- Se ve la necesidad de realizar estudios más profundos sobre esta situación; así como probar enfoques teórico-metodológicos que posibiliten cambios conceptuales simples o radicales respecto al contenido evolución .

En relación con el segundo objetivo de “ *Establecer una relación entre las teorías sobre evolución de la vida encontradas en otros estudiantes y los saberes previos de los normalistas*”, se hace una comparación con las presentes en estudiantes de otras escolaridades así como en las documentadas.

Respecto a lo cual considero que:

- El conocimiento general que tienen los estudiantes normalistas en relación con la evolución está entre los valores que obtienen jóvenes de secundaria y bachillerato, dichos valores están dentro de los resultados esperados, no hay cambio alguno en las concepciones que elaboraron hasta su formación en bachillerato, porque no han recibido alguna intervención pedagógica relacionada con esta temática dentro de su vida académica en la BENM porque el plan de estudios que cursan no lo determina así.

En lo que respecta al tercer objetivo de “ *Argumentar que el tema de evolución biológica es apropiado para enseñarse en educación primaria si hay una formación docente adecuada.*”

Las consideraciones a las que llegué son:

- La teoría sintética de la evolución de los seres vivos, de acuerdo con la investigación documental realizada, es muy compleja para enseñarse en educación primaria, es un contenido abstracto que relaciona cambios ambientales y de los organismos mediante mecanismos genéticos su aprendizaje implica superar retos como son : fijación en experiencias concretas, la generalización, el escaso manejo de tiempo geológico y la falta de pertinencia verbal(lenguaje compartido), por lo mismo no hay que plantearse como un propósito a lograr en educación básica.
- Los estudiantes de las diferentes escolaridades elaboran explicaciones cada vez más cercanas a las planteadas por la ciencia para comprender la variabilidad en las especies y su diversidad, de ahí que su aprendizaje es facilitado por el maestro cuando tiene una mejor formación disciplinar y pedagógico- didáctica. Por lo mismo es tarea del maestro garantizar que

desarrollen, desde los primeros grados escolares, las nociones de cambio y variedad o variabilidad en los seres vivos y la de tiempo.

- Una formación docente adecuada que garantice el conocimiento del contenido evolución biológica (desde un enfoque histórico-epistemológico), del desarrollo cognitivo, de los saberes previos de los educandos y de estrategias para hacer más eficiente la práctica docente en la que se respete la construcción gradual de los conceptos en el niño es la clave para posibilitar el aprendizaje significativo de este tema.

Y, en relación con el último objetivo de *"Perfilar líneas de acción tendientes a mejorar la formación disciplinar y pedagógica de los normalistas que garantice un trabajo constructivo en la escuela primaria"*

Considero que :

- El quehacer docente implica que el estudiante de licenciatura en educación primaria se haya apropiado del contenido evolución biológica con el propósito de enseñarlo constructivamente, lo cual conlleva que construya su aprendizaje desde una perspectiva histórico-epistemológica la cual le permita conocer los retos epistemológicos que se fueron superando hasta llegar a la conceptualización científica predominante en la actualidad, así como que conozca los retos ontológicos que implica su construcción, para posteriormente vislumbrar los retos cognitivos que van a tener los alumnos de primaria al enfrentarlo y perfilar las estrategias y medios didácticos que emplearán para enseñarlo.
- Los programas de licenciatura en educación primaria respecto a Ciencias Naturales (Biología) y su enseñanza I y II plantean en el discurso la importancia de que los normalistas tengan un amplio dominio disciplinar o científico para aunarlo con una adecuada forma de enseñarlo, sin embargo lo que realmente prevalece es el enfoque didáctico y se descuida o da por hecho que tienen el conocimiento de lo que van a enseñar, plantea acciones remediadoras colaterales ante la falta de dominio de algún contenido disciplinar específico, que resultan insuficientes.
- Los actuales programas de Ciencias Naturales y su Enseñanza de licenciatura en educación primaria requieren una reestructuración curricular. Habría que pensar en diseños que permitan que los estudiantes consoliden sus conocimientos sobre los contenidos básicos de la disciplina a la vez que aprendan las formas de enseñanza que propician la construcción de aprendizajes permanentes y con significado en la escuela primaria.
- En los nuevos diseños se tomaría en cuenta la propuesta de formación docente integral, realizando las adecuaciones pertinentes y tendrían como base la Teoría Pedagógica y Propuesta Didáctica Centrada en Contenidos (TPy PDCC), por lo mismo se organizarían en torno a

contenidos disciplinares temáticos nucleares para garantizar que los normalistas cuenten con la formación inicial establecida en el perfil de egreso de esta licenciatura.

- Se consideraría el enfoque CTS y las aportaciones de la historia y la epistemología de la ciencia, para favorecer en los estudiantes una visión más adecuada sobre la naturaleza de la ciencia y del conocimiento científico por ende tendrían una valoración justa de los retos que tienen como facilitadores de la reconstrucción de concepciones previas de sus alumnos.

La tesis es parte de un proyecto de investigación que tiene como propósito central fortalecer la formación docente inicial y permanente de los maestros de educación primaria en el ámbito de las Ciencias Naturales, formación que les prepare para tomar como objeto de estudio su práctica docente y para facilitar que los alumnos de primaria elaboren aprendizajes significativos y con sentido para su vida.

REFERENCIAS

- Álvarez, Eréndira (2001). **Propuesta integral de formación docente para las Ciencias Biológicas del bachillerato de la UNAM**, México, Tesis(Maestría en Ciencias, Enseñanza e Historia de la Biología), Fac. de Ciencias, UNAM.
- Ayala, Francisco (1998). " El progreso científico", en S. Martínez y A. Barahona (eds). **Historia y explicación en biología**, México, FCE, pp.139 – 154.
- Bachelard, Gastón (2000). **La formación del espíritu científico**, México, Siglo XXI.
- Barahona, Ana (1998).)." La idea de progreso en biología", en S. Martínez y A. Barahona (eds). **Historia y explicación en biología**, México, FCE, México, FCE, pp.125 – 138.
- _____ y Martínez, Sergio (1998).)." Teleología y biología", en S. Martínez y A. Barahona (eds). **Historia y explicación en biología**, México, FCE, pp.419 – 430.
- Campanario, J. M. y Otero, José. (2000). "Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias", **Enseñanza de las Ciencias**, 18 (2), pp. 155 – 169.
- Campos, Miguel Angel (1989). " La estructura didáctica", en A. Furlán *et al.* **Aportaciones a didáctica de la educación superior**, México, UNAM, ENEP- Iztacala, pp. 25 – 38.
- _____ y Gaspar, Sara (s.f.)." La estructura didáctica. Análisis de la interacción en el aula." _____ (1996a). "Las condiciones inmediatas de la construcción del conocimiento: un esquema para el análisis de la interacción en el aula ", en: M. A. Campos y R. Ruiz, eds. **Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias**, México, IIMAS, UNAM, pp.27 a 50.
- _____ (1996b). "El modelo de análisis proposicional: un método para el estudio de la organización lógico – conceptual del conocimiento ", en: M. A. Campos y R. Ruiz, eds. **Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias**, México, IIMAS, UNAM, pp.51 a 92.
- Campos, Miguel Angel, Sánchez Clara Adriana, Gaspar, Sara y Paz, Vicente(1999). " La organización conceptual de alumnos de sexto grado de educación básica acerca del concepto de evolución", **Revista Intercontinental de Psicología y Educación**, vol. 1, Nos.1 y 2, pp.39 – 55.
- Candela, María Antonia(1989). " Los libros de texto gratuitos de ciencias naturales y la investigación en la enseñanza de las ciencias", **Avance y Perspectivas**, No. 37, enero-marzo, CINVESTAV-IPN, México, pp. 5 a 13.
- Carey, S. (1985). **Conceptual change in childhood**. Cambridge, Ma.: MIT Press.
- Carretero, Mario (1997). **Construir y enseñar. Las Ciencias Experimentales**, Argentina, Aique.
- Chi, Michelene(1992). " Conceptual change within and across ontological categories: examples from learning and discovery in science", en R. Glaser(ed). **Cognitive models of science, Minnesota Studies in the Philosophy of Science**, Volume XV, University of Minnesota Press, pp. 129 – 186.
- _____ ; Slotta, James y Leeuw, Nicholas (1994). "From things to processes: a theory of conceptual change for Learning science concepts", **Learning and Instruction**, 4, pp. 27 - 43.
- Darwin, Charles (1979). **El origen de las especies por medio de la selección natural**, Tr. Santiago A. Ferrari(hijo), México, Diana.
- Demastes, S.S., Good, R. G. & Peebles, P.(1996). " Patterns of conceptual change in evolution", **Journal of Research in Science Teaching**, 33(4), pp. 407- 431.

- Driver, Rosalind, Guesne, Edith y Tiberghien, André(1989). **Ideas científicas en la infancia y la adolescencia**, España, Morata.
- _____, Squires, Ann, Rushworth, Peter y Wood-Robinson, Valerie(2000). **Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños**, México, SEP-Visor (Biblioteca de actualización del maestro).
- Durand, Leticia(1999). "La evolución", en **La enseñanza de la Biología en la escuela secundaria. Lecturas**, México, SEP-PRONAP, CONALITEG, pp.122 – 130.
- Flores, María del Carmen(1997). "Los docentes y la enseñanza de las Ciencias Naturales", **Cero en Conducta**, No.4, pp. 75 a 80.
- Flores, R. B.(1999). **La enseñanza de la Biología en el sexto grado de educación primaria.(El concepto de evolución)**. Tesis licenciatura UPN- 094, México.
- Flores, Fernando, López, Angel y Gallegos, Leticia(2001). "Elementos y parámetros de organización de las ideas previas", en: 2048.
- Furió, Carles(1994). "Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias "; **Enseñanza de las Ciencias**, 12(2), pp.188 – 199.
- Gallegos, Leticia(1998). **Formación de conceptos y su relación con la enseñanza de la física**, Tesis Maestría en Enseñanza Superior, Fac. de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- García, Julieta Valentina y Lastiri, María Alejandra(1998). "Propuesta didáctica centrada en contenidos: Fundamentos y recursos", en J. V. García, compil. **Conceptos fundamentales del currículo, didáctica y evaluación para ciencias políticas y sociales**, México, UNAM, Sistema Universidad Abierta, pp.183 a 225.
- _____, *et al.*(2002). "Los docentes y sus estructuras conceptuales ", **Ponencia Va. Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales**, 25 a 27 de octubre, Morelia, Michoacán.
- García, Rolando (1982). "El desarrollo del sistema cognitivo y la enseñanza de las ciencias", **Educación**, No. 42, **Revista del Consejo Nacional Técnico de la Educación**, México, pp. 33 a 57.
- García, José . y García, Francisco.(1989) **Aprender investigando. Una propuesta metodológica basada en la investigación**. Sevilla: Diada. pp. 10 a 18 y 28 a 53.
- Gené, A. (1991). "Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos .Un ejemplo concreto ", en: **Enseñanza de las Ciencias**, Vol.9(,3), pp. 22 a 27.
- Guillén, Fedro (1995). "Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria: algunas sugerencias", en: **Ciencia**, Vol. 46, No. 2 .
- _____(1996). "¿ Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución ?", en: M. A. Campos y R. Ruiz, eds. **Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias**, México, IIMAS, UNAM, pp. 181 a 207.
- _____(1997). **Construcción de un modelo de enseñanza para biología**, México, Tesis (Doctorado en Ciencias, Biología), Facultad de Ciencias, UNAM .
- Hernández, María Elena(1994). **El papel del conocimiento previo y la legibilidad del libro de texto en el aprendizaje de la teoría sintética de la evolución en la escuela secundaria**, México, Tesis(Maestría en Ciencias, Biología), Facultad de Ciencias, UNAM.
- Hernández, María Cristina(1996). "La enseñanza de la historia del evolucionismo: un estudio de caso ", en: M. A. Campos y R. Ruiz, eds. **Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias**, México, IIMAS, UNAM, pp. 159 a 180.
- Hernández, María Cristina(2002). **La historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural**, México, Tesis(Doctorado en Ciencias, Biología), Facultad de Ciencias, UNAM.

- Jiménez, Alexandree. María del Pilar(1991). " Cambiando las ideas sobre el cambio biológico ", **Enseñanza de las Ciencias**, Vol. 9(.3) , pp. 248 a 256.
- Lincoln, R. J. (1996).**Diccionario de ecología , evolución y taxonomía**, México, F.C.E.
- Lamarck, Jean Baptiste (1809). **Filosofía zoológica**, México.
- López, Ángel, coordinador (2003).**Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos; procesos de enseñanza y aprendizaje** , Tomo I, México, COMIE, - SEP- CESU, pp.460 a 461.
- Martínez María de la Luz y Paz, Vicente (2002)." Una estrategia para la construcción social del conocimiento; un caso, la enseñanza de la Biología en Secundaria ", **Xictli** , No. 45 – 47, enero- septiembre.
- Martínez, Sergio (1998a). " La síntesis de los conceptos de evolución y mecanismos en las explicaciones por selección natural", en S. Martínez y A. Barahona(eds). **Historia y explicación en biología**, México, FCE, pp.301 – 319.
- _____ (1998b). " Sobre los conceptos de progreso y evolución en el siglo XIX", en S. Martínez y A. Barahona(eds). **Historia y explicación en biología**, México, FCE, pp.155 – 167.
- Martínez, Sergio y Barahona, Ana, eds.(1998). **Historia y explicación en biología**, México, FCE .
- Mayr, Ernst (1987).**Algunas ideas sobre la historia de la síntesis evolutiva**, México, Fac. Ciencias, UNAM.
- _____ (2000). **Así es la biología**, México, CONALITEG, (*Biblioteca del Normalista de la SEP*)
- Mettler, Lawrence y Gregg, Thomas(1979). **Genética de las poblaciones y evolución**, México, UTEHA.
- Meza, A.(1996). " La formación permanente del maestro", en: **Xictli**, No. 24, pp. 12 a 14.
- Nersessian, N. (1989). "Conceptual change in science and in science education", **Synthese** 80, 163 - 183.
- _____ (1992)." How Do Scientist Think? Capturing the dynamics of conceptual change in science". En R. Giere (Ed.), **Cognitive Models of Science. Minnesota Studies in the Philosophy of Science**. Volume XV. (pp. 3-44) Minnesota E.U.A.: University of Minnesota Press.
- Olea, Adolfo(1987)." El origen de la vida: ¿ problema antiguo o reciente?", en Artis, M., Casanueva, M. y Chávez, N.(eds.). **Homenaje a Oparin**, México, UAM-I, pp. 221 – 247.
- Osborne, Roger y Freyberg, Peter(1991). **El aprendizaje de las Ciencias. Implicaciones de la Ciencia de los alumnos**, Madrid, Narcea.
- Paz, Vicente (1998)" Aspectos mínimos a evaluar en la enseñanza de la Biología en la educación primaria", en **Ponencia presentada en la IIIa. Convención Nacional de Profesores de Ciencias Naturales**, Pachuca, Hidalgo, México.
- _____ (1999).**Una evaluación de la enseñanza de la Biología en la educación primaria, (D.F.)**.Tesis(Maestría en Ciencias, Biología) UNAM, Facultad de Ciencias, México.
- _____ (2001).La enseñanza de la evolución en la educación primaria como una evidencia de los obstáculos a los que se enfrenta el niño para construir conceptos complejos, en **Xictli**, No. 42.
- _____ (2004).Problemas principales que presenta la enseñanza del tema de la evolución del cambio biológico en la educación básica , en **Xictli**, No. 54.
- _____ y Martínez, María de la Luz (2003).Posibles efectos de la forma en que entiende el maestro de primaria la evolución biológica y la forma en que la aprenden sus alumnos , en **Xictli**, No. 52.

- _____, Martínez, María de la Luz y Rosas, Patricia(2001a)." Algunos aspectos sobre la pertinencia de manejar conceptos complejos en la educación primaria, un caso. La enseñanza de la evolución biológica", en: *Xictli*, año 11, No.41.
- _____(2001b) " El uso del MASEC (Método de acercamientos sucesivos por estrategia cíclica) como una alternativa viable para el aprendizaje de temas complejos en la educación básica, un caso, el tema de la evolución en la educación secundaria", en *Xictli*, No. 44.
- Piaget, Jean y García, Rolando (1982). **Psicogénesis e historia de la ciencia**, México, Siglo XXI Editores.
- Ponce de León, Jorge S. y Rosas, Patricia (1999). **La evolución biológica. Dificultades para su fijación en el sexto grado de educación Primaria**, México, Tesis(Licenciatura en Educación Primaria), UPN – 094.
- Pozo, Juan Ignacio(1989). **Teorías Cognitivas del aprendizaje.**, Madrid, . Morata.
- _____(2004)." Dos visiones, dos voces hacia un cambio educativo ", **Vla. Convención Nacional de profesores de Ciencias Naturales**, UPN-Oaxaca, México
- _____, Sanz, Angeles, Gómez, Miguel y Limón, Margarita(1991)." Las ideas de los alumnos sobre la ciencia una interpretación desde la psicología cognitiva ", **Enseñanza de las Ciencias**, 9(1), pp. 83 – 94.
- Remedi, Eduardo(1978)."Construcción de la estructura metodológica", en A. Furlán *et al.* **Aportaciones a la didáctica de la educación superior**, México, UNAM, ENEP- Iztacala, pp. 39 a 60.
- Ruiz, Rosaura (1988). " Especiación: teorías, modelos y polémicas", **Ciencias**, No. especial 2. **Evolución: teorías y controversias**, México, Fac. de Ciencias, pp. 44 a 54.
- Ruiz, Rosaura y Ayala, Francisco(1998). **El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo**, México, FCE.
- _____(1999)." El núcleo del darwinismo", en : T. F Glick, R. Ruiz, y M. A. Puig Samper (eds.).**El darwinismo en España e Iberoamérica**, México, UNAM, pp.299 a 323.
- _____(2002). **De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas**, México, Ediciones Científicas Universitaria, FCE, (*Serie Texto científico Universitario*).
- Sánchez, María del Carmen(2000). La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes, México, Tesis(Doctorado en Ciencias, Biología), Facultad de Ciencias, UNAM.
- Sarukhán, José (2003). **Las musas de Darwin**, 3ed, .México, SEP, FCE (Colección la Ciencia para todos, No. 70)
- SEP (1992). " Principios metodológicos básicos, en : **Guía para el maestro. Medio Ambiente. Educación Primaria**, México, CONALITEG, pp. 13 a 19.
- _____(1993).**Plan de Estudios de Educación Básica. Primaria.1993**, México, CONALITEG.
- _____(1997).**Licenciatura en Educación Primaria. Plan de estudios 1997**, México, CONALITEG.
- _____(2002). **Ciencias Naturales y su enseñanza I y II. Programas y materiales de apoyo para el estudio. Licenciatura en Educación Primaria 4o. y 5º semestres**, México, CONALITEG.
- _____(2003). **Hacia una política integral para la formación y el desarrollo profesional de los maestros de educación básica**, México, CONALITEG, (Cuadernos de discusión, No. 1).
- Stebbins, Greggor Ledyard(1978). **Procesos de la evolución orgánica**, Madrid, Ediciones del Castillo, PHI.

- Strike & Posner (1982). "Conceptual change and science teaching", **European Journal of Science Education**, 4(3): 231-246.
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations. **Learning and Instruction** 4, 71-87.
- Toledo, Victor M. y García, Aurea (1973). **Evolución**, México, ANUIES.
- Tortolero, A. (1999). **¿ Qué sabe el maestro de 6º. Grado sobre los contenidos de evolución en la educación Primaria**, México, Tesis(Licenciatura en Educación Primaria), UPN – 094.
- Valladares, Leticia (2002). **Evolución histórica de las ideas científicas sobre el origen de la vida y su relación con el cambio conceptual de las ideas previas de los estudiantes de bachillerato**, Tesis(Licenciatura en biología), Fac. de Ciencias, UNAM, México.
- Vera, Rosa (1982). " La enseñanza de las Ciencias Naturales en la educación Normal", en: **Educación**, 42, CONALTE, México, pp. 141- 166.
- Vollmer, Gerhard (1999). "Situación de la teoría de la evolución en la filosofía de la ciencia ", en: **Estudios en historia y filosofía de la Biología**, Vol. 2, México, Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales" Vicente Lombardo Toledano ", pp. 483 a 492.

ANEXO 1

Los cursos de Ciencias Naturales y su Enseñanza I y II dentro de Plan y Programas de Estudio de Licenciatura de Educación Primaria

Primer semestre	Segundo semestre	Tercer semestre	Cuarto semestre	Quinto semestre	Sexto semestre	Séptimo semestre	Octavo semestr
Bases Filosóficas, Legales y Organizativas del	La Educación en el Desarrollo Histórico de	La Educación en el Desarrollo Histórico de	Seminario de Temas Selectos de Historia de la	Seminario de Temas Selectos de Historia de la Pedagogía y la Educación II	Seminario de Temas Selectos de	Trabajo Docente I	Trabajo Docente II
Problemas y Políticas de la Educación Básica	Matemáticas y su Enseñanza I	Matemáticas y su Enseñanza II	Ciencias Naturales y su Enseñanza I	Ciencias Naturales y su Enseñanza II	Asignatura Regional II		
Propósitos y Contenidos de la Educación Primaria	Español y su Enseñanza I	Español y su Enseñanza II	Geografía y su Enseñanza I	Geografía y su Enseñanza II	Planeación de la Enseñanza y Evaluación del		
Desarrollo Infantil I			Historia y su Enseñanza I	Historia y su Enseñanza II	Gestión Escolar		
Estrategias para el Estudio y la Comunicación I	Desarrollo Infantil II	Necesidades Educativas Especiales	Educación Física II	Educación Física III	Educación Artística III		
	Estrategias Para el Estudio y La Comunicación II	Educación Física I	Asignatura Regional I	Formación Ética y Cívica en la Escuela Primaria I	Formación Ética y Cívica en la Escuela Primaria II		
Escuela y Contexto Social	Iniciación al Trabajo Escolar	Observación y Práctica Docente I	Observación y Práctica Docente II	Observación y Práctica Docente III	Observación y Práctica Docente IV		

ANEXO 2

El presente cuestionario forma parte de un proyecto de investigación sobre **EVOLUCIÓN**. Los resultados que se obtengan no tienen efecto en la evaluación de este curso, nos interesa únicamente conocer tu punto de vista sobre diversos temas. Te agradecemos que respondas en la hoja anexa las preguntas siguientes:

Parte A. Instrucciones:

De los tres números que se encuentran entre la frase de la izquierda y la de la derecha, elige el que creas que sea la mejor opción para completar la idea, de acuerdo con los siguientes criterios:

Escoge el 1 si sólo la frase de la izquierda es correcta.

Escoge el 2 si no sabes o no te acuerdas.

Escoge el 3 si sólo la frase de la derecha es correcta.

1. Los conejos primitivos de Siberia tenían pelo oscuro, actualmente esos conejos son blancos. Aunque la característica hereditaria de pelo blanco...

apareció en los conejos primitivos porque al vivir en la nieve necesitaban pelo blanco para confundirse con el ambiente nevado	apareció en los conejos primitivos como cambio casual
--	---

2. Las poblaciones ancestrales de osos polares tenían pelo oscuro. Pero...

en las poblaciones ancestrales de osos polares surgieron osos de pelo blanco por cambios o mutaciones. Estos osos blancos sobrevivieron en lugar de los de pelo oscuro.	como resultado de vivir en la nieve, el pelo de los osos polares cambió lentamente de oscuro a blanco
---	---

3. Si una población de conejos siberianos de pelo blanco fuera llevada a vivir en un lugar sin nieve...

los conejos desarrollarían poco a poco pelo oscuro para confundirse con el nuevo ambiente	algunos conejos morirían porque sería fácilmente encontrados por sus depredadores.
---	--

4. Ciertas poblaciones de salamandras que viven en cuevas son ciegas porque...

se adaptaron al ambiente oscuro de las cuevas	las salamandras con visión murieron sin dejar descendencia
---	--

5. ¿Cómo podría explicarse que cierta especie de salamandra que vive en cuevas sea ciega ?

Porque ciertas salamandras de la población, que tenía la característica de falta de visión, se reprodujeron exitosamente, hasta que aumentó su proporción en la población .	Como no utilizaban la vista las salamandras que vivían en las cuevas, heredaron a sus hijos la característica de una " menor habilidad" para ver, hasta que evolucionaron a salamandras ciegas.
---	---

6. Los osos polares actuales tienen pelo blanco porque...

en cada nueva generación, la mayoría de los osos heredaba el color de pelo de sus padres.

en cada nueva generación los osos van teniendo el pelo cada vez más claro que sus padres

B. Instrucciones:

En las preguntas siguientes encierra, en la hoja anexa, la letra que corresponda a la respuesta correcta.

1. Los chitas son animales capaces de correr a más de 100 km/ hr al perseguir a sus presas. ¿ De qué manera explicarías cómo surgió esa habilidad para correr tan rápido, si se supone que los ancestros de los chitas corrían tan sólo a 30 km/ hr ?

L) Las generaciones de chitas pudieron correr cada vez más rápido porque ejercitaban mucho sus patas.

T) Como sus presas eran muy veloces, los chitas corrieron cada vez más rápido.

O) Debido a que los chitas corrían cada vez más rápido, desarrollaron músculos mejores.

S) Algunos chitas que podían correr más rápido heredaron esta característica a sus hijos y fueron los que sobrevivieron.

N) Otra: _____

2. Un gran número de poblaciones de mosquitos son actualmente resistentes a insecticidas como el DDT. Sin embargo, cuando se empezó a usar el DDT, casi todos los mosquitos morían. Actualmente, muchas poblaciones de mosquitos resisten el DDT porque:

L) Los mosquitos fueron desarrollando poco a poco resistencia al DDT, heredándosela a sus hijos, los que a su vez fueron más resistentes al DDT que sus abuelos.

T) La naturaleza formó mosquitos que fueran resistentes al DDT.

O) Algunos mosquitos aprendieron a adaptarse al DDT

S) Algunos mosquitos eran resistentes al DDT antes de que éste se empezara a usar y heredaron a sus descendientes esta característica.

N) Otra: _____

C. Instrucciones:

Cada una de las preguntas siguientes contiene dos partes. En la primera parte encierra, en la hoja anexa, la opción que completa mejor la frase. Estas opciones están indicadas con los números 1 ó 2. En la segunda parte tendrás que seleccionar la razón por la que elegiste la respuesta de la primera parte. Es decir, encierra, en la hoja anexa, una de las tres opciones marcadas con las letras A, B, C, que explique mejor tu primera elección.

EJEMPLO:

Todas las plantas verdes:

1. Necesitan bióxido de carbono.

2. Requieren de suelo.

PORQUE:

A. Sin él no pueden respirar. _____

B. De él se nutren. _____

C. Es indispensable para la fotosíntesis

Explicación:

Necesitan bióxido de carbono es la respuesta correcta para la primera parte porque las plantas pueden crecer sin suelo.

En la segunda parte la respuesta correcta es que es indispensable para la fotosíntesis.

Por lo tanto, tendría que encerrar, en la hoja anexa, el 1 en la primera parte y la letra C en la segunda.

1. Los tiburones actuales pueden nadar a velocidades de 30 nudos. Supón que sus ancestros nadaban a velocidades menores. La habilidad de nadar más rápido probablemente se debió a que :

1. Surgió en los tiburones en poco tiempo
2. Hubo un aumento en el porcentaje de tiburones veloces

PORQUE:

- A. En un momento un cambio heredable fue seleccionado en algunos tiburones.
- B. Mientras los tiburones usaban más sus músculos, más veloces se volvieron y eran mejores cazadores.
- C. La necesidad de atrapar a sus presas, hizo que nadaran más rápido y las alcanzaran con mayor facilidad.

2. Ciertas aves de patas largas pueden alimentarse con mayor facilidad en zonas inundadas. Si se transportara una gran población de aves de patas cortas a una isla remota llena de lagos y pantanos :

1. Algunas aves vivirían y otras morirían.
2. Las aves desarrollarían poco a poco patas largas.

PORQUE:

- A. Las patas de todas las aves cambiarían lentamente hasta que ayudaran mejor a la alimentación.
- B. Las pocas aves que tuvieran patas largas sobrevivirían y se reproducirían.
- C. Las patas de cada ave cambiarían de la misma manera puesto que todas las aves están relacionadas entre sí.

3. Las focas que viven cerca del Polo tienen una capa de grasa bajo la piel. Sus ancestros pudieron haber tenido una capa de grasa menos gruesa que la actual. A través de los siglos, ocurrieron tales cambios en las focas, ya que :

1. La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa engrosara.
2. En cada generación más focas iban teniendo una capa de grasa gruesa .

PORQUE:

- A. Las focas querían adaptarse a su medio ambiente.
- B. Las crías heredaron de sus padres una capa más gruesa de grasa.
- C. Los pocos individuos que tenían una capa de grasa más gruesa, sobrevivieron y tuvieron crías.

4. Hace muchos años, la dispersión de plagas de langosta está controlada con el insecticida DDT. Recientemente los químicos han encontrado que las langostas ya no son atacadas por el DDT. La razón de este cambio es que :

1. En cada generación un mayor número de langostas no son afectadas por el DDT.
2. A través de los años, todas las langostas van siendo gradualmente menos afectadas por el DDT.

PORQUE:

- A. En cada generación, las langostas que sobrevivían al DDT, tenían descendencia.
- B. La necesidad de sobrevivir hizo que las langostas cambiaran.
- C. El uso del DDT provocó una mutación en el ADN de las langostas.

5. Una población de mariposas nocturnas estaba formada por individuos que tenían alas oscuras o claras. El bosque en donde solían vivir tenía árboles con troncos ya sea oscuros o claros. Recientemente una plaga mató a los árboles de tronco claro, pero sobrevivieron los de tronco oscuro. El efecto de la desaparición de árboles de tronco claro sobre las mariposas nocturnas será que cada generación:

- 1. Las mariposas nocturnas claras desarrollarán alas cada vez más oscuras.
- 2. Habrá una proporción mayor de mariposas nocturnas oscuras en la población.

PORQUE:

- A. Las mariposas nocturnas se adaptarían a los cambios en su ambiente.
- B. La necesidad de sobrevivir haría que las mariposas nocturnas cambiaran de color.
- C. Sólo las mariposas nocturnas con alas oscuras escaparían a sus depredadores y sobrevivirían hasta reproducirse.

6. Algunos sapos pueden dar saltos de hasta 2 m de longitud. Supón que los sapos actuales tuvieron ancestros que no saltaban tan lejos. La habilidad para saltar tan lejos probablemente:

- 1. Se desarrolló para todos los sapos en unas cuantas generaciones.
- 2. Implicó un incremento en el porcentaje de sapos que podían saltar más lejos.

PORQUE:

- A. Mientras más usaban sus músculos, los sapos podían efectuar saltos cada vez más lejanos..
- B. Primero hubo un cambio genético en unos cuantos sapos y éstos se reprodujeron más.
- C. La necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más lejos

7. Las mariposas que tienen una trompa larga pueden alcanzar mejor el néctar que está en la parte profunda de las flores alargadas en comparación con las mariposas con trompa corta. Si una gran población de mariposas fuera transportada a un jardín lleno de plantas cuyas flores fueran alargadas:

- 1. Algunas mariposas morirían y otras vivirían.
- 2. Las mariposas desarrollarían cada vez trompas más largas.

PORQUE:

- A. Las mariposas que tengan trompas largas sobrevivirán hasta reproducirse.
- B. Las mariposas de trompa corta necesitan trompas largas para sobrevivir.
- C. Las trompas de las mariposas cambiarían lentamente hasta que tuvieran la longitud necesaria para alcanzar el néctar de las flores.

8. Una población de pinos vive en un área que ha tenido varios años de verano muy calientes y secos. Si los veranos continuaran así en el futuro, se esperaría que :

- 1. Algunos pinos sobrevivieran, pero otros murieran por la sequía.
- 2. Todos los pinos se adaptarían al clima seco.

PORQUE:

- A. La necesidad de sobrevivir a los veranos causará que los pinos desarrollen formas de evitar la sequía.
- B. Algunos pinos tienen la capacidad de conservar mejor el agua y sobrevivir a la sequía.
- C. Los pinos lograrán soportar el clima cálido y seco y sobrevivir a la sequía.

9. Los murciélagos que se alimentan de noche tienen un agudo sentido del oído, pero sus ancestros pudieron no haber oído tan bien. Los murciélagos actuales tienen un mejor sentido del oído ya que :

1. La necesidad de alimentarse de noche determinó que aumentara su sentido del oído.
2. En cada generación más murciélagos oían mejor.

PORQUE:

- A. Para alimentarse mejor, los murciélagos necesitaban oír mejor los ruidos del medio ambiente que sus ancestros.
- B. Las crías heredaron mejor sentido del oído que sus padres y a su vez lo transmitieron a sus hijos.
- C. Los murciélagos que oían mejor, se alimentaban mejor y tenían más crías.

10. En una población de lagartijas algunas tienen la piel verde, mientras que otras la tienen amarilla. En el lugar donde viven estas lagartijas, hay pastos con hojas verdes y otros con hojas amarillas. Hace poco una enfermedad atacó a los pastos amarillos y acabó con ellos. El efecto que tendrá la desaparición de pastos amarillos sobre las lagartijas, es que:

1. Las lagartijas amarillas perderán poco a poco su color.
2. Aumentará la proporción de lagartijas verdes.

PORQUE:

- A. Sólo las lagartijas verdes escaparán a sus depredadores y se reproducirán.
- B. Las lagartijas se irán adaptando a los cambios del ambiente
- C. Para sobrevivir, las lagartijas cambian de color su cuerpo.

Sexo: _____ Bachillerato de procedencia:

_____ ¿ Haz enseñado el tema de evolución en la escuela primaria ?

A. Instrucción:

De los tres números que se encuentran entre la frase de la izquierda y la de la derecha, elige y encierra el que creas que sea la mejor opción para completar la idea, de acuerdo con los siguientes criterios:

- Escoge el 1 si sólo la frase de la izquierda es correcta.
- Escoge el 2 si no sabes o no te acuerdas.
- Escoge el 3 si sólo la frase de la derecha es correcta.

- | | | | |
|-----|---|---|---|
| A.1 | 1 | 2 | 3 |
| A.2 | 1 | 2 | 3 |
| A.3 | 1 | 2 | 3 |
| A.4 | 1 | 2 | 3 |
| A.5 | 1 | 2 | 3 |
| A.6 | 1 | 2 | 3 |

B. Instrucción: Encierra la letra que corresponda a la respuesta correcta.

B.1 L T O D N Otra: _____

B.2 L T O D N Otra: _____

C. Instrucción : Cada una de las preguntas siguientes contiene dos partes. En la primera encierra la opción que completa mejor la frase. Estas opciones están indicadas con los números 1 ó 2. En la segunda parte tendrás que seleccionar la razón por la que elegiste la respuesta de la primera parte. Es decir, encierra una de las tres opciones marcadas con las letras A, B , C, que explique mejor tu primera elección.

- | | | | | | |
|------|---|---|---|---|---|
| C.1 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.2 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.3 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.4 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.5 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.6 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.7 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.8 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.9 | 1 | 2 | A | B | C |
| C.10 | 1 | 2 | A | B | C |

ANEXO 3

Algunas de las características de la muestra de estudiantes a la que se le aplicó el cuestionario

Género

Género	%
Mujeres	84
Hombres	16

Escolaridad de los padres

ESCOLARIDAD	MADRE		PADRE	
PRIMARIA	15	30 %	15	30%
SECUNDARIA	13	26%	11	22%
BACHILLERATO	11	22%	9	18%
LICENCIATURA	10	20%	14	28%
POSGRADO	1	2%	1	2%

Ocupación de los padres

OCUPACIÓN PADRES	%
Electricista	6
empleado federal	22
arquitecto	4
comerciante	24
campesino	6
contador	8
ingeniero	6
médico	8
taxista	4
albañil	4
maestro	8

OCUPACIÓN MADRES	%
Enfermería	4
Empleada federal	10
Ama de casa	40
Contadora	8
Maestra	16
Estilista	6
Comerciante	10
Recepcionista	4
Historiadora	2

Bachillerato de procedencia

Bachillerato	%
Preparatoria	40
Bachillerato tecnológico	4
Colegio de Ciencias y Humanidades	6
CONALEP	6
CBT	2
CETIS	6
Col. de Bachilleres	16
Bachillerato Pedagógico	18
CECYT	2

Opción por estudiar la lic. En educación primaria

Razón por la que estudian para ser maestro(a)

Opción	%
1era	50
2ª.	40
3ª.	10

Razón	%
Elevar la calidad de la educación	6
Tradición familiar	18
Superación profesional	12
Vocación de servicio	52
Trabajar y no descuidar la familia	12

ANEXO 4

Comparación parcial de las respuestas de índole sintético dadas a las preguntas (en porcentajes) por escolaridad¹⁴²

SECCIONES ESCOLARIDAD	PRIMERA PARTE				SEGUNDA PARTE												TERCERA PARTE										
	PREGUNTAS				PROBLEMA 1 ¹⁴³				PROBLEMA 2				PROBLEMAS 1 y 2				PREGUNTAS										
	N ¹⁴⁴ %	V %	P %	NVP %	L %	T %	O %	S %	L %	T %	O %	S %	L %	T %	O %	S %	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %	10 %	1a 10 %
SECUNDARIA	3	1	10	5	19	42	20	19	68	7	19	7	43	24	19	13	11	31	6	3	29	7	22	36	0	28	17
BACHILLERATO	30	7	27	21	10	40	27	23	67	0	23	10	38	20	25	17	30	43	10	13	57	27	37	67	10	47	34
NORMAL	28	34	30	30	8	46	16	12	62	0	34	4	35	23	25	8	4	54	12	8	48	10	36	52	6	34	26

¹⁴² La información de secundaria y bachillerato se obtuvo de María del Carmen Sánchez. (2000). **La enseñanza de la teoría de la evolución...** p. 122

¹⁴³ En este problema no se obtiene el 100% en lo que respecta a la normal, ya que el 18 % de estudiantes contestó otra opción

¹⁴⁴ Clave: N = origen de la variación ; V = papel de la variación ; P = evolución como proporción cambiante de individuos dentro de las poblacionales y NVP = promedio de las tres categorías