



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLÓGICAS
FACULTAD DE CIENCIAS**

**LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS
PROFESORES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA SOBRE
LA EVOLUCIÓN EN LOS SERES VIVOS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS
(ENSEÑANZA E HISTORIA DE LA BIOLOGÍA)**

PRESENTA

CESARI DOMINGO RICO GALEANA

DIRECTORAS DE TESIS:

**DRA. MARIA DEL CARMEN SÁNCHEZ MORA
DRA. MA. CRISTINA HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ**

MÉXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatoria

A quienes han sido el origen, el sentido y la perpetuación de mi vida

 Mi padre Ing. Oscar Armando Rico Domínguez

 Quien lamentablemente ya no está físicamente conmigo

 Mi preciosa compañera en la vida Bióloga Blanca Rosa Becerra López

 Amor, la esencia inmaterial que trascendió su presencia material

 Mis queridos hijos

 Cesari Irwing

 Trocito de jade, de cerebro activo, noble, sensible e inteligente

 Allan Irasek

 Trocito de pedernal, de manitas inquietas, pícaro, sonriente e irreverente

Agradecimientos

A mis tutoras María del Carmen Sánchez Mora y Cristina Hernández Rodríguez.
Más que directoras, amigas y orientadoras. Gracias por todo.

Al Dr. Miguel Ángel Campos Hernández
Desde el inicio con aportaciones que definitivamente enriquecieron el trabajo

Al Dr. Pedro García Barrera y M. en C. Eréndira Álvarez Pérez
Sinodales cuya lectura y recomendaciones mejoraron notablemente el trabajo.

A la Dirección General de Educación Secundaria Técnica
Por las facilidades otorgadas y por la oportunidad de estudiar este posgrado.

Al pueblo de México, porque ser universitario es un privilegio y una responsabilidad

CONTENIDO

Introducción	7
Objetivos e Hipótesis	11
Antecedentes	13
La teoría de la evolución de los seres vivos	19
Algunas críticas a la teoría de Darwin	31
Algunas explicaciones alternativas a la selección natural como mecanismo evolutivo	39
Reseña de la enseñanza de la evolución de los seres vivos en la educación secundaria de México	53
Metodología	67
Resultados	71
Análisis de resultados	81
Discusión	101
Conclusiones	121
Bibliografía general	123
Anexo	
Instrumento empleado en este estudio	133

“LAS CONCEPCIONES ALTERNATIVAS DE LOS PROFESORES DE EDUCACIÓN SECUNDARIA SOBRE LA EVOLUCIÓN EN LOS SERES VIVOS”

Césari D. Rico Galeana

Resumen

El profesorado es una de las dimensiones más importantes en el hecho educativo y en buena medida de ellos depende que se alcancen los propósitos de los Planes y programas de estudio. Sin embargo y pese a su importancia, el estudio de las concepciones alternativas respecto a la teoría sintética en el grupo de profesores es aun incipiente. Por ello el propósito principal del trabajo fue contribuir al conocimiento de las concepciones alternativas sobre algunos conceptos propios de la evolución de los seres vivos que tienen los profesores de la asignatura de Biología en la educación secundaria mexicana.

Este estudio se realizó tomando como población a los profesores que imparten biología de primer grado en el subsistema de Educación Secundaria Técnica en el Distrito Federal. Se aplicaron cuestionarios al total de profesores en activo, lo que constituye un censo (N=363).

Para la realización del trabajo empírico, se utilizó un cuestionario escrito en el que la mayoría de los reactivos son de respuesta estructurada. La base del instrumento fue tomado del trabajo de Sánchez-Mora (2000), el cual ya fue validado y permite valorar los conocimientos sobre aspectos de la evolución de los seres vivos.

Los resultados indican que los profesores tienen una clara tendencia a la elección de explicaciones alternativas al darwinismo, ya que solo el 13% de la población elige respuestas acordes con la teoría sintética de la evolución. El 87 % restante manifiesta con sus respuestas un pensamiento alternativo.

Del 13 % señalado en el punto anterior, el 62.1 % son biólogos de profesión. De hecho existe una relación significativa ($\alpha= 0.05$) entre la profesión de quien responde y el tipo de respuestas que elige.

De las diferentes profesiones que forman la población, los biólogos son los que más respuestas de tipo “Sintético” dan, y los técnicos,

odontólogos, médicos y profesores egresados de la Normal, son los que menos eligen este tipo de explicación.

INTRODUCCIÓN

La evolución es un hecho comprobado (Mayr, 2000), lo que no se puede afirmar con toda certeza es la manera en que evolucionan los seres vivos, es decir, el mecanismo evolutivo, actualmente la teoría más aceptada a este respecto en el ámbito científico es la denominada “teoría sintética”.

Por ello, en la mayoría de los programas de estudio de biología o ciencias naturales, se contemplan contenidos referentes a dicha teoría con la obvia intención de que quienes los estudian, estén posibilitados para explicar fenómenos biológicos desde esta postura teórica. Sin embargo, los estudios realizados con estudiantes de distintos niveles educativos, muestran que en general, sus explicaciones no corresponden con los postulados de dicha teoría, de donde se desprende que la mayor parte de los alumnos en su paso por el sistema educativo nacional no han alcanzado este propósito que para la biología es muy importante.

Su importancia radica en que la evolución es considerada uno de los cuatro paradigmas globales que sustentan a la biología moderna (Ledezma, 1993) no solo en lo teórico sino también en lo metodológico (Guillén, 1993), aunque su importancia no se limita a ser un concepto unificador de la ciencia de la vida, sino que se extiende a otros campos del saber humano, como pueden ser la sociología y la economía. Así, las teorías que explican la evolución de los seres vivos no representan un contenido más en el currículum escolar sino que son una manera de comprender y explicar a la ciencia biológica en su conjunto y de valorar a la ciencia como una actividad social.

Este trabajo de tesis, buscó conocer más a fondo una de las vertientes que tiene el hecho educativo: el profesorado. Esta es una de las dimensiones más importantes del hecho educativo y en buena medida de ellos depende que se alcancen los propósitos de los Planes y Programas de estudio. Sin embargo y pese a su importancia, los estudios de las concepciones alternativas en los profesores son escasos y respecto a la teoría sintética particularmente con profesores son aun

menores, por lo que con este trabajo intenté disminuir esta carencia convencido de que es necesario e importante para la enseñanza y aprendizaje de la biología obtener información confiable que sirva de insumo para la toma de decisiones en procesos como la actualización y desarrollo profesional de los profesores.

Si bien el sistema educativo nacional atiende a la población en un rango de edades amplio, esta tesis se enfoca al nivel de enseñanza secundaria y particularmente al de educación secundaria técnica debido entre otras razones a que me parece un momento en la vida de los jóvenes que ha sido poco estudiado y a que en este subsistema he encontrado el apoyo necesario para mi propio desarrollo profesional.

Mi experiencia laboral frente a los profesores de biología por más de una década, me llevó al cuestionamiento de porqué los alumnos tienen explicaciones alternativas al darwinismo aun después de haber vivido experiencias de aprendizaje en ese sentido. Además, hay indicios entre la población general de deficiencias en el pensamiento causal, que se manifiestan como una incapacidad para organizar eventos correctamente de acuerdo a su secuencia temporal y como una incapacidad para identificar un evento que ha sido causado por otro evento (Zohar y Tamir, 1991); ambos procesos en biología, son importantes para comprender que las especies han evolucionado a partir de otras que les antecedieron es decir, el concepto de unidad de descendencia de Darwin.

El desarrollo de estas habilidades de pensamiento está previsto en el Plan y Programa de estudios y es labor del docente diseñar estrategias de aprendizaje que las favorezcan, lo que al parecer no se cumple plenamente. Por supuesto que las hipótesis que explican lo anterior son variadas, desde las académicas hasta las socio culturales, y en este abanico de posibilidades, una me pareció atractiva, me refiero a la posibilidad de que los profesores mismos no tuvieran claros los principios de la evolución bajo la teoría sintética, de modo que sus concepciones alternativas incidieran en su instrumentación didáctica y en consecuencia la información se trabajara sesgada hacia alguna o varias ideas alternas al neodarwinismo aun y cuando el docente pueda creer que cumple con el Programa de estudios.

Lo anterior se podría investigar de varias maneras, para este trabajo tuve la oportunidad de interactuar con la totalidad de los profesores de biología de educación secundaria técnica del ciclo escolar 1998-1999 y recabar la información. Este censo,

permite acercarnos a la realidad un poco más que si hubiera sido basado en una muestra de profesores.

Es así, que en el presente trabajo el lector podrá encontrar varios apartados iniciales que buscan contar con un marco teórico mínimo necesario para contextualizar el estudio, se presentan algunos antecedentes de investigaciones educativas, una reseña de la enseñanza de evolución en la escuela secundaria, un capítulo sobre la teoría de la evolución a la luz de la teoría sintética y otro más sobre las principales objeciones de carácter científico que se le hicieron al darwinismo. Se presentan también de manera sucinta las explicaciones alternativas a esta teoría y que han sido las más representadas en las respuestas de los profesores.

Posteriormente se encuentra la metodología *detallada* que se siguió, así como los resultados obtenidos y su análisis, discusión y conclusiones.

Al final se encuentran los instrumentos empleados y diferentes anexos que se consideraron importantes.

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

Objetivo general.

Contribuir al conocimiento de las concepciones alternativas sobre algunos conceptos propios de la evolución de los seres vivos que tienen los profesores de la asignatura de biología en la educación secundaria técnica en México.

Objetivos particulares.

1. Caracterizar el perfil profesional y laboral del profesorado de Secundarias Técnicas que imparten biología de primer grado.
2. Conocer los conceptos que tienen los profesores de Educación Secundaria Técnica sobre evolución de los seres vivos a través de las explicaciones que eligen durante la resolución de problemas.

Hipótesis.

1. Los profesores de biología en las escuelas secundarias técnicas del Distrito Federal, tienen formaciones profesionales diferentes, por lo que es de esperarse que algunos posean conceptos erróneos del proceso evolutivo, desde los referentes de la Teoría Sintética de la evolución.
2. Es de esperarse que los profesores que no tienen una preparación formal de biólogos tengan concepciones alternativas de los procesos evolutivos diferentes a los planteamientos de la teoría sintética de la evolución y más acordes al pensamiento lamarckiano.

ANTECEDENTES

Los antecedentes que se presentan a continuación responden a los temas fundamentales que se abordan en la tesis: concepciones alternativas, evolución desde el punto de vista educativo y profesores de educación secundaria.

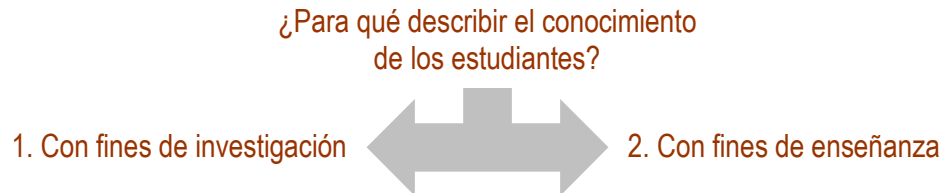
Desde la maduración del sistema nervioso central, las personas desarrollan ideas o esquemas sobre el mundo natural que les rodea, la mayoría de estas provienen de las experiencias sensoriales. Las ideas previas son conocidas también como “ideas acientíficas”, “concepciones alternativas”, “ideas ingenuas”, “errores conceptuales” y “missconceptions” entre otros.

Son explicaciones que da la mente de quien trata de explicarse algo que se le presenta en su vida cotidiana y con las cuales logra comprender al mundo.

Estas ideas generalmente difieren de lo aceptado científicamente, por lo que resultan ser de “sentido común”, dado que las personas no tienen mayor interés por profundizar en por qué o cómo se da el fenómeno, casi cualquier explicación convincente es aceptada, y si en adelante encuentra que otras personas explican de igual forma el fenómeno, se origina y fortalece un preconceito. Sin embargo, la mente se estructura para organizar el mundo en función de las experiencias formando sistemas coherentes de explicación.

Evidentemente esto es de la mayor importancia para la enseñanza de las ciencias, por lo que desde hace algunos años se ha presentado un creciente interés por conocer qué piensan los alumnos acerca de cómo o por qué se dan los fenómenos naturales, para que partiendo de ellas, los profesores diseñen estrategias de aprendizaje para promover aprendizajes significativos (Ausubel, 1976), o el cambio conceptual (Strike and Posner, 1985).

Como resultado de este interés, ha habido numerosas investigaciones en Física, Química y Biología para conocer las ideas previas con al menos dos grandes tendencias.



Con fines de investigación, se preguntan aspectos como: ¿Cómo opera la mente? ¿Cómo aprenden los estudiantes? ¿Qué saben ellos? y por lo tanto es más de **naturaleza descriptiva**.

Mientras que con fines de enseñanza, se busca conocer sobre la calidad de la evaluación, qué tanto han aprendido y sus progresos, y también para tomar decisiones de enseñanza, por lo tanto a diferencia del otro enfoque, este es más de **naturaleza prescriptiva**.

Quizá uno de los primeros trabajos sobre ideas previas, fue el de Viennot (1979) sobre el razonamiento espontáneo en aspectos de dinámica y de allí hasta la actualidad en que se han hecho recopilaciones nutridas como las de Driver y sus colaboradores (2000).

Estos estudios han desvelado algunas de las características fundamentales de las ideas previas, como que son semejantes las ideas de niños de la misma edad provenientes de diversas partes del mundo, y que son muy resistentes al cambio.

Según algunos estudios en jóvenes mexicanos, las ideas de los alumnos sobre evolución, caen dentro de la categoría precausal (Bonilla y Hernández, 1993). Cuando un joven trata de explicar algún fenómeno relacionado con la evolución, dicha explicación generalmente, muestra un pensamiento lamarckiano (Guillén, 1995).

Los estudios que tratan el problema del aprendizaje de la evolución, arrojan resultados en ocasiones encontrados, así hay quienes plantean que la teoría sintética de la evolución contiene conceptos muy abstractos para los niveles intermedios de manera que cuando se explica, los jóvenes no han desarrollado las categorías más importantes del conocimiento científico, a saber: la causalidad, la reciprocidad y la validez (Hartmann, 1970)¹, o para Langford (1990) los conceptos asociados a la

¹ La causalidad, se refiere a que en la naturaleza, los fenómenos no se presentan sin razón, al capricho sino que suceden como efecto de algún otro que les da origen, de manera que se requiere del primero para que aparezca el segundo, en un orden que determina una serie específica. Para Piaget la noción de causalidad es de suma importancia y considera que las

evolución, tienen una cierta complejidad intrínseca. Por otra parte, para Guillén (1995) el problema reside en las estrategias didácticas y para Candela (1990) en la diferencia entre lo que piensan los niños y las explicaciones científicas, de modo que sólo pueden aprender aquello que está dentro de su lógica, independientemente de que se emplee una buena estrategia didáctica.

Pero la mayor parte de las personas expone explicaciones sobre la evolución de los seres vivos siguiendo los postulados lamarckianos, las cuales son una serie de entidades conceptuales interconectadas que forman estructuras coherentes mediante las cuales han podido interpretar y explicar los fenómenos evolutivos de manera que el uso y desuso de los órganos y la herencia de los caracteres adquiridos parecieran ser intuitivos. Pero es el éxito social de dichas explicaciones, lo que ha hecho que las veamos “naturales” o “intuitivas”.

En otras palabras encontrar continuamente en canciones, museos, libros, producciones artísticas entre otros, explicaciones basadas en el lamarckismo, hace que las personas las incorporen inconscientemente y con ellas construyan su explicación de la realidad. Como durante años ésta ha sido la manera más común de explicación evolutiva que han escuchado, ante un problema novedoso emplean explicaciones con este enfoque. Estas explicaciones resultan útiles pero sin embargo, son actualmente inaceptables desde el punto de vista científico.

Por ser un fenómeno extendido socialmente, es comprensible que los profesores y alumnos, como parte de la sociedad, compartan dichas explicaciones ya que continuamente se ven reforzadas. De esta manera, maestros y alumnos en lo general tienen los mismos preconceptos, (Flores y col., 2000).

Por otra parte, existen indicios de que los jóvenes hasta de 16 años no reconocen las razones por las que se llega al concepto de especie, si bien son capaces de incluir a varias razas dentro del concepto “perro”, son incapaces de decir por qué son de la misma especie. En cuanto al concepto de adaptación, hay una marcada tendencia teleológica, es decir atribuirle a la adaptación como una finalidad del individuo.

No solo en niños se da el fenómeno de las ideas previas, también en los adultos, incluyendo por supuesto a los profesores, todos hemos construido individual y colectivamente explicaciones para los fenómenos naturales y dicho aprendizaje en su

explicaciones pueden ser de tres tipos: 1. Precausales, debidas al finalismo, al animismo o al vitalismo; 2. Explicaciones causales simples por el mecanicismo o debidas al azar (causalidad lineal) y 3. Explicaciones por interacciones reguladoras

carácter funcional y adaptativo (Staver, 1998) les ha servido para expresar sus pensamientos cada vez que han sido requeridos, ya que las ideas previas determinan en mucho la manera como vemos las cosas (Duit, 1995).

La resistencia al cambio de las ideas previas, ha sido documentada por autores como Staver, (1998) y Flores y col, (2000), y explican su origen sincrónico con la cognición. De esta manera, las ideas previas en el individuo se estructuran en función de sus experiencias y las relaciones colectivas mediadas por el lenguaje. La inversión de tiempo para construirlas y su viabilidad² les proveen de una solidez adaptativa que se manifiesta como una rígida capacidad para resistir intentos de cambio (Staver, *op cit* y Von Glaserfeld, 1995).

La resistencia al cambio es de las primeras reacciones ante una anomalía, cuando las evidencias no encajan con lo que esperamos, las negamos y responsabilizamos a otros factores de la inconsistencia, por ejemplo es muy común que tras un resultado anómalo, se culpe a quién o quienes realizan la investigación, (Kuhn, 1962; Strike y Posner, 1985).

Los estudios tendientes a conocer las concepciones alternativas de los profesores también son muy escasos y esto se debe a que en las últimas décadas, se ha prestado mayor importancia al aprendizaje que a la enseñanza (Furió, 1994), razón por la cual los estudios se han enfocado a lo que saben los alumnos (Martínez, García y Mondelo, 1993; Vázquez, 1994), pero al parecer los maestros también presentan errores conceptuales, sin importar el nivel educativo en el que imparten clases (Vázquez, *op cit*).

En particular y respecto al tema central de esta tesis, se conoce poco acerca de las concepciones y problemas psicopedagógicos que enfrentan los profesores en la educación secundaria para la enseñanza de los conceptos de evolución de los seres vivos. Con esta tesis se pretende contribuir a aumentar el conocimiento sobre las ideas previas de los profesores y profesoras de biología en la enseñanza secundaria.

Aunque en este trabajo no incursionaremos en la influencia que ejerce la forma en que cada profesor concibe a la ciencia y cómo se genera el conocimiento en su actividad docente, este es un asunto que también puede ofrecer información valiosa para revertir el problema de la deficiente formación estudiantil. Por ejemplo, en un estudio realizado en Portugal se plantea que la mayoría de los profesores tienen una

de los circuitos de autorregulación (o causalidad cíclica) (Piaget, 1967).

² Entendida como la capacidad de no contradecir la red conceptual interna.

influencia empirista-inductivista acerca de la naturaleza del conocimiento científico y su proceso de construcción (Praia y Cachapuz, 1994), lo cual puede determinar la manera en que los docentes perciben al evolucionismo (Hernández, 1995).

Considero que deben incrementarse los trabajos de investigación sobre la enseñanza y aprendizaje en la educación básica mexicana, sobre todo en el nivel secundario. Si bien, existen algunos trabajos en este nivel educativo la mayoría se han enfocado a las ciencias en lo general o a la enseñanza de la física y química, por ejemplo el de Hernández (1994), pocos se refieren a temas de biología y en estos últimos, el tema más frecuente es el de evolución (Guillén, 1995; Sánchez-Mora, 2000), por ser este como ya habíamos apuntado, un concepto unificador de las ciencias biológicas.

Los estudios que se han realizado con alumnos sobre evolución, han ocurrido en escuelas particulares o de la modalidad de generales, que dependen actualmente de la Administración Federal para los Servicios Educativos en el Distrito Federal (AFSEDF). El presente trabajo parece ser el primero que se realiza en la Educación Secundaria Técnica. Hasta donde me fue posible investigar, no hay antecedentes en las otras modalidades como las telesecundarias o las secundarias para trabajadores.

Como se puede observar el estudio de las concepciones alternativas de los profesores de educación secundaria es un campo prácticamente inexplorado que promete ser fructífero en un país como el nuestro en el que la educación básica presenta serias deficiencias.

LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS

Para fortalecer el marco conceptual de la tesis, se presenta a continuación una revisión sobre la teoría de la evolución de los seres vivos, sobre todo de la más aceptada en la actualidad por la comunidad científica internacional.

Esto, debido a que el tema de investigación alude directamente a los conceptos sobre evolución de los seres vivos, y es adecuado revisar sus planteamientos esenciales, orígenes y desarrollo histórico. Sin pretender realizar una revisión extensa, ni agotar el tema porque escapa a las intenciones del trabajo, nos concretamos a tocar los puntos más importantes.

De todos aquellos que contribuyeron a nuestra actual comprensión del proceso evolutivo sin duda el personaje más sobresaliente fue Charles Darwin, aquel naturalista inglés del siglo XIX que formuló una explicación novedosa y revolucionaria acerca del mecanismo de la evolución. Su trabajo de investigación resultó ejemplar por amplio y meticuloso y por la manera en que observó, organizó y explicó la gran cantidad de datos que obtuvo. Además, argumentó de manera convincente para sostener su teoría: *El origen de las especies por medio de la selección natural*.

Sin embargo, no fue Darwin el primero en concebir una evolución materialista de la vida, como antecedente al concepto *evolución* fue el de *transformación*. Los escritos más antiguos que se conocen sobre este último, datan del siglo VI a. C. en la Grecia antigua en tiempos de filósofos tan importantes como Anaximandro y Heráclito.

Aristóteles, otro que ha sido considerado parte de los grandes pensadores universales, propuso la jerarquía natural de los organismos partiendo de los más simples hasta los más complejos. Si embargo, su pensamiento no se considera filogenético, sino un ejercicio de ordenación de los seres vivos similar a la empleada para elaborar la *Scala Naturae*. (Templado, 1988).

Fue la iglesia cristiana la que determinó durante la Edad Media, que las cuestiones concernientes al origen biológico y a la historia de la tierra estaban consideradas en las sagradas escrituras y por ello simplemente no eran sujetas a investigación.

La alternativa bíblica a los procesos evolutivos naturales se centra en dos ideas del antiguo testamento: *la creación especial* y *la inmutabilidad de las especies*. La creación especial postula que Dios creó a todas las criaturas sobre la tierra en su forma presente, mientras que la inmutabilidad de las especies hace referencia a la idea de que las criaturas terrestres han permanecido sin cambios desde que fueron creadas.

En 1809, fue publicada la teoría de Jean Baptiste de Lamarck sobre la evolución biológica, la cual fue considerada como la primera teoría evolutiva. Curiosamente, ese mismo año se daba el nacimiento de Charles Darwin.

Su padre esperaba que siguiera sus pasos y estudiara medicina, y para ello, a los 17 años fue a la Universidad de Edimburgo. Sin embargo, no quiso concluir sus estudios, sobre todo le molestaron las intervenciones quirúrgicas que en ese tiempo se efectuaban sin anestesia. Después de dos años decidió cambiarse a la Universidad de Cambridge a estudiar Teología. Este cambio no fue tan radical como aparentemente podría parecer, porque durante la primera parte del siglo XIX la ciencia y la religión estaban estrechamente vinculadas.

Darwin fue un ávido coleccionista de insectos y un apasionado de la geología. Gracias a su amistad con John Genslow profesor de botánica en su nueva escuela, aprendió a identificar plantas y consiguió ocupar el puesto de naturalista a bordo del barco “Beagle” en el que viajó durante cinco años en una expedición alrededor del mundo.

Darwin tenía 22 años de edad cuando zarpó de Inglaterra el 27 de diciembre de 1831. En este viaje tuvo la oportunidad de estudiar y observar ambas líneas costeras de Sudamérica, estudió la geología, flora y fauna de cada región. Además recolectó especímenes que enviaba a Inglaterra para su estudio posterior. Durante esta parte de la travesía se asombró por la variedad de organismos y se percató de que las especies de una costa eran muy diferentes a las que se encontraba en la costa contraria.

Sin duda, uno de los aspectos más interesantes y productivos del viaje, fue el estudio de las islas Galápagos, a las que arribó el 15 de septiembre de 1835. Les

encontró un origen volcánico relativamente reciente y encontró tanto plantas como animales que nunca había visto, cactus y tortugas gigantes o “galápagos”. Asimismo, los peces, insectos y plantas resultaron en su mayoría especies nuevas y tan características de cada isla, que se podía saber de cual isla procedía una tortuga tan sólo por sus características morfológicas. Pero aunque diferentes, en lo general mantenían la impronta de la fauna y flora continental. (Templado, *op cit*)

La fauna más famosa de ese archipiélago son los pinzones de Darwin. Las principales características que lo llevaron a reconocer especies separadas, fueron la variedad en formas y tamaños de los picos, así como sus hábitos alimentarios. La mayoría comían semillas y otros tenían una dieta a base de insectos. Pero, haciendo a un lado estas diferencias, todos eran claramente pinzones.

Esas observaciones seguramente impactaron la mente de Darwin puesto que posteriormente escribiría: “una poderosa fuerza actúa sobre éstas aves en el archipiélago en que a partir de una especie otras fueron modificadas para diferentes fines”. Como vemos, ya había llegado a la conclusión de que estas aves tenían que descender de una especie continental y como lógica consecuencia, una especie podría generar a otras descendientes. Mayr (2000) afirma, que de allí a postular la teoría de la ascendencia común, solo hay un paso. Esta idea revolucionó el esquema filogenético, pues de la linealidad establecida por la escala natural se cambió a un árbol filogenético ramificado.

Además el principio de ascendencia común, permitía explicar el morfotipo³ de Cuvier y Owen en la anatomía comparada. (Mayr, *op cit*).

En 1837 cuando Darwin regresó a Inglaterra de inmediato se dedicó a analizar sus notas y especímenes, leer libros y discutir sus observaciones con otros científicos. En 1838 leyó la obra del economista inglés Thomas Malthus: *Ensayo sobre el principio de la población*. En este libro se plantea que el tamaño de la población humana aumentará tan rápido que en el futuro carecerá de espacio y recursos, dado que la población crece geométricamente mientras los recursos lo hacen aritméticamente. Darwin dedujo que el principio de Malthus podía extenderse a todas las poblaciones naturales. De hecho, durante sus viajes se había dado cuenta de la capacidad biológica de los seres para dejar una gran descendencia, la cual excedía la capacidad del medio para soportar un crecimiento ilimitado.

³ Morfotipo o tipo morfológico es un modelo que aglutina distintas categorías individuales. Un morfotipo sirve como patrón de comparación y ayuda en la determinación taxonómica de los individuos.

Los ejemplos que Darwin maneja en “El origen de las especies” son muy claros, como el del elefante que aun y cuando tiene fama de ser de reproducción lenta, en un periodo de 750 años se generarían cerca de 19 millones de individuos.

Así como el caso anterior, debido al enorme potencial reproductivo los tamaños poblacionales deberían incrementarse a una tasa geométrica. Pero en los hechos esto no sucede, en su búsqueda de explicaciones, llegó a la idea que debe haber una lucha por la existencia entre los miembros de cualquier población, manifestada a través de la competencia por alimento y hábitat; la depredación y las enfermedades, factores que mantienen el tamaño poblacional relativamente constante.

“... De aquí que, como nacen más individuos que los que pueden sobrevivir, tiene que haber en cada caso una lucha por la existencia, ya entre individuos de una misma especie o con individuos de especies distintas...” (Darwin, 1859).

De modo que sólo algunos huevos se desarrollan en embriones, no todos los embriones llegan a juveniles y pocos juveniles sobreviven hasta el estado adulto. Si existía una sobrevivencia diferencial, entonces el problema se reducía a conocer cómo es que son seleccionados los sobrevivientes.

Para hallar la solución, Darwin utilizó su enorme poder de observación (recordemos su gusto como coleccionista) y mediante sus habilidades para reconocer pequeñas diferencias entre individuos de una población, razonó las ventajas para la sobrevivencia que algunas de esas variaciones podrían conferirle a aquellos individuos afortunados en poseerlas. Por ejemplo, una palomilla que pudiera volar más rápido que sus congéneres podría tener una mejor oportunidad de eludir a los depredadores. El haber reconocido la importancia de la variación, resultó un paso crucial hacia la comprensión del cómo opera la evolución.

Combinando los conceptos de lucha por la existencia y ventajas debidas a la variabilidad observada en poblaciones naturales, Darwin encontró las bases para identificar su mecanismo evolutivo, al que llamó *selección natural*.

“... A esta conservación de las diferencias y variaciones individualmente favorables y la extinción de las que son perjudiciales la he llamado yo selección natural o supervivencia de los más aptos.” (Darwin, 1859).

Durante su vida en las zonas rurales inglesas Darwin observó cómo ciertas características deseables en los caballos (como la velocidad) podían ser seleccionadas artificialmente mediante un cuidadoso programa de control de la

natalidad. ¿Porqué no podría ser que algo similar a este proceso selectivo operara sobre las poblaciones naturales de organismos? Un proceso en el que el ambiente en vez del ser humano fuera el agente seleccionador. Con esta analogía en mente el concepto de *selección natural* tomó forma: en la lucha por la existencia, los individuos de la población con variaciones favorables tienen las mejores oportunidades de sobrevivir y reproducirse. Como resultado, una alta proporción de la siguiente generación exhibirán esas características favorables.

Los factores ambientales que mantienen a la población en un tamaño relativamente constante, proveen también una ruta para el proceso de *selección natural*. Esto es, que las criaturas evolucionan peleando por su territorio y otros recursos. Además, como las condiciones ambientales son dinámicas, ante algún cambio, características que antes no lo eran, pueden volverse favorables y perdurar a través de la sobrevivencia diferencial y la reproducción.

En su autobiografía, Darwin (1993), declaró haber llegado a la idea de la *selección natural* en 1838. Pero fue hasta 1858, 20 años después que la hizo pública, durante ese lapso Darwin construyó su teoría, preparando argumentos *detallados* soportados por sus numerosas observaciones y experimentos. Fue sin duda un hombre muy inteligente, consciente del impacto que tendrían sus planteamientos. Sin embargo, todo indica que la decisión de presentar su trabajo fue realmente forzada por Alfred Russell Wallace, otro naturalista inglés que había pasado años en las Islas del archipiélago malayo. Al igual que Darwin, Wallace se convenció de un proceso evolutivo natural y de manera independiente llegó a la idea de cómo trabaja la evolución. Redactó un manuscrito describiendo sus ideas y se lo mandó a Darwin en 1858 solicitándole comentarios y sugerencias. Tras la lectura del artículo de Wallace Darwin quedó sorprendido al leer en otras palabras su propia teoría, que además se había basado también en el ensayo de Malthus (Gould, 1994).

Como Darwin no sabía que hacer, le pidió consejo a sus amigos cercanos, Charles Lyell y Joseph Dalton Hooker. Decidieron que los trabajos de Darwin y de Wallace fueran presentados juntos en la reunión de la Sociedad Lineana de Londres. Los dos artículos fueron leídos el 1 de julio de 1858. Al año siguiente apareció el libro de Darwin con el título *Sobre el origen de las especies por medio de la selección natural o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida* y que ahora se conoce simplemente como *El origen de las especies*.

A diferencia de lo que sucedió con libros, al momento de la publicación ya se esperaba la importancia del trabajo de Darwin. Así la primera edición con 1250 copias se agotó el mismo día que salió a la venta. Obviamente no todos los científicos estuvieron de acuerdo con estas ideas, pero debido a la cantidad de argumentos y de datos que soportaban la teoría, muchos si aceptaron la teoría de la *selección natural* (Dobzhansky y col., 1980).

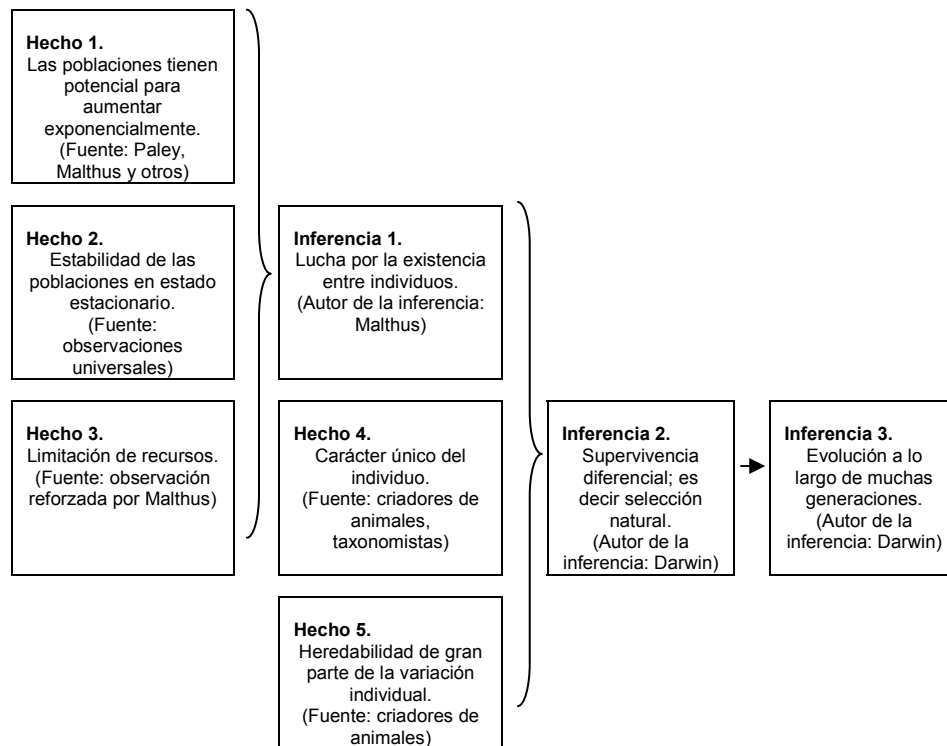
Haciendo un resumen del proceso seguido por Charles Darwin, Mayr plantea cinco hechos y tres inferencias. (Véase el cuadro correspondiente).

Al parecer la primera muestra clara de *selección natural* fue descrita por Bates en 1862, al presentar el caso de mimetismo de una especie de mariposa que presentan patrones de coloración muy semejante al de otra especie con un característico sabor repulsivo (mimetismo batesiano). A la fecha se han encontrado variedad de ejemplos que confirman la teoría de Darwin, por ejemplo, la resistencia a plaguicidas y antibióticos, el melanismo industrial, la relación entre el gene de la anemia falciforme y la malaria, entre otros (Sarukhán 1988; Mayr, 2000).

Para Sarukhán (1988), los cuatro elementos centrales en la teoría de la evolución por medio de la *selección natural* son:

1. La variabilidad individual y su potencialidad.
2. La transmisión a la progenie de las características variables.
3. Las especies dejan más progenie de la que es posible que sobreviva.
4. La lucha por la existencia.

La evolución entonces tiene dos momentos, uno aleatorio: la variabilidad y otro no azaroso: la selección de los sobrevivientes. (Mayr, 1987), o como lo plantean Jacob y Monod, la adaptación evolutiva implica una mezcla de azar y necesidad.



Esquema para explicar los hechos e inferencias que sirvieron a Darwin para formular la teoría de la evolución por selección natural. (Tomado de Mayr, 1995)

Algunos puntos importantes de la teoría de Darwin resultan diferentes a las de sus antecesores, por ejemplo contrario a la lamarckiana, postula que en el proceso evolutivo no existe el deseo o la voluntad por cambiar, estableciendo que el agente del cambio no es el organismo, sino el ambiente.

Otro aspecto diferente en la teoría darwiniana es la naturaleza del cambio en los seres, debido a que rompió con la idea del cambio brusco o “saltacionista” por la del cambio gradual o “gradualismo”. Cabe destacar que el libro de Lyell *Principios de geología* había planteado ya para entonces, el cambio gradual en la historia de la Tierra y Darwin lo llevó al ámbito de la evolución de los seres vivos.

Las teorías de ascendencia común y de la *selección natural* se han convertido en la columna vertebral del pensamiento evolucionista (Mayr, 2000), la diferencia está en el tiempo que tardó cada una en establecerse, así la primera fue rápidamente

incorporada en la comunidad científica mientras que la segunda tardó más en ser aceptada, en la actualidad, los científicos han incorporado los conocimientos en genética, embriología, paleontología y otras disciplinas y se ha construido una síntesis que reúne estos campos del saber, en una teoría que se ha denominado *teoría sintética de la evolución*. Y que hasta la fecha es la más aceptada en la comunidad científica mundial.

Darwin planteó como uno de sus puntos importantes la herencia de características de los padres a los descendientes, aunque desconocía el mecanismo por el cual sucede. De hecho, el mecanismo hereditario se popularizó hasta inicios del siglo XX y fue el inicio de una polémica entre darwinistas y genetistas, ya que estos últimos sostenían el origen de la variabilidad con base en macromutaciones según los descubrimientos de Hugo de Vries el cual publicó en 1901 y 1903 su obra *Die Mutationstheorie* (Templado, 1988).

Hasta el primer cuarto de ese mismo siglo y gracias al trabajo de genetistas poblacionales como Ronald A. Fisher (*The genetical theory of natural selection* en 1929); John B. S. Haldane (*The causes of evolution*, 1932) y Sewal Wright se demostró que el papel de la mutación no era tan importante como se pensaba y que de hecho eran mucho más frecuentes las pequeñas mutaciones que las macro. Asimismo demostraron que había una mayor probabilidad de que esas pequeñas mutaciones se fijaran en la población si resultaban favorables.

Con el avance de la biología molecular se supo que la información genética está contenida en el ADN, y la comprensión de la naturaleza química del gen permitió explicar las mutaciones al grado que se ha podido clasificarlas, así se conocen mutaciones por sustitución, sin sentido, inserciones o deleciones (Ayala, 1987).

Con esto se abrió el camino para reconocer en la recombinación genética que se realiza durante el proceso de reproducción sexual, el origen de la variabilidad biológica, uno de los problemas sin solución de Darwin, desde entonces las mutaciones se convirtieron en un factor complementario (Ayala, 1987; Prevosti, 1987; Sarukhán, 1988).

Una síntesis del darwinismo, tomó forma en los años treinta y cuarenta del siglo pasado. Entre otros, la publicación de los libros: *La genética y el origen de las especies* por Theodosius Dobzhansky en 1937; *Evolución: la nueva síntesis* por Julian Huxley y *La sistemática y el origen de las especies* por Ernst Mayr ambos en el año de 1942, conformaron al nuevo paradigma unificador de la biología e iniciaron el periodo

de endurecimiento de la teoría sintética de la evolución (Sarukhán, 1988; Templado, 1988).

No fueron los únicos investigadores que contribuyeron a forjar la teoría, pero se les reconoce como los más representativos.

En este marco de la teoría sintética, Dobzhansky y col., (1980) definieron a la evolución como:

“La evolución orgánica constituye una serie de transformaciones parciales o completas e irreversibles de la composición genética de las poblaciones, basadas principalmente en interacciones alteradas con el ambiente. Consiste principalmente en radiaciones adaptativas a nuevos ambientes, ajustes a cambios ambientales que se producen en un hábitat determinado y el origen de nuevas formas de explotar hábitats ya existentes. Estos cambios adaptativos dan lugar ocasionalmente a una mayor complejidad en el patrón de desarrollo, de las reacciones fisiológicas y de las interacciones entre las poblaciones y su ambiente”.

Por su parte Ernst Mayr (1987) la define como:

“Cambio en la diversidad y adaptación de las poblaciones de organismos”.

Seguramente ninguna definición satisface por completo las exigencias de los interesados, lo cual se debe a la dificultad de manifestar con palabras los hechos naturales, el afán humano de definir no siempre puede hacerse con precisión.

Por otra parte, es necesario señalar que la teoría de la evolución en tanto construcción humana que responde a condiciones de la sociedad en el tiempo y el espacio, no puede ser estática y se mueve a cada momento, así al igual que las demás teorías que en algún momento parecían eternas comienzan a mostrar sus limitaciones ante anomalías que surgen o se fortalecen.

Por ejemplo, la idea tan defendida por los extremistas sintéticos de que todas las características que poseen los seres vivos son producto de la “selección natural”⁴, y que cualquier falta aparente de utilidad sería reflejo de nuestra ignorancia, comenzó a cuestionarse en el último tercio del siglo pasado, cuando Moto Kimura investigador japonés publica la teoría neutralista de la evolución, que plantea la existencia de

⁴ Léase por ejemplo el siguiente fragmento: “Ninguno de los hechos definidos por la selección orgánica, ningún órgano especial, ninguna forma o marca característica, ninguna peculiaridad del instinto o los hábitos, ninguna relación entre especies o grupos de especies puede existir, que no sea ahora, o haya sido alguna vez útil a los individuos o razas que los poseen”. (Wallace, 1867; citado por Gould, 1994).

cambios sin efectos, de la estructura molecular en sustancias proteínicas, de modo que las cadenas de aminoácidos pueden estar cambiando de manera constante y azarosa y al margen de la *selección natural* en tanto no se afecte su función, (el sitio activo de la enzima por ejemplo). Cuando se llega a afectar el sitio activo entonces podría suceder una de tres cosas, la primera y más probable es que el cambio de función de la enzima sea perjudicial para la sobrevivencia del individuo y sobrevenga la muerte; o que el efecto sea neutro y que por los mecanismos reproductivos la nueva estructura se fije en la población sin interferir al menos en esos momentos en la sobrevivencia del individuo, pero teniendo un efecto en la variabilidad poblacional; y la tercera quizá la menos probable, que el cambio resulte favorable para el individuo en cuyo caso la selección favorecerá el reemplazo de los alelos en la población.

Otro aspecto que ha generado una intensa polémica es el gradualismo considerado como que las variaciones en los organismos se presentan de manera continua aunque en ocasiones imperceptibles contra los evolucionistas saltacionistas que plantean que las variaciones importantes para la *selección natural* son las más marcadas y que no necesariamente son graduales ni constantes en el tiempo.

En 1972, Niles Eldredge y Stephen Jay Gould, reinterpretaron los registros fósiles y propusieron una alternativa al neodarwinismo que se denominó teoría de los “equilibrios puntuados o intermitentes” (Gould, 1994) planteando, a grandes rasgos, una evolución en la que se alternan lapsos durante los cuales la morfología de las especies permanece más o menos sin cambios, seguidos por la aparición repentina (geológicamente hablando) de tipos morfológicamente distintos a los predecesores. A esos prolongados momentos sin cambios los denominaron periodos de “estasis” y a los de especiación “puntuaciones”, (Olea, 1988).

Con esta forma de interpretar la discontinuidad del registro fósil, se alejaron de explicación sintética o neodarwinista que planteaba la imposibilidad de encontrar registros continuos por problemas inherentes a los procesos de conservación de las evidencias de vida en el pasado.

La teoría sintética propone el cambio gradual basado en la *selección natural*, la neutralista plantea un cierto gradualismo molecular, pero con cambios fenotípicos bruscos y el equilibrio puntuado plantea cambios repentinos y a saltos. En ninguno de los casos se cuestiona el papel de la *selección natural*, sino su hegemonía como mecanismo, lo que sí se cuestiona es el gradualismo.

Como lo plantea Gould 1994, “es el gradualismo lo que debemos abandonar, no el darwinismo”.

Si bien las polémicas científicas se resuelven en la mayoría de las veces mediante los experimentos y su interpretación por los seguidores de una u otra tendencia, particularmente en evolución existe una imposibilidad de recurrir a esta vía, por lo que en general se discute y analiza desde el punto de vista teórico.

Lo anterior no quiere decir que no existan experimentos al respecto, (están como ejemplos el mimetismo batesiano y el caso de la anemia falciforme), sino que el proceso evolutivo en sí no puede ser reproducido. La evolución es un hecho, lo que aún se discute son los mecanismos que la generan.

ALGUNAS CRÍTICAS A LA TEORÍA DE DARWIN

Las críticas que se hicieron a la teoría de Charles Darwin cuando poco después de que fue publicada fueron muy duras, y una buena parte provenía de representantes de la iglesia, sin embargo en este trabajo nos referiremos a las críticas manifestadas por sus contemporáneos científicos, no por que las otras no hayan sido importantes, sino porque reflejan un ámbito del conocimiento incompatible con el científico.

En la época en que se editó *El origen de las especies*, las ideas dominantes, eran teológicas, se creía en la armonía de la naturaleza, la perfección de las adaptaciones, se pensaba que Dios era la causa última de los fenómenos, que la naturaleza tenía un plan y el diseñador era por supuesto él, se defendía el “esencialismo”⁵ el “catastrofismo” y el “saltacionismo”.

Darwin desde luego, creía en estos aspectos tan firmemente como los demás, de hecho sus trabajos geológicos sobre los arrecifes de coral y sobre la formación de los paralelos de Glen Roy y en general los anteriores a la década de 1840, estaban dentro de la narrativa tradicional, (Hull, 1973). Sin embargo sus experiencias, estudios y aprendizajes, lo llevarían a dudar primero y a convencerse después de la falsedad de algunos de ellos, de modo que en 1837 llega al concepto de “selección natural”

⁵ Esta forma de pensamiento, se remonta a los griegos, de hecho se le atribuye a Platón y ha sido muy importante en matemáticas y física, plantea que cada objeto es reflejo de su esencia o *eide* las cuales están claramente delimitadas, las especies bajo este punto de vista son entidades que se diferencian unas de otras por sus características que las hacen particulares lo cual presenta una gran congruencia con la idea bíblica de que Dios hizo a cada especie por separado. Según los esencialistas, no puede haber evolución de las especies, porque cada una de ellas puede variar solo dentro de los límites que le impone su *eide*, para que una especie cambiara, se tendría que dar un salto repentino de la esencia anterior por otra nueva (saltacionismo). El esencialismo según Mayr (1991) está aun en la actualidad, firmemente arraigado en nuestro lenguaje (así, nos referimos a la montaña sin reconocer que hay muchos tipos de ellas, o a los chinos, judíos etc.). Darwin rompió con esta forma de pensar cuando reconoció que no solo en el caso de los humanos sino todas las especies con reproducción sexual, los individuos presentamos características únicas fundamentales para que la selección natural opere.

como mecanismo evolutivo, sin embargo seguía creyendo que mediante este proceso se podía dar una adaptación perfecta, es decir, vemos como en el mismo Darwin, la transición fue gradual y no repentina, ya no creía en la armonía natural, pero seguía siendo teólogo natural en cuanto a otros aspectos (Mayr, 1991), pero para la década en que fue publicado *El origen de las especies*, ya no muestra lenguaje teleológico. No se encuentran explicaciones que se basen en impulsos internos hacia la perfección.

Si bien, en general podemos afirmar de acuerdo con Francis Darwin (1887) que quienes apoyaban las ideas de Darwin en 1860 eran un número reducido, entre esos pocos, había personalidades de la talla científica de Charles Lyell, Asa Gray; Hooker, Thomas Huxley, John Lubbock, Francis Darwin y por supuesto Alfred R. Wallace.

Sin embargo hay que aclarar que estos científicos no concordaban con Darwin en todos los aspectos de su teoría, Lyell por ejemplo era esencialista declarado y según Mayr (1991) se puede considerar darwiniano, por correspondencia a que en su momento, Darwin como geólogo fue su firme seguidor; Lyell al igual que Huxley (el llamado sabueso de Darwin) no estaban convencidos de la “selección natural”; Wallace por su parte no estaba de acuerdo con la idea de ubicar al hombre en el reino animal.

Además de la escasez de seguidores, la teoría del origen de las especies por vía de la “selección natural” fue muy atacada por posiciones filosóficas como la teología natural y la teleología, así como por los mecanicistas, saltacionistas y fijistas. En Francia fueron tan herméticos a estas ideas, que se presentó una conspiración del silencio y pasaron años antes que su Academia aceptara a Darwin como miembro.

Según Mayr (1991) las objeciones en la primera década posterior a la publicación del *Origen de las especies*, fueron religiosas⁶, pero me parece que será de más provecho revisar las críticas que fueron presentadas por escritores con autoridad científica. Encontramos entre tales críticos a representantes de diversas disciplinas como fueron Louis Agassiz; Murray un entomólogo, el botánico Harvey, John Herschel quien era de los más prestigiados filósofos de la ciencia, y el paleontólogo Pictet, entre otros (Comas, 1997).

⁶ Darwin en el *Origen de las especies*, amenazó severamente la tradición teológica natural, entre otras razones, por que se entrometía en la zona de las causas últimas la cual era exclusiva de la teología natural y a la que los científicos no podían acceder; además que sus explicaciones no requerían de un diseñador, y su visión de una naturaleza sanguinaria rompía con la creencia de la “armonía natural”.

Ante este marco de ideas, lo natural fue que las críticas al darwinismo defendieran las anteriores posiciones teóricas. A continuación presento solo algunas de estas objeciones y sus fundamentos, profundizare más en aquellas que se relacionan con el objetivo de este trabajo, es decir el lamarckismo y la teleología.

Las críticas de Agassiz y Wilberforce.

En 1860, en Estados Unidos, se realizó una reunión en la Academia Estadounidense de Ciencias, con el propósito de discutir la teoría de Darwin. Las personalidades más destacadas presentes fueron: Louis Agassiz, Francis Bowen, Theophilus Parson y Asa Gray.

De ellos, las críticas hechas por Agassiz en el sentido de que Darwin había fallado en distinguir sobre variabilidad individual y la específica serían quizá la primera refutación científica a esta teoría. Posteriormente pero en el mismo año y en Oxford, el obispo Samuel Wilberforce ante la Asociación Británica para el progreso de la Ciencia plantea básicamente las mismas críticas que Agassiz, o sea que la selección artificial no puede generar una variación específica. En otras palabras, se referían a que la herencia en general tiende a reproducir las características de los seres, de manera que se cumple con la función de conservación y así promover la continuidad en el tiempo.

Los planteamientos de Agassiz y de Wilberforce fueron ampliamente difundidos y formaban la principal base teórica para refutar el darwinismo (Sala, 1986).

Darwin rompió con las concepciones esencialistas que plantean que la variación tiene límites, aquellos que le son impuestos por la esencia inherente y propia. Darwin a diferencia de ellos, con una visión poblacional postula que la variación es ilimitada y en consecuencia va más allá de los confines de las especies existentes.

La supuesta incompetencia de la “selección natural” para explicar las fases Incipientes de estructuras útiles.

Otro de los críticos de Darwin fue el zoólogo St. George de Mivart quien en el libro *Sobre el génesis de la Especie*, objeta que la “selección natural” pueda explicar la acumulación de las fases incipientes de estructuras útiles (White and Gribbin, 1995).

Mivart le otorgó un capítulo separado en su libro a esta crítica; aborda casos de estructuras tan complejas como un ala, un ojo, el parecido de un insecto a un palo y las glándulas mamarias de los mamíferos entre otras. Sus cuestionamientos

fundamentales iban más o menos de la siguiente manera ¿Cómo se hace de la nada a un algo *detallado* si la evolución debe proceder por una sucesión larga de fases intermedias, cada vez favorecida por la “selección natural”? No se puede volar con 2% de una ala. En otras palabras, ¿Cómo puede la “selección natural” explicar estas fases incipientes en las estructuras?

Lovtrup (1987), lo escribió así:

“La razones para rechazar la propuesta de Darwin eran muchas, pero antes que nada, las innovaciones no pueden venir posiblemente mediante la existencia de acumulaciones acabadas de muchos pasos pequeños, y aun cuando pudiera ser, la “selección natural” no podría lograrlo, porque las fases incipientes e intermedias no son ventajosas.”

Más adelante en la tesis mostrare la estructura del capítulo VII del *Origen de las especies* en el Darwin responde muy puntualmente y con lujo de ejemplos a las críticas de Mivart. Pero tan solo como una muestra de sus refutaciones, está el siguiente texto con el que Darwin contesta a la crítica anteriormente citada sobre a la formación de una estructura tan compleja como es el ojo.

“La razón me dice que sí se puede demostrar que existen muchas gradaciones, desde un ojo sencillo e imperfecto a un ojo complejo y perfecto, siendo cada grado útil a cada animal que lo posea, como ocurre ciertamente; si además el ojo alguna vez varía y las variaciones son heredades (sic), como ocurre también; y si estas variaciones son útiles a un animal en condiciones variables de vida, entonces la dificultad de creer que un ojo perfecto y complejo pudo formarse por “selección natural”, aun cuando superable para nuestra imaginación, no tendría que considerarse como contraria a nuestra teoría.” (Darwin, 1869, p.302).

Más adelante apunta:

“Cuando reflexionamos acerca de estos hechos, expuestos aquí brevemente, relativos a la extensión, diversidad y gradación de la estructura de los ojos en los animales inferiores, y cuando tenemos presente lo pequeño que debe ser el número de formas vivientes en comparación con las que se han extinguido, entonces deja de ser muy grande la dificultad de creer que la “selección natural” puede haber convertido un sencillo aparato, formado por un nervio recubierto de pigmento y al exterior por una membrana transparente, en un

instrumento óptico, tan perfecto como el que poseen todos los miembros de la clase de los articulados...deberá admitir (quien quiera que llegue a este punto) que una estructura aunque sea tan perfecta como el ojo de un águila, pudo formarse de este modo, aun cuando en tal caso no conozca los estados de transición.” (Darwin, 1869, p.304-305).

Críticas abordadas por Darwin en ediciones posteriores del *Origen de las especies*.

A lo largo de una década, Darwin recuperó las críticas más fuertes a su teoría y las fue incluyendo en ediciones posteriores, la edición que se considera como definitiva, es de 1869 y en ella, se presentan los capítulos VI y VII en los que expone “Las dificultades de la teoría” y “Objeciones diversas a la teoría de la “selección natural” respectivamente.

Algunos de los temas que allí se desarrollan, son los siguientes.

“Capítulo VI. Las dificultades de la teoría.

Dificultades de la teoría de descendencia con modificación; Ausencia o rareza de variedades de transición; Transiciones en las costumbres; Costumbres diversas de la misma especie; Organos de extrema perfección; Modos de transición; Órganos de poca importancia; Los órganos no son en todos los casos completamente perfectos; La ley de la unidad de tipo y la de las condiciones de existencia están comprendidas en la teoría de la “selección natural”. (Darwin, *opcit*).”

“Capítulo VII. Objeciones diversas a la teoría de la “selección natural”.

Las modificaciones no son necesariamente simultáneas; Modificaciones al parecer de ninguna utilidad directa; Pretendida incapacidad de la “selección natural” de explicar los estados incipientes de las estructuras útiles; Causas que se oponen a la adquisición de formas útiles por “selección natural”; Graduaciones de conformación con cambio de funciones; Órganos muy divergentes en miembros de la misma clase, desarrollados a partir de un solo y mismo origen; Razones para no creer en modificaciones grandes y súbitas. (Darwin, *opcit*).”

La intención de presentar estos párrafos es mostrar a grandes rasgos, la orientación de algunas de las críticas que se le hicieron a esta teoría por autores contempo-

ráneos, no vamos a profundizar en ellos por las razones expuestas, pero nos dan una idea de las controversias existentes.

Críticas a la metodología empleada por Darwin.

Para ubicar este punto, necesitamos recordar que la metodología dominante en esa época era el método inductivo⁷, de hecho hacia la mitad del siglo XIX y poco antes que se publicara el *Origen de las especies*, William Whewell y John Stuart Mill establecieron una fuerte controversia al respecto. Whewell seguidor de la filosofía de Kant, había publicado libros de física y astronomía y sobre todo el *History of the inductive sciences* en 1837. Por su parte Mill publicó en 1843 *System of logic, racionative and inductive, being a connected view of the principles of evidence, and the methods of scientific investigation* en el que atacaba la visión racionalista kantiana de Whewell. En el fondo, la discusión se centraba sobre el método, Whewell defendía el inductivo de Francis Bacon y Mill por su parte, el método deductivo⁸ de Aristóteles.

A su vez, Whewell le respondió a Mill en 1849 mediante el libro *Of induction, with special reference to Mr. J. Stuart Mill's system of logic*. Acorde a lo que plantea Hull (1973), la controversia se inclinó a favor de Whewell fundamentalmente porque el método inductivo como ya mencionamos, era el dominante para su época.

Como se puede observar, el último libro que mencionamos fue publicado solo una década anterior al *Origen de las especies* de Darwin, en este ambiente de debate metodológico apareció y el mismo Darwin escribió en su autobiografía el método que empleó:

“Después de mi regreso a Inglaterra me pareció que, siguiendo el ejemplo de Lyell en geología, y recogiendo todos los datos que de alguna forma estuvieran relacionados con la variación de los animales y las plantas bajo los efectos de la domesticación y la naturaleza, se podría quizás aclarar toda la cuestión (de la adaptación). Empecé mi primer cuaderno de notas en julio de 1837. Trabajé sobre verdaderos principios baconianos y, sin ninguna teoría, comencé a recoger datos en grandes cantidades, especialmente en relación con productos domesticados, a través de estudios publicados, de conversaciones con

⁷ Este método plantea que, a partir de los hechos se deducen leyes generales

⁸ El método deductivo plantea partir de grandes generalizaciones y deducir las consecuencias de ellas con respecto a los hechos.

expertos ganaderos y jardineros y de abundantes lecturas.” (Darwin, 1876, p. 66).

Sin embargo, otros autores como Adam Sedgwick y Huxley plantearon que la teoría de Darwin no era inductiva e incluso Sedgwick en una carta le escribió su decepción porque “usted ha desertado del verdadero método inductivo...” (White and Gribbin, 1995, p. 219), Huxley por su parte, da a entender que Darwin empleó el método deductivo (citado por Hull, 1973; Ruiz y Ayala). Stuart Mill tras un análisis, concluye que la “selección natural” es una vera causa, y que Darwin utilizó el método de hipótesis⁹.

Finalmente Mayr plantea que Darwin fue muy pluralista metodológicamente hablando, en algunos casos uso el método hipotético-deductivo y en otras fue inductivo y concluye:

“Creo que cualquier afirmación de que Darwin aplicó consistentemente un único método puede ser fácilmente refutada.” (Mayr, 1991, p. 117).

Gliselin (1969) plantea que Darwin utilizó el método hipotético-deductivo en el desarrollo de su teoría y el inductivo para elaborar las hipótesis.

Por otra parte, hemos dicho que Herschell y Whewell eran dos de los filósofos más prestigiados de la segunda mitad del siglo XIX, entre otras razones, lo eran por que defendían la metodología de las causas verdaderas o vera causaea, cada uno a su manera, con sus diferencias pero ambos defendieron esta metodología que al parecer nace con Newton.

Darwin sentía un gran admiración por ambos, Whewell de quien afirma que era el segundo mejor conversador que había conocido (Darwin, 1876, p. 35) y Herschell, cuyo libro *Introduction to the study of natural philosophy* fue uno de los que lo incitaron a tratar de dejar una “contribución a la ciencia natural”, lo cual es manifiesto en su autobiografía. (Darwin, 1876, p. 36).

Fundamentalmente, Herschell aportó a la metodología científica el uso de analogías como estrategia científica, y como ya hemos dicho niega la deducción como criterio metodológico. Por su parte Whewell, aporta las nociones de convergencia explicativa y de causalidad histórica, todo ello es importante porque Darwin retomó

9 En el citado libro, Mill establece las diferencias entre método inductivo, deductivo y de hipótesis. El método inductivo consta de dos pasos: inducción directa y deducción. El deductivo de tres pasos: inducción directa, deducción y verificación y el método de hipótesis consta de: deducción y verificación.

estos aspectos en su teoría¹⁰, razón por la cual se plantea que corresponde a una metodología de la *vera causa*.

Sin ser determinista, el conocer las objeciones de la comunidad científica hacia las ideas de Darwin y cómo fueron refutadas en su momento provee de un indicador de las dificultades a las que se enfrenta un profesor cuando trata de cambiar su forma de concebir el mecanismo evolutivo. Por ejemplo no es raro escuchar que las personas (incluyendo profesores) no cuentan con elementos para responder ante la supuesta imposibilidad de que la “selección natural” haya favorecido estructuras intermedias de órganos completos.

Ante esto, el enfoque histórico plantea, entre otros aspectos, que los seres humanos avanzamos mejor en la comprensión de los fenómenos si la información se organiza siguiendo la secuencia de acontecimientos como sucedieron cronológicamente, dado que de esa manera se promueve la comprensión de las diferentes formas de explicación según el contexto histórico en que se dieron. Las explicaciones científicas han tenido un nivel de complejidad creciente a lo largo del tiempo y por ello el proceso mental de quien las estudia de alguna manera reproduce el proceso y estructura los conceptos siguiendo la historia de la ciencia.

Sin embargo, para fines de la tesis conocer cómo Darwin y otros científicos refutaron las objeciones que se le hicieron, tiene una intención como parte del marco referencial. Aunque no dejo de reconocer que este es un campo interesante de investigación.

¹⁰ Por ejemplo, la analogía de Herschell la emplea cuando trata sobre las palomas y la selección artificial.

EXPLICACIONES ALTERNATIVAS A LA “SELECCIÓN NATURAL” COMO MECANISMO EVOLUTIVO

Existen explicaciones alternativas al darwinismo, que incluyen a las lamarckianas, neolamarckianas, ortogenéticas, teleológicas, teológicas, catastrofistas y saltacionistas. (Mayr, 1991). Algunas de las anteriores, plantean que la variación no se produce al azar, sino que se debe a algunas vías de cambio determinadas, los lamarckianos y neolamarckianos creen que los cambios se deben al uso y desuso de órganos y estructuras, o a la influencia del ambiente; los ortogenéticos en una fuerza interna del organismo que lo guía y dirige hacia la perfección.

En esta tesis, y como se explicará más adelante, emplearé un instrumento escrito que consiste en un cuestionario cuyas opciones incluyen respuestas darwinianas, teleológicas y ortogenéticas, diseñado por Sánchez-Mora (2000) y retomado por Hernández (2002) para conocer las respuestas de los profesores. Por ello y para mejorar la comprensión de estas explicaciones a continuación se describen brevemente las características de cada una de esas maneras de explicar la evolución de los seres vivos.

Una de las aportaciones más sólidas de Darwin, fue establecer el mecanismo de “selección natural”, destronando la idea de diseño y de diseñador¹¹, esto le trajo muchas críticas, de hecho, la “selección natural” no fue aceptada de manera general sino hasta el primer tercio de este siglo cuando se realizó la síntesis evolutiva (Mayr, 1991), por lo que en realidad es de relativamente reciente adopción.

¹¹ William Paley, teólogo del siglo XVIII publicó en 1802 su libro *Natural theology, or evidences of the existence and attributes of the Deity collected from the appearances of nature*, una de las obras importantes para defender la idea del “diseño y el diseñador”, utilizando el ejemplo del reloj y el relojero, que luego inspiraría a Richard Dawkins para publicar *El*

Las ideas alternas que aparecieron o que recobraron fuerza tratando de reemplazar a esta teoría, son las finalistas como forma superior de conseguir la adaptación, por su importancia para el trabajo, las revisaremos más a *detalle*. Entre ellas y como ya se mencionó, están las siguientes:

El lamarckismo.

Es la creencia de que se presenta un cambio gradual de las especies a lo largo del tiempo hacia un nivel de mayor complejidad y adaptación mediante el “uso y desuso” y “la herencia de caracteres adquiridos”.

Esta forma de pensar, se ha denominado así por su creador, Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet Caballero de Lamarck, naturalista francés (1744-1829), considerado como el primero que elaboró una teoría científica sobre el mecanismo de evolución de los seres vivos y para algunos, el fundador del transformismo. Al parecer, expone sus primeras ideas transformistas en un discurso en el año 1800, pero su obra capital fue la *Philosophie zoologique* publicada en 1809 y en la que ofrece una gran cantidad de ejemplos para sustentar su teoría.

Es preciso hacer una aclaración respecto a las ideas de Lamarck, ya que es común que se le malinterpreta en cuanto a la relación del medio sobre los animales. Lamarck postula una influencia indirecta del medio sobre ellos, esto lo aclaro porque es común el error de creer que él postulaba una influencia directa¹², lo cual en realidad fue propuesto por Buffon y retomado por Geoffroy Saint-Hilaire.

En concreto, Lamarck pensaba que las condiciones del medio generaban en los animales ciertas necesidades y en función de ellas los jóvenes desarrollaban o no estructuras para adaptarse. Si las condiciones del medio cambian, las necesidades también lo hacían y entonces los animales modificaban sus respuestas adaptativas. Él lo escribía así:

“A consecuencia de estas influencias distintas, las facultades se extienden y se fortifican con el uso, se diversifican por nuevas costumbres largo tiempo conservadas; e insensiblemente, la

relojero ciego en contraposición y ejemplificando que la “selección natural” es un proceso ciego e inconsciente, que no tiene fines, ni visiones.

¹² Para ser justos, Lamarck creía que los animales experimentaban procesos diferentes a los de las plantas, en estas últimas si aceptaba una influencia directa del medio. Lo anterior no sorprende si consideramos que como botánico fue fijista y que cuando se adentra en la zoología sobre todo de invertebrados fue transformista, además que las ideas de acción directa del medio existían tanto en Buffon como en G. Saint-Hilaire.

conformación, la consistencia, en una palabra la naturaleza y el estado de las partes, así como los órganos, que participan de las consecuencias de todas esas influencias, se conservan y se propagan por generación.”

“El empleo frecuente de un órgano, hecho constante por los hábitos, aumenta las facultades de ese órgano, lo desarrolla y lo hace adquirir dimensiones y una fuerza de acción que no se encuentra en los animales que lo ejercitan menos.”

“La falta del empleo de un órgano, hecha constante por los hábitos adquiridos, empobrece gradualmente ese órgano y acaba por hacerlo desaparecer y aun aniquilarlo.”¹³

Pero para poder hablar de una real transformación de las especies, se requiere además de experimentar ciertos cambios, que éstos perduren en la progenie. Para ello Lamarck postula las dos leyes siguientes y que constituyen el fundamento de su teoría:

Primera ley¹⁴.

“En todo animal que no ha terminado el término de su desarrollo, el empleo más frecuente y sostenido de un órgano cualquiera, fortifica poco a poco ese órgano, lo desarrolla, lo aumenta y le da una potencia proporcional a la duración de su empleo; mientras que la falta constante de uso de tal órgano lo debilita insensiblemente, lo deteriora, disminuye progresivamente sus facultades, y acaba por hacerlo desaparecer”.

Segunda ley¹⁵.

“Todo lo que la naturaleza hace adquirir a los individuos por influencia de las circunstancias en que se encuentra su raza, y por consecuencia del empleo predominante de tal órgano, o por el defecto constante en uso de tal otro, lo conserva por la generación a los nuevos individuos que de ella provienen: siempre que los cambios adquiridos sean comunes a los dos sexos, o a aquellos que han producido esos nuevos individuos.”

¹³ En el libro de Enrique Beltrán dedicado a Lamarck, y en la antología de Bojorquez, se encuentra una traducción del primer capítulo de la “Filosofía Zoológica.”

¹⁴ Esta ley se conoce comúnmente como la ley del uso o desuso.

¹⁵ A esta segunda ley se le conoce como de la herencia de los caracteres adquiridos.

En su libro capital, Lamarck brinda gran cantidad de ejemplos con los que intenta fortalecer sus puntos de vista, algunos de esos ejemplos con los que ejemplifica sus ideas, como son el caso del proteo, las membranas interdigitales y la longitud de las patas de aves acuáticas, han sido retomados y utilizados en el instrumento que aplicamos a los profesores en el presente estudio.

En la actualidad se considera que la aportación teórica de Lamarck, es un esfuerzo genial que sentó las bases del transformismo, pero en realidad y bajo la idea actualmente dominante acerca de cómo evolucionan los seres vivos, esta explicación contiene errores importantes, porque si bien es cierto que la experiencia en ocasiones confirma el uso o desuso, no existe evidencia experimental que sustente la herencia de los caracteres adquiridos¹⁶ y por el contrario, los conocimientos obtenidos en materia de genética molecular, la niegan rotundamente.

Sin embargo, es una idea científica desde el punto de vista que se trata de una explicación causal, verosímil y con respecto a la adaptación se apoya sobre hechos que la experiencia parece constatar, razones por las cuales quizá tiene tanta aceptación.

La ortogénesis.

Es la concepción que explica la evolución de estirpes filéticas siguiendo un curso lineal predeterminado por un mecanismo interno que tiende hacia la perfección del individuo. Esta fuerza interna fue denominada en alemán como *Vervollkommnungstrieb*.

Esta idea surge en el último cuarto del siglo pasado con miras a explicar por que se daba un incremento gradual en el tamaño de series de fósiles a lo largo del tiempo, (Dobzhansky *etal*, 1980).

¹⁶ Es preciso aclarar que si bien no hay evidencias claras a favor de la herencia de los caracteres adquiridos, personas como Jean Piaget (1985, pp. 95-102) el célebre biólogo suizo, para indagar sobre la epistemología de la biología, se apoya en los experimentos de Waddington quien dice haber logrado en laboratorio la "asimilación genética" de un carácter adquirido (Maynard, 1975, pp. 343-346), trabajando con drosófilas a las que se les aplicó un choque térmico, consecuencia del cual aparecieron moscas sin la nervadura transversal completa en el ala, con el tiempo y después de un número de generaciones, refiere que este carácter se fijó en la población aun y cuando no se volvió a aplicar el choque térmico; lo mismo sucede con la papila anal que experimenta un agrandamiento tras un tratamiento salino, o el cambio del tercer segmento corporal que queda igual al segundo cuando a los huevecillos se les trató con vapores de éter. Así mismo, hechos como la presencia de callosidades en los embriones de avestruz e incluso en las plantas de los pies de embriones humanos han llevado a que un grupo de investigadores, reconsideren al lamarckismo. Estos resultados de experimento recientes, lo que nos dejan, es al menos un indicio del interés que se sigue teniendo por las ideas de Lamarck.

La ortogénesis plantea así, una evolución no adaptativa, sino por tendencias que son bastante constantes en cuanto a dirección a lo largo de periodos largos de tiempo (por ejemplo el aumento de tamaño), debido como ya dijimos a características inherentes o immanentes de los organismos implicados.

Un ejemplo que se emplea para este tipo de evolución y en el que aparentemente se podía incluso mostrar que las tendencias internas en ocasiones podían llegar a ser desventajosas, es el *Megaloceros*, un cérvido cuyas astas llegaban a pesar 40 kilogramos y su cráneo hasta 2 kilogramos, así el desarrollo ortogenético de las astas lo llevaría a una inadaptación y por lo tanto a la extinción. (Lull, 1922; citado por Dobzhansky *etal*, *opcit*).

Quizá un punto en contra de esta forma de explicación sea que plantea una evolución que sigue líneas predeterminadas, cuando se ha visto que en realidad los seres vivos pueden seguir diferentes caminos o estrategias adaptativas.

La teleología.

De *telos* = fin, como la existencia de procesos naturales dirigidos con un propósito y hacia un fin determinado (*progreso orgánico*). En sus versiones más actuales, podríamos encontrar una definición como esta: “Teleológico es aquel sistema cuya estructura contiene o codifica el programa de su conducta ulterior que lo posibilita para actuar con un propósito. Los seres vivos estarían programados como sistemas en los que la información está codificada en el ADN o ARN”.¹⁷

Es claro que la idea de “propósito o fin” se refuerza cotidianamente, los humanos hacemos algo para algo, escribimos para comunicarnos, tomamos agua para quitarnos la sed, hacemos relojes para saber la hora, vamos a un paseo para divertirnos, tenemos puertas para limitar el acceso a un recinto, tenemos perro para que nos acompañe, en fin estamos rodeados de fines, no hay objeto que surja sin un propósito, trabajamos mediante planes y proyectos en los que se busca cubrir objetivos y alcanzar metas, en un ambiente así, es difícil concebir la idea de que algo responda a nada.

Aristóteles lo escribía como que “La naturaleza no hace nada en vano”, Mayr añade: “Dios tampoco, diría un cristiano”.

¹⁷ El mismo E. Mayr propone que estos sistemas deben ser denominados teleonómicos para diferenciarlos de los teleológicos. Mayr, E. *Teleological and teleonomic: a new analysis* in: R. S. Cohen and M. W. Wartofsky eds. *Methodological and historical essays in the natural and social sciences*. Boston, Riedl, 1974, (citado por Bouton, 1984)

Si bien esta forma de pensamiento se reconoce desde los escritos de Aristóteles, como término semántico al parecer fue ideado por Christian Wolff en 1728, como “aquella parte de la filosofía de la naturaleza que explica los fines de las cosas” (Bouton, 1984).

Las explicaciones teleológicas para fenómenos biológicos¹⁸, al igual que la concepción “esencialista” y las explicaciones del mecanismo evolutivo según las ideas lamarckianas, perduran hasta la actualidad y son base del pensamiento cotidiano, pero en todos los casos son atrasos ideológicos de los biólogos al interior de la obra científica (Lorenzano, 1984).

Si caracterizáramos las explicaciones teleológicas, encontraríamos los siguientes componentes:

1. Establecen la contribución de algún objeto o conducta a un estado de un sistema determinado.
2. Explican la presencia en el sistema de ese objeto o conducta por su contribución.
3. Hacen referencia a un estado futuro que permita comprender cierto estado presente de cosas. (Ponce, 1984).

Es decir cuando *B alude a una finalidad que debe cumplir A*, se acepta que se está frente a una explicación de tipo teleológico (Lorenzano, 1984), de manera más concreta, cuando se utilizan términos como “sirve para...”, “el propósito de... es ... para...”, “le ayuda a...” podemos saber que se emplean argumentos teleológicos, veamos algunos ejemplos:

- “La función de la clorofila es captar la luz solar.”
- “Las garras le sirven al león para capturar a sus presas.”
- “El ojo sirve para ver.”
- “Algunas mariposas son de color negro con el propósito de confundirse con el medio.”

¹⁸ Y decimos que en fenómenos biológicos porque en otras ciencias decir por ejemplo que la función de la fuerza centrífuga de los planetas es igualar la fuerza de atracción para evitar que caigan hacia el sol, se escucha poco creíble si la comparamos por ejemplo con que la función de la insulina es evitar el aumento de azúcar sanguínea y que nos dé diabetes.

- “Las rosas tienen espinas con la intención de lastimar a sus agresores.”

Existen trabajos en los que se plantea la necesidad de separar a las explicaciones biológicas de estos “resabios aristotélicos”, Lorenzano (1984) muestra cómo eliminando las palabras que le dan el carácter teleológico a la explicación, ésta no sufre alteraciones. Por ejemplo la oración “la función de la hemoglobina es llevar el oxígeno a los tejidos” claramente teleológica, puede quedar así “la hemoglobina transporta el oxígeno a los tejidos”, la cual no es un enunciado teleológico y la información que se brinda, no varía.

Hay intentos por transformar proposiciones teleológicas en enunciados causales, un ejemplo de esta traducción, es el siguiente y que se considera clásico, escrito por Nagel (citado por Ponce, 1984).

“La función de la clorofila en las plantas es permitir a estas realizar la fotosíntesis (es decir formar almidón a partir del dióxido de carbono y del agua en presencia de la luz solar)”.

El cual cambiaría a:

“Cuando se les suministra agua, dióxido de carbono y luz solar, las plantas elaboran almidón; si las plantas no tienen clorofila, aunque tengan agua, dióxido de carbono y luz solar no elaboran almidón; por ende, las plantas tienen clorofila.”

Con este ejemplo, vemos las dificultades de hacer dicha traducción y cómo la primera parece más clara y la otra muy rebuscada. Eso se puede deber, según creo, a que estamos habituados a escuchar explicaciones teleológicas en todos los ámbitos, incluyendo por supuesto la escuela, de modo que los profesores utilizan ese lenguaje puesto que es más didáctico, pero en ningún momento conocemos otra forma de enunciar los fenómenos biológicos. Lo que no sucede con otras ciencias, ya que ellas si han separado sus explicaciones. Primero la física después la química cambiaron las explicaciones teleológicas por las nomológicas-deductivas (Lorenzano, 1984).

Este debate entre las explicaciones teleológicas y causales ha sido muy interesante y controvertido para la filosofía de la ciencia (Ponce, 1984).

Bajo la premisa de que no es igual referirse como teleológico a una estructura anatómica, digamos un ala o a un órgano tan complejo como el ojo que a un aparato

como el taladro o al hecho de transportarse en autobús, surgió la necesidad de tipificar las explicaciones teleológicas, así se pueden dividir en dos grandes tipos:¹⁹

La externa, artificial o intencionada.

Se le atribuye a Platón, y plantea que los fines son producto de una mente organizadora. Dios hizo al mundo y luego lo dejó, nunca intervino posteriormente sobre él.

También aquí se incluyen a los objetos que responden a una intención, un cuchillo, un termostato etc. Ya que fueron realizadas con una intención conciente de una persona o agente.

La interna, natural o no intencionada.

La teleología interna, es propuesta por Aristóteles y plantea que los fines son internos al sujeto, de manera que los individuos hacen lo mejor para sí mismos. Según esta idea, cada tipo natural (lo que ahora llamamos especies) posee una esencia estática e inmutable que sirve a causas eficientemente, la finalidad de todas las cosas entonces es perfeccionar su esencia. (Hull, 1973)

Según Ayala, aquí se deben considerar las estructuras anatómicas y los órganos como el ala que sirve para volar pero no fue creada por un agente y tampoco (obvio) fue consciente.

Aún más, el Dr. Ayala plantea que la teleología natural puede subdividirse en Indeterminada o inespecífica y en determinada o específica.

La diferencia entre ellas es como el nombre lo dice en el estado final al que se tiende a llegar, así teleología natural determinada puede ser el desarrollo de un pollo en el huevo, los procesos homeostáticos como el control de la temperatura y aquellos en los que está claro el estado final, el cual es específico e independiente de las fluctuaciones ambientales.

El otro tipo de teleología natural, es cuando las fluctuaciones ambientales pueden modificar el estado final, de modo que el resultado es, en si, una selección a favor de alguna de las alternativas, las adaptaciones de los organismos son ejemplos de este tipo y se dan bajo procesos estocásticos (variabilidad, recombinación y mutación).

¹⁹ El nombre varía según el autor, pero se refieren más o menos a lo mismo, véase Hull, 1973 y Dobzhansky *et al*, 1980. Sobre todo quien ha contribuido más a este tema es el Dr. Francisco Ayala, coautor del citado libro.

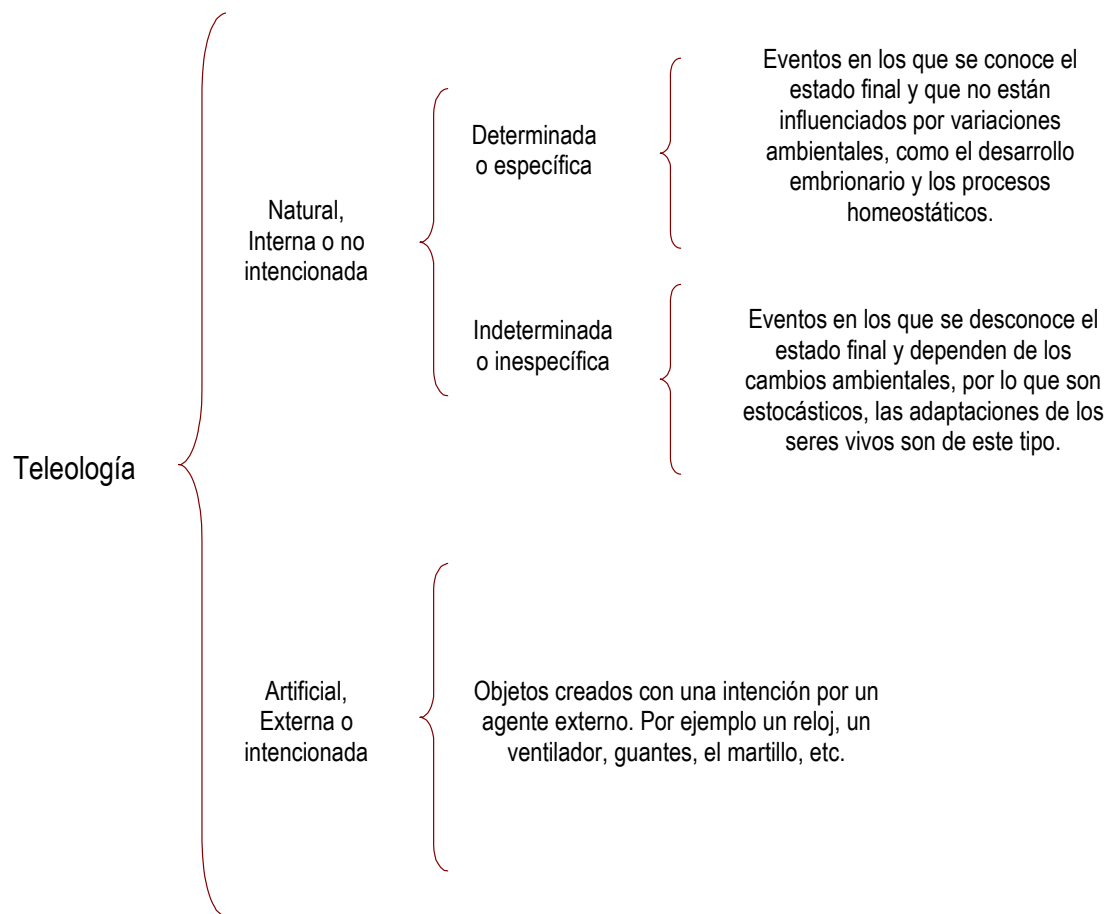


Figura 1. Clasificación de la Teleología.

Si bien estas ideas han sufrido avances desde que fueron creadas, actualmente existe el debate entre las tres posibilidades, quienes las consideran la única opción válida, los que creen que una parte de ellas es útil y los que consideran que deben desterrarse de la ciencia.

Dentro de quienes consideran a la teleología como única opción, podríamos citar a Aristóteles y Platón, a Santo Tomás de Aquino y personas cuyas aportaciones fueron importantes pero que en la actualidad no se toman acriticamente, sus mismos seguidores han tenido que actualizar sus ideas conforme avanzan los conocimientos.

Aunque hay que aclarar que la visión de Aristóteles era diferente a lo que hoy se considera como teleología, recordemos que para él, todo tendía hacia un “fin último” el cual era el objetivo del movimiento en la naturaleza,

“una metafísica sometida a un causalismo finalista inamovible y a una lógica abstracta del movimiento”, el fin para Aristóteles implicaba una noción directriz de los seres que les permiten mantener las estructuras y actividades que necesitan para soportar las fuerza que tienden a destruirlas²⁰. Esta visión fue retomada y adecuada al cristianismo al parecer por Santo Tomás de Aquino y los escolásticos del medievo, que transformaron el “telos” en Dios omnipresente, omnipotente y omnisapiente que no tiene nada que ver con “el acto puro e incorpóreo ni con el motor inmóvil” del estagirita (Bouton, 1984).

En el segundo grupo, podremos citar a Paley considerado como uno de los mejores representantes de la teleología, si bien consideraba que la “producción de cosas” sería el resultado de series (trenes decía él) de eventos mecánicos, también aceptó la teoría de la evolución. Un representante más cercano, es el Dr. Francisco Ayala, cuya postura establece que sí puede haber coexistencia entre las explicaciones causales y las teleológicas. Con la intención de no modificar sus planteamientos, a continuación transcribiré una parte de ellos, y que se encuentran en el libro de evolución que hiciera junto con otros evolucionistas eminentes, de la talla de Dobzhansky, Sttebins y Valentine:

“Explicaciones teleológicas son por ejemplo que un cuchillo está hecho para cortar, un reloj sirve para saber la hora, un termostato para regular la temperatura, en organismos serían rasgos las alas de un pájaro que son para el vuelo, los ojos son para la vista, se tienen riñones para regular la composición de la sangre. Es decir, los rasgos de organismos que se dicen ser teleológicos son esos que se pueden identificar como adaptaciones, sean estructuras o comportamientos por ejemplo el cortejo que despliega un pavo real. Las adaptaciones son rasgos de los organismos que han sido mantenidos o desarrollados por “selección natural” porque sirven a ciertas funciones y así acrecientan el éxito reproductivo de sus portadores”.

“A diferencia de los seres vivos, los objetos y procesos no son teleológicos. La configuración de una molécula del cloruro de sodio (sal común) depende de la estructura de sodio y cloro, pero no tiene sentido decir que se inventó esa estructura con un cierto propósito, tal como

²⁰ En la actualidad es posible encontrar terminos como “goal directed” que en esencia son la idea original de Aristóteles. (Bouton, 1984)

saborear salado. De esta manera, la forma de una montaña es el resultado de ciertos procesos geológicos, pero no surge bajo un cierto propósito, como proporcionar cuevas satisfactorias para los esquiadores. El movimiento de la tierra alrededor del sol resulta de las leyes de gravedad, pero no existe para que las estaciones ocurran. Usamos cloruro de sodio como comida, una montaña para esquiar, y aprovechamos las estaciones, pero el uso que hacemos de estos objetos o fenómenos no son la razón por la que existen o de que tengan ciertas configuraciones. En cambio, un cuchillo y un carro existen y tienen configuraciones particulares precisamente para servir a los propósitos de corte y transportación. De la misma manera, las alas de los pájaros existen precisamente porque permitieron el vuelo, que fue reproductivamente ventajoso. La conducta que despliega el pavo real sobrevino porque aumentó las oportunidades de unión y así de tener descendencia”.

“Las explicaciones teleológicas explican la existencia de un cierto rasgo en un sistema para demostrar la contribución del rasgo a una propiedad específica o estado del sistema. Las explicaciones teleológicas requieren que el rasgo o conducta contribuya a la persistencia de un cierto estado o propiedad del sistema: las alas sirven para el vuelo; la agudeza de un cuchillo sirve para el corte. Además, y éste es el componente esencial del concepto, esta contribución debe ser la razón de porqué el rasgo o conducta existe en absoluto: la razón porqué las alas existen es porque sirven para el vuelo; la razón porqué un cuchillo es afilado es porque está destinado al corte.”

“La configuración de una molécula de cloruro de sodio contribuye con su propiedad de saborear salado y por consiguiente se usa como comida, y no al revés, la posibilidad de usar al cloruro de sodio como comida no es la razón por la que tiene una particular configuración molecular o sabor salado. El movimiento de la tierra alrededor del sol es la razón por la cual las estaciones existen; pero la existencia de las estaciones no es la razón por la que la tierra se mueve de un lado a otro del sol. En cambio, se puede explicar teleológicamente la agudeza de un cuchillo porque se ha creado el cuchillo precisamente para servir al propósito de corte. Los automóviles y sus configuraciones particulares existen porque sirven a la transportación, y así se pueden explicar teleológicamente. Muchos rasgos y conductas de los organismos encuentran los requisitos de

explicación teleológica. No todos los rasgos de un carro contribuyen eficazmente a la transportación algunos rasgos están por estética u otras razones. Pero siempre que se agrega un rasgo es porque exhibe cierta propiedad. La mano de hombre, las alas de los pájaros, la estructura de los riñones, y la conducta que despliega el pavo real son ejemplos ya dados, en general, como señaló esos rasgos se explican teleológicamente y se consideran adaptaciones. Esto se da sencillamente porque las adaptaciones son rasgos que existen por “selección natural”.”

Por otra parte, existen personas que consideran que este tipo de explicaciones deben ser desterradas de la ciencia, a continuación algunos párrafos de quienes piensan en este sentido.

- De ser verdadero que el Universo es un mecanismo perfecto en el que hay un lugar para cada cosa y cada cosa está en su lugar, entonces se está implicando a una sola mente. Detrás de todo el empirismo, está la creencia en Dios como la causa primaria que subyace e interviene ocasionalmente en los procesos naturales.
- La teoría de la evolución de Darwin es incompatible con las visiones teleológicas. Los teleólogos externalistas no pueden estar de acuerdo con ella, por que si Dios creó al mundo y en consecuencia a las especies y después lo abandonó para que evolucionaran mediante la lucha por la existencia, se puede inferir que ese Dios no es tan benevolente y afecto al amor, y que tampoco le interesaba la veneración. Pero es todavía más drástica contra la visión internalista, ya que la visión de cambio gradual es inconcebible bajo la idea de la inmutabilidad de las esencias y su tendencia a realizarse. (Hull, 1973)
- Se considera que abolir una evolución teleológica fue la más palpable de las sugerencias de Darwin, en *El origen de las especies* no reconoce ninguna meta en la naturaleza.
- La teleología esta en descrédito general en la ciencia moderna, las explicaciones de ese tipo son vestigios de una era

precientífica, apriorística y no empírica que como las demás ideas filosóficas no mueren del todo y perduran en el pensamiento común (Bouton, 1984).

- Las explicaciones deben estar acorde a la ley que las genera, de tal manera que no es válido que se usen explicaciones teleológicas deducidas de leyes no teleológicas.
- Las estructuras lógicas de las leyes y de la explicación, justifican lógica y metodológicamente la regla metodológica de prohibir en ciencias, las preguntas a la naturaleza que comiencen con un ¿Por qué?, y hacerlas en función de ¿Cómo? Que evita el riesgo de aceptar el uso de parámetros como los esencialistas y no relacionales.
- Lorenzano *opcit*, sostiene que en ningún caso ni biológico o de otra ciencia natural, ni histórico o de otra disciplina social, ni en el comportamiento humano (que se consideraba netamente teleológico) es posible mantener estas explicaciones.

RESEÑA DE LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA DE MÉXICO

La teoría de la evolución por medio de la “selección natural” fue publicada en Inglaterra en el año de 1859, pero como sabemos no fue bien recibida, sufrió muchas críticas algunas de las cuales se mantienen hasta nuestros días, de hecho pasaron algunas décadas antes que gozara de una aceptación mayor, uno de los países que se mostró reacio a la incorporación de dicha teoría, fue Francia. Este país europeo fue, a finales del siglo diecinueve y principios del veinte, una gran influencia para México, la etapa porfirista que atravesábamos fue muy amigable con sus costumbres y en muchos aspectos se manifestaba esta influencia, la educación no fue la excepción y quizá por ello las ideas de Darwin tardaron en ser aceptadas en nuestro país.

La primera cita de que se tiene noticia de los trabajos de Darwin en México, fue una discusión propuesta por un estudiante de medicina llamado Pedro Noriega quien leyó un trabajo titulado “Consideraciones sobre la teoría de Darwin” esto fue el 25 de febrero de 1877, esta lectura se realizó en una reunión de la “Asociación metodófila Gabino Barreda” la cual había sido fundada solo 21 días antes por el mismo Gabino Barreda. El propósito de esta asociación, era el estudio de todos los aspectos del Universo (Maldonado-Koerdel, 1959). Si bien esto es cierto, también lo es que una discusión de esta naturaleza y de manera aislada no es indicativa de que se hubieran difundido por el territorio y por supuesto no habían impactado en la educación mexicana.

En nuestro país, la educación secundaria se organiza hasta 1937 y constituye un adelanto importante en la estructura del sistema educativo nacional. Para este año, se impartían tres cursos relacionados con las ciencias biológicas, en primero se

enseñaba “Botánica”, en segundo “Zoología” y en el tercer grado “Anatomía, fisiología e higiene”. Esta distribución perduró algún tiempo pero se le criticó la organización desintegrada de los contenidos, por lo que se propuso un cambio a tres cursos, uno por grado de “Ciencias biológicas”. Sin embargo y pese a que las intenciones eran brindar una orientación más coherente de la biología, en la práctica no sucedió y se siguieron dando botánica, zoología y anatomía fisiología e higiene en primero, segundo y tercer grados respectivamente, pero con el nombre de ciencias biológicas.

La influencia de Don Enrique Beltrán en la enseñanza de la biología en el nivel secundaria de nuestro país es muy grande, y entre otras razones, se debió a su visión nacionalista, preclara inteligencia y habilidades políticas que le permitieron acceder a puestos ejecutivos de alto nivel, en los que procuró crear las condiciones para el avance de la enseñanza de las ciencias en general y de la biología en particular.

En 1937, ocupaba el cargo de jefe de la clase de biología en la Escuela Normal Superior y su influencia favoreció que se introdujera el sistema de “Unidades” en los programas correspondientes. Esto posibilitó a su vez que para el año de 1944, la Secretaría de Educación Pública (SEP) tras una revisión de los Planes y Programas de estudio proclamara la necesidad de que se cambiara la estructura a emplear unidades. De hecho, en ese mismo año, E. Beltrán pronunció una conferencia titulada “Los maestros y los programas de ciencias biológicas” (Beltrán, 1944)²¹ en la que sugiere cómo considera que deben ser los nuevos programas de segunda enseñanza (como se llamaba en ese entonces a la educación secundaria). Esta idea se extendió y sirvió como fundamento para que se implantaran en el año 1945.

Esta revisión de Planes y Programas constituyó realmente una modificación sustancial de la enseñanza de la biología en la educación secundaria de nuestro país, y perduró aproximadamente diez años, hasta que una nueva revisión se dio paulatinamente en la década de los años cincuenta, así el programa de segundo grado de biología fue aprobado a finales de 1954 (Beltrán, 1961) y dos años más tarde en octubre de 1956 la SEP publica el programa correspondiente al tercer grado de biología (Leoncio, 1958).²²

En este programa, la quinta de seis unidades, fue denominada “La evolución orgánica” y contenía los siguientes temas y subtemas:

²¹ Beltrán, E. (1944). Los maestros y los programas de ciencias biológicas. Boletín del Seminario de Estudios Pedagógicos. 2 (7) : 209-235.

²² Gómez V. L. (1958). Biología. Tercer curso para segunda enseñanza. 1ª ed. Herrero, México D. F.: 313 p.

QUINTA UNIDAD

La Evolución Orgánica

Tema 1.

Lo que debe entenderse por evolución orgánica.

Tema 2.

Las eras geológicas y sus organismos predominantes.

La tierra en estado de perpetuo cambio.

Acción de diversos agentes exógenos y endógenos que modifican la corteza terrestre.

Las eras geológicas y sus relaciones con los organismos de nuestro planeta en cada época.

Cómo se piensa que se hayan originado los seres vivientes.

Tema 3.

Los cambios experimentados por los organismos al través del tiempo.

Tema 4.

Las bases del evolucionismo y las pruebas en que se apoya.

La noción de transformismo.

Pruebas de la evolución.

Tema 5.

Lo que opinan los hombres de ciencia acerca de la evolución.

Como vemos aquí ya se trata de manera diferente al menos en el programa, pero si revisamos lo que proponían los libros de texto, nos encontramos con que el tratamiento no es realmente evolucionista, así esta el caso del libro de Leoncio Gómez (1958) en el que se puede leer:

“Como introducción a la unidad, se pondrá de manifiesto que por evolución orgánica deben entenderse la serie de cambios y transformaciones sucesivas que han sufrido las especies *vegetales* y animales al través del tiempo, desde su aparición en la tierra”

Donde se percibe una ambigua definición del concepto y adelante añade:

“Mucho antes de que el concepto orgánica constituyera una definida teoría, ya los padres de la Iglesia consideraban el principio evolutivo de todos los organismos”.

San Agustín en su libro *De génesis ad literam*, considera al acto creador como causal, potencial, y no como actual. Los organismos fueron creados para vivir y transformarse”.

Y se refiere al carácter evolutivo de la creación divina al expresarse así: “cesó luego de crear, continuando, no obstante, la perfección de su obra en la sucesión de los tiempos hasta el momento presente.” (p. 267).

A la teoría de la “selección natural” se le dedica solo media hoja, y se trata de la siguiente forma:

“...Admitido esto, (que los descendientes se parecen a los padres pero no son iguales) expone la idea de *la selección natural, basada en la selección artificial* que el hombre lleva a cabo en los organismos para obtener mejores variedades y razas.” (p. 283).

Como vemos el tratamiento del programa se hace en función de las concepciones de quien lo instrumenta, este autor, por ejemplo, creía que en algunos casos se daba la herencia de los caracteres adquiridos y en el párrafo anterior la tendencia teleológica queda de manifiesto. Sin embargo y pese a lo anterior, los programas ya abordaban expresamente contenidos de evolución de los seres vivos.

Otro cambio importante en la enseñanza de la biología se da en el año de 1959, cuando la SEP determina que la enseñanza de la biología se reduzca de tres a dos años, quedando entonces en primero y segundo grados de biología.

El siguiente cambio oficial, se dio hasta 1974, es decir, cerca de 14 años después, cuando la Secretaría de Educación Pública tras una revisión emite las *Resoluciones de Chetumal*, documento que muestra los acuerdos en materia educativa a los que se ha llegado y se transforma la enseñanza secundaria. Entre los cambios que se relacionan con la enseñanza de la biología y por ende con este trabajo, podemos señalar los siguientes:

- Se implanta el sistema de áreas en la mayoría de los planteles, agrupando biología, física, química y geografía física en ciencias naturales. Sólo en algunos casos se dio la enseñanza de estas ciencias de manera separada.

- Se acepta una orientación psicológica de tipo conductista que rige los programas de estudio.
- Se regresa a la enseñanza de la biología o ciencias naturales en los tres grados de educación secundaria y con una carga horaria de siete horas por semana para el área y tres horas semanales para la asignatura.

En este documento (*Las resoluciones de Chetumal*) se pueden reconocer algunos puntos dignos de señalarse, y que ilustran como se entendía la enseñanza de la evolución en aquel momento de la historia de la educación de México y que fue hace solo veinte años. El enfoque de la enseñanza de las ciencias (y de la biología por supuesto) era declaradamente antropocéntrico, lo cual es explícito según lo que se puede leer en la página 142 en donde se lee “La tierra es la morada del hombre y el hombre su principal habitante”.

En todo el primer grado la única cita referente a evolución de los seres vivos, es el objetivo 7.2 “Advertirá que las plantas y animales evolucionaron simultáneamente” (p.155).

En el segundo grado aparece por vez primera Darwin, pero curiosamente lo mencionan como mutacionista junto con De Vries y Morgan (p.157), lo que habla del desconocimiento que se tenía de él.

En este grado también, aparecen dos objetivos más con tinte evolutivo, 8.3 “Advertirá las formas de adaptación de los seres vivos a su ambiente” (p.163) y 8.4. “Describirá las adaptaciones de algunos animales a la vida parasitaria”. (p.164).

En el tercer grado de Ciencias naturales se encuentran numerosos ejemplos de contenidos tratados de manera que confirman la orientación antropocéntrica del programa, se trata a las plantas y animales por su utilidad para el humano, la genética por sus beneficios en agricultura y zootécnia y así por el estilo.

Al menos en estos acuerdos, no hay referencias a que se enseñe “selección natural”, evolución de los seres vivos, variación y sus fuentes o la teoría sintética.

Ahora bien, las resoluciones antes citadas, no son los programas de estudio, son las bases con las que se transformaron los planes anteriores. Si analizamos los programas de ciencias naturales del Plan 74, encontramos una situación diferente porque en ellos sí se plantea la enseñanza de la evolución, no como quisiéramos porque le destinan muy pocos contenidos y el tratamiento sugerido dista de ser el ideal para un paradigma de la biología actual, pero lo abordan.

Este Plan, fue vigente hasta principios de la década de los 90's es decir por cerca de 20 años, lapso en el que los programas no se modernizaron, además que las condiciones de la sociedad mexicana eran diferentes y también los conceptos psicopedagógicos proponían orientaciones distintas, por ello entre otras causas, se consideró preciso efectuar una reforma curricular.

Inicialmente se realizaron adecuaciones a los programas, con lo que se obtuvieron los "Programas ajustados" que pretendían iniciar el cambio, posteriormente se manejaron los programas "Emergentes" en el que se regresó a asignaturas y finalmente después de un proyecto piloto, hubo un nuevo cambio de programas y la SEP determinó que se regresara a la enseñanza por asignaturas, que la biología volviera a cursarse en dos años con una carga horaria de tres horas por semana para el primer grado y una disminución a dos horas por semana para el segundo grado.

Desde entonces y mientras el programa permaneció vigente, la unidad referente a evolución de los seres vivos fue la segunda del primer grado. La diferencia con sus antecesores fue en esta ocasión sí se trataban los conceptos de "variabilidad y sus fuentes", "selección natural", "teoría sintética" y "la vida y obra de Darwin", además se sugería que la evolución fuera un concepto integrador en la enseñanza de la biología, aunque en el enfoque y los propósitos esto no quedó plasmado por escrito.

A partir de 1993, el Plan de Estudios para la educación secundaria, considera la enseñanza de las ciencias como su tercer prioridad, y enfatiza que la química y física presentan bajo aprovechamiento. Quizá la anterior sea la razón por la que a la asignatura de biología le fue asignada una carga horaria de tres horas en el primer grado y dos horas para el segundo grado, cabe precisar que con esta carga horaria, Biología es la ciencia que menos se cursa en este nivel educativo²³.

En dicho Plan de estudios, el propósito general de la asignatura de biología, buscaba de manera general, que los alumnos aprendieran los procesos que suceden en los seres vivos. Aparecía implícita la evolución, pero textualmente, se consideraban más relevantes el cuidado del medio y de la salud, los cuales sí se explicitaban en el enfoque de la asignatura. Además, en el programa de estudios, la evolución se abordaba en la segunda unidad temática del primer grado, antes de ecología y genética, debido a que se consideró un proceso macrobiológico (SEP, 1993).

En el programa de Biología que hasta el 2006 se cursó en las escuelas secundarias de México, se planteaba claramente la importancia de que la enseñanza de esta ciencia, contribuyera a desarrollar en los jóvenes actitudes y valores mediante el aprendizaje y la práctica de sus métodos, para propiciar una aplicación sistemática de actitudes como la capacidad de formular preguntas y muy especialmente inculcar en el alumno un cierto escepticismo sistemático que le permitiera balancear la aceptación indiscriminada de nuevas ideas (SEP, 1993).

En el libro para el maestro de Biología, la Subsecretaría de Educación Básica detalló tanto el enfoque como los contenidos de que constaba el programa, y especificó que la enseñanza de esta ciencia debía promover una cultura científica con carácter formativo y que era importante brindar a los alumnos la esencia de los fenómenos biológicos. Asimismo, se planteó aprovechar la curiosidad de los jóvenes para que se hicieran preguntas y buscaran las respuestas (SEP, 1994).

Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo.

- Ideas preevolucionistas
 - Las primeras ideas: el fijismo
 - Lamarck
- Darwin y la selección natural
 - Darwin y el viaje del Beagle
 - Las influencias de Darwin: Malthus y Wallace
 - La variabilidad y sus fuentes
 - La selección natural
 - La publicación de El origen de las especies
- Evolución, diversidad y adaptación
 - El origen de la diversidad biológica y la especiación
 - El principio de adaptación
 - El neodarwinismo: nuevas evidencias para la teoría de la evolución.

Temas y subtemas de la segunda unidad del programa de biología de 1993.

El programa de la asignatura de biología, presentó una organización en 10 unidades temáticas, cinco para el primer grado y las restantes para el segundo grado. Como ya se mencionó, la unidad correspondiente a evolución, se encontraba en el primer grado y correspondía a la segunda unidad temática. Salvo un tema incluido en la primera

²³ En el Plan de estudios anterior tanto química como física cuentan con tres horas cada una tanto en segundo como en el tercer grado y que se incluyó en primer grado la asignatura denominada "Introducción a la física y a la química" para facilitar el tránsito de la primaria a la secundaria en estas asignaturas (SEP, 1993).

unidad de este mismo grado referente a la teoría sintética, no había evidencias explícitas de otros contenidos referidos a evolución en las demás unidades.

Lo anterior trajo como consecuencia que los alumnos enfrentaran los temas de evolución a tan solo un mes de haber ingresado a la educación secundaria.

En el capítulo de antecedentes ya hemos anotado que los conceptos de evolución de los seres vivos son de los más complicados (Langford, 1990), así como que hay estudios que tratan el problema del aprendizaje de la evolución, con resultados en ocasiones encontrados, puesto que hay quienes plantean que la teoría sintética de la evolución contiene conceptos muy abstractos para los niveles intermedios, de manera que cuando se explica, los jóvenes no han desarrollado las categorías más importantes del conocimiento científico, a saber, la causalidad, la reciprocidad y la validez (Hartmann, 1970)²⁴, Mientras que para Guillén (1995) el problema reside en las estrategias didácticas y para Candela (1990) en la diferencia entre lo que piensan los niños y las explicaciones científicas, de modo que solo pueden aprender aquello que está dentro de su lógica, independientemente de que se emplee una buena estrategia didáctica.

Si bien las investigaciones tendían a centrarse en el alumno como generador de sus propios conocimientos, ahora cada vez se identifica al profesor como un importante mediador entre el conocimiento y el alumno. (Coll, 1992). Y no se puede negar la influencia que tienen sobre el profesor sus creencias, actitudes y hábitos las cuales orientan su labor de manera inconsciente. (Porland, 1989; citado por Furió, 1994).

También parece ser cierto que la mayoría de los currícula y libros de texto, no incluyen la historia de la ciencia, con lo cual se afecta negativamente la enseñanza de este campo de conocimientos (Praia y Cachapuz, 1994; Hernández, 1996)

²⁴ La causalidad, se refiere a que en la naturaleza, los fenómenos no se presentan sin razón, al capricho sino que suceden como efecto de algún otro que les da origen, de manera que se requiere del primero para que aparezca el segundo, en un orden que determina una serie específica. En uno de sus libros más famosos, Arturo Rosenblueth, aborda el tema de la causalidad y plantea severas críticas para tal categoría. Entre muchas ideas, plantea que la definición dada por grandes pensadores a lo largo de la historia (Kant, Stewart Mill), es inexacta o confusa (para ello se basa en pensadores de la talla de Russell o de Hume), de hecho llega a sostener que el concepto de causalidad no es favorable para la ciencia y que tan solo las ciencias rudimentarias lo emplean. Sin embargo acepta que la mayoría de las ciencias lo postulan lo utilizan. Debemos, en atención al párrafo anterior, plantear la definición modificada en dicho texto, así, causalidad se comprendería como que dado un evento e1, existe otro evento e2 y un intervalo de tiempo t tales que cuando ocurre e1, e2 le sigue pasado el intervalo de tiempo t. Para Piaget la noción de causalidad es de suma importancia y considera que las explicaciones pueden ser de tres tipos: Precausales, debidas al finalismo, al animismo o al vitalismo Explicaciones causales simples por el mecanicismo o debidas al azar (causalidad lineal) Explicaciones por interacciones reguladoras de los circuitos de autoregulación (o causalidad cíclica) (Piaget, 1967).

Adicionalmente, en las últimas décadas, se ha prestado mayor importancia al aprendizaje que a la enseñanza (Furió, 1994), razón por la cual los estudios se han enfocado a los alumnos y particularmente a lo que ellos saben, es decir a sus concepciones alternativas, (Martínez, García y Mondelo, 1993; Vázquez, 1994). Los estudios de concepciones alternativas en profesores son muy escasos y al parecer ellos tienen también presentan errores conceptuales, sin importar el nivel al que imparten clases (Vázquez, *opcit*).

Al hablar de la operación de la unidad temática dos (evolución), surgen varias preguntas ¿quiénes la operan? ¿En qué condiciones? y ¿Qué orienta su trabajo en el aula?, entre otras, para responder a estas preguntas, es necesario acudir a las reflexiones que en torno a la práctica docente, práctica curricular e Institución se han desarrollado, planteándolas como categorías, así como de los conceptos que de ellas se derivan: Escuela, normas, proceso enseñanza-aprendizaje, relaciones, entre otras que permitirán explicar la postura teórica que asumimos en torno al proceso que identificamos como práctica docente.

Si consideramos la importancia que tiene el profesor en el proceso de enseñanza-aprendizaje y reconocemos su influencia como componente del eje de enseñanza: docente-contenido-estrategias, y de la relación docente-contenidos-objetivos determinantes en la estructura didáctica (Campos y Gaspar, 1996b), podremos también valorar la importancia de que los mentores posean una formación sólida, y los riesgos de una deficiente formación.

Sin embargo, aunque actualmente hay libros dedicados a la enseñanza, pocos se especializan en las ciencias, menos a la biología y casi no existen para la evolución, uno de los escasos ejemplos de esto últimos es la tesis de doctorado de María del Carmen Sánchez Mora (2000), pero tanto ese trabajo como las aisladas recomendaciones didácticas y modelos de enseñanza, permanecen en el anonimato, en términos generales los profesores los desconocen, y en consecuencia es como si no existieran.

No debemos olvidar que el trabajo del docente se lleva a cabo a partir de un “deber ser” determinado principalmente por normas o en caso de biología, por los lineamientos del Plan de Estudios, y del programa específico, sin embargo, independientemente de ellas el profesor existe como persona con su historia personal y profesional, elementos de los que no puede desprenderse en el desarrollo de sus funciones, de ahí que tenga que mediar entre lo que institucionalmente se le solicita y

la experiencia adquirida en la interacción inmediata con los miembros de la escuela, así como de sus propias prácticas.

Con base en todo esto, es evidente que los profesores tienen una alta responsabilidad en la buena o mala formación conceptual de los alumnos en la biología de secundaria, de manera que si se desea aumentar la calidad de la educación, debemos conocer más sobre la labor docente, y reconocer que los conocimientos de la asignatura no son más que una de las dimensiones que tiene la actividad del maestro (Fierro, 1989; Campos y Gaspar, 1996b),

Por lo anterior, y para efectos del presente estudio resulta de gran importancia conocer más acerca de quienes han aceptado la responsabilidad de guiar a los jóvenes a aprender biología y promover que comprendan sus aspectos conceptuales, metodológicos y los valores propios de las ciencias biológicas.

Pero como ya hemos advertido para todo ello es imprescindible una buena formación en la teoría de la evolución.

U. Temática	No. De U. Básicas de contenido	%	No. de contenidos	%
I. El mundo vivo y la ciencia que lo estudia.	6	13	26	15
II. Evolución: el cambio de los seres vivos...	3	6	10	6
III. Los seres vivos en el planeta	4	8	24	14
IV. Ecología: los seres vivos y su ambiente.	5	11	17	10
V. Genética: la ciencia de la herencia	6	13	19	11
VI. Niveles de organización de la materia	2	4	9	5
VII. La Célula	4	8	17	10
VIII. Funciones de los seres	7	15	20	11
IX. Reproducción humana	5	11	17	10
XI. La salud	5	11	15	8
Totales	47	100	174	100

Mapa curricular en la propuesta de 1993

La enseñanza actual de la evolución en la escuela secundaria.

A partir del año 2003, se iniciaron acciones tendientes a reestructurar la enseñanza secundaria en México, al inicio se denominó Reforma Integral de la Educación Secundaria (RIES). Hasta el año 2006, la SEP determinó implantarla pero con el nombre de Reforma para la Educación Secundaria (RES) para lo cual se adecuaron tanto el Plan como los programas de estudio²⁵. Las asignaturas correspondientes a las ciencias naturales se integraron en la asignatura llamada Ciencias, en el caso de

²⁵ Al momento en que se terminó esta tesis, la RES se encuentra en proceso de implantación, los alumnos que ingresaron a primer grado cursan el nuevo programa, mientras que los que pasaron a segundo y tercero continúan el plan y programa anteriores, así por única ocasión coexisten los dos planes ya que aun los alumnos de segundo grado cursan biología dos.

primer grado con enfoque en biología, en segundo grado con enfoque en física, y para tercer grado con enfoque en química. Los dos cursos de biología del plan anterior se presentan entonces en un sólo grado.

Aun y cuando se establece que el nuevo Plan de estudios es una continuación del anterior (SEP, 2006, p.17), existen cambios notables en cuanto al enfoque, organización de contenidos y perfil de egreso. Entre los principales cambios están el desarrollo de competencias²⁶ y la metodología basada en proyectos escolares.

Primer grado	Horas	Segundo grado	Horas	Tercer grado	Horas
Español I	5	Español II	5	Español III	5
Matemáticas I	5	Matemáticas II	5	Matemáticas III	5
Ciencias I (énfasis en Biología)	6	Ciencias II (énfasis en Física)	6	Ciencias III (énfasis en Química)	6
Geografía de México y del mundo	5	Historia I	4	Historia II	4
		Formación Cívica y Ética I	4	Formación Cívica y Ética II	4
Lengua extranjera I	3	Lengua extranjera II	3	Lengua extranjera III	3
Educación Física I	2	Educación Física II	2	Educación Física III	2
Tecnología I	3	Tecnología II	3	Tecnología III	3
Artes (Música, Danza, Teatro o Artes visuales)	2	Artes (Música, Danza, Teatro o Artes visuales)	2	Artes (Música, Danza, Teatro o Artes visuales)	2
Asignatura estatal	3				
Orientación y tutoría	1	Orientación y tutoría	1	Orientación y tutoría	1
Total	35		35		35

Mapa curricular en la propuesta de la Reforma a la Educación Secundaria (SEP, 2006)

En el plan de estudios aparecen los propósitos de cada asignatura y en la de ciencias, no se aprecia la evolución, sobresale la salud y el impacto ambiental.

²⁶ Una competencia en esta nueva propuesta curricular implica “un saber hacer (habilidades) con saber (conocimiento), así como la valoración de las consecuencias del impacto de ese hacer (valores y actitudes). En otras palabras, la manifestación de una competencia revela la puesta en juego de conocimientos, habilidades, actitudes y valores para el logro de propósitos en un contexto dado”. (SEP, 2006, p. 11)

Es en el documento escrito del programa de Ciencias I que se distribuyó a los profesores en donde se señala como uno de los propósitos del curso que “Los alumnos fortalezcan habilidades, valores, actitudes y conceptos básicos que les permitan conocer más de los seres vivos en términos de su unidad, diversidad y evolución” (SEP, 2006^a, p.33).

El curso de ciencias I, enfatiza el estudio de tres ámbitos: la vida, el ambiente y la salud. Para lo cual los temas se organizaron en cinco bloques de contenido.

Ciencias I				
Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV	Bloque V
Biodiversidad	Nutrición	Respiración	Reproducción	Calidad de vida
Adaptación y selección natural para explicar la variedad de especies.	La base evolutiva del proceso depredador-presa para explicar las distintas estrategias de nutrición.	Comparación de las distintas estructuras respiratorias en los seres vivos y su relación con los ambientes donde habitan.	Comparación de algunas adaptaciones relacionadas con mecanismos de reproducción sexual y asexual.	*
La evolución se concibe como línea que organiza de manera transversal el estudio de los temas y subtemas cada bloque; las interacciones de los seres vivos y el ambiente, en términos de diversidad y adaptación como producto de la evolución.				

Cuadro que muestra la organización de contenidos del curso de Ciencias I del 2006, en el que la evolución es considerada un eje transversal.

Con todo lo anterior, y según el programa, esta organización de contenidos pretende entre otras cosas que los alumnos construyan una base de conocimientos biológicos asociados con la evolución, la herencia y la ecología que les permita seguir aprendiendo a lo largo de la vida. (SEP, 2006a, p. 32).

* El desarrollo del último bloque no depende de contenidos preestablecidos sino de la integración y aplicación sumaria de lo aprendido a través de un proyecto final.

Si bien existen algunas personas que han manifestado su incredulidad por la RES, dudas y temores que incluso llevaron a algunos estados de la República a no implementarla, es tan reciente que no existen elementos para poder establecer una opinión fundada. Cualquier predicción que se haga será en el terreno de las especulaciones, con el tiempo se verán las bondades y debilidades de esta propuesta curricular.

METODOLOGÍA

Determinación de la muestra.

Este estudio se realizó tomando como población a los profesores que imparten biología de primer grado en el subsistema de Educación Secundaria Técnica en el Distrito Federal.

Se pretende abarcar a más del 80% de los profesores en servicio, mediante un instrumento para recabar la información necesaria.

El trabajo se realizó mediante un estudio que permitió hacer una descripción de nuestro objeto de estudio y de las características que resultaron de interés.

Para la realización del trabajo empírico, se utilizó un cuestionario escrito en el que la mayoría de los reactivos son de respuesta estructurada para ser contestado por los profesores. Se eligió este tipo de instrumento, para facilitar el procesamiento de la información debido a la magnitud de los datos²⁷.

El instrumento está conformado por dos apartados, el primero fue elaborado por el autor de esta tesis, con la intención de conocer las características de la población que nos interesa.

El segundo apartado es tomado íntegramente (a excepción de la numeración de cada pregunta) del trabajo de Sánchez-Mora (2000) y permite valorar los conocimientos sobre aspectos de la evolución de los seres vivos. Cabe destacar que la autora realizó las pruebas y consultas a conocedores nacionales y extranjeros necesarias, que le permitieron validar el instrumento.

A continuación detallaré la parte del instrumento o la técnica a emplear para alcanzar los objetivos particulares y en consecuencia el objetivo general.

²⁷ Cuando planteo esto de la magnitud de los datos, es con base en un cálculo de la cantidad de profesores con los que se va a trabajar, lo esperado es que sean cerca de 300 profesores, multiplicado por el número de preguntas en el instrumento.

Caracterizar el perfil profesional y laboral del profesorado de Secundarias Técnicas que imparten biología de primer grado.

En el primer apartado del cuestionario las variables generales que se utilizaron hacen referencia a: la(s) Escuela(s) Secundaria(s) Técnica(s) donde labora, la antigüedad como profesor en este subsistema, la carrera que estudiaron, la institución donde realizaron sus estudios, año de egreso, si tienen otro empleo y en qué rama, las asignaturas que imparten, si realizan otra actividad, número de horas como docente, número de grupos, promedio de alumnos por grupo.

Otro aspecto del primer apartado, se refiere a la operación de la segunda unidad temática²⁸ del programa de la asignatura de biología, las variables que se manejan hacen referencia a los propósitos, al enfoque, a las habilidades y destrezas que se pretenden desarrollar en los alumnos.

Conocer los conceptos que tienen los profesores de Educación Secundaria Técnica sobre evolución de los seres vivos.

Para alcanzar este objetivo, se incluye como anotamos anteriormente, un segundo apartado en el que se le presentan a los profesores un total de 18 reactivos diseñados de manera que permiten conocer por las respuestas, las ideas que poseen acerca de conceptos fundamentales de la teoría de la evolución de los seres vivos. Así, se tratan conceptos como:

- Adaptación.
- Variación.
- Origen de la variación.
- Origen de la adaptación.
- “selección natural”, y
- Sobre la naturaleza de las explicaciones que dan los profesores del hecho evolutivo, esto es, si son teleológicas, lamarckianas, darwinianas u ortogenéticas.

Esta es la parte que fue diseñada por Sánchez-Mora (2000), para conocer las ideas de alumnos de diferentes niveles educativos, desde secundaria hasta universitarios.

Las ventajas de retomar este instrumento, son que ya fue validado, aplicado y demostró obtener información confiable.

Anexo se presenta el cuestionario que sirvió como instrumento para la recolección de los datos.

Aplicación del cuestionario.

El subsistema de Educación Secundaria Técnica en el Distrito Federal cuenta actualmente con 119 planteles, la mayoría de los cuales laboran en ambos turnos.

Para lograr los objetivos, se obtuvo una relación de los profesores por plantel y turno en el que laboran y se aprovecharon las reuniones de trabajo que se realizan tanto al interior de los planteles (reuniones de academia) como al exterior del centro de trabajo (cursos, talleres, encuentros, etc.). Lo anterior con la intención de interferir lo menos posible con la organización escolar y con el desarrollo de las sesiones. En estas reuniones se explicaron los objetivos generales de la investigación, y se hizo hincapié en la importancia que el cuestionario fuera contestado realmente con toda libertad y confianza. Para evitar temores innecesarios, los profesores no anotaron su nombre en ninguna hoja.

Codificación.

Una vez aplicado el cuestionario a todos los profesores que fue posible, se procedió a su codificación, los datos se capturaron por medio de una computadora utilizando una hoja de cálculo diseñada en Microsoft Excel, para facilitar su análisis.

Los resultados de la sección que corresponde a la investigación del perfil de los profesores, por su carácter descriptivo, se presentaron en forma de tablas y gráficas.

La parte del instrumento que indaga sobre las ideas de los profesores sobre los conceptos fundamentales de evolución, se procesaron en una hoja de cálculo que mostró la frecuencia de elección de cada opción por el total de profesores encuestados de modo que pudieron conocerse el número de elecciones acertadas, el de no acertadas y en que opción se equivocaron con mayor frecuencia.

Para conocer si hay relación entre las respuestas elegidas y la profesión de quien la responde, se aplicó un análisis estadístico empleando la prueba de X^2 para independencia en tablas de contingencia, siguiendo el procedimiento siguiente:

²⁸ Como ya se mencionó con anterioridad, la segunda unidad del programa de biología en el primer grado de secundaria, es la que aborda la evolución de los seres vivos.

- Establecer la hipótesis nula que para el caso será que la muestra concuerda con la distribución hipotética o teórica es decir que no hay relación entre las respuestas y la profesión.
- Establecer el nivel de significación estadística, es decir el riesgo de error tipo I. Para nuestro caso será del 99% o $\alpha = 0.01$.
- Calcular χ^2 y determinar los grados de libertad (gl). Tanto el valor de α como el de gl determinan la zona de rechazo.

La fórmula empleada fue:

$$\chi^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde

o_i es la frecuencia observada del evento.

e_i es la frecuencia esperada del evento

El criterio de decisión es

Si $C > \chi^2$ entonces se rechaza la H_0 .

y si $C < \chi^2$ entonces se acepta la H_0 .

Por lo tanto, χ^2 es una medida de discrepancia entre los valores esperados y los observados.

Si $\chi^2 = 0$ entonces no hay discrepancia.

A medida que la discrepancia aumenta, χ^2 también lo hará.

La metodología para aplicar esta prueba fue la sugerida por Kreyszig, (1976).

RESULTADOS

Acorde con lo proyectado, se llevó a cabo la aplicación de los cuestionarios a un total de 363 profesores de Educación Secundaria Técnica, que imparten la asignatura de Biología.

La mayoría de las aplicaciones fueron realizadas durante el periodo que la Secretaría de Educación Pública determinó para que se realizaran los Talleres de actualización para maestros de educación básica en el periodo comprendió del 19 al 21 de agosto de 1998.

Durante ese lapso todos los profesores de educación básica deben reunirse de manera obligatoria dado que se efectúa en su horario de trabajo, cuando las clases aun no han dado inicio.

Aprovechar esta actividad para aplicar el instrumento representaba una gran oportunidad de importancia para el presente estudio, ya que se podría asegurar la aplicación a la mayoría de los profesores de biología con economía de tiempo y de esfuerzo. Debido a lo cual realicé las gestiones pertinentes, logrando la autorización de las autoridades correspondientes que me permitieron acceder a los grupos de interés.

Únicamente hubo un grupo al que se le aplicó el instrumento fuera de este evento, ya que los profesores se encontraban en un curso de Actualización Pedagógica.²⁹

Las aplicaciones se realizaron en la mañana y en la tarde y el tiempo promedio de resolución fue de una hora.

En todos los casos, la aplicación consistió en un encuadre a la actividad (Presentación, agradecimientos, sensibilización de la importancia de una resolución

²⁹ Este Curso de Actualización Pedagógica es organizado e impartido por las Secundarias Técnicas desde hace 30 años para profesores de dicho subsistema.

honesta, explicación de los objetivos del instrumento, tiempos, etc.), mecánica para resolver el instrumento (que sólo se respondiera en la hoja de respuestas, la estructura de los ítems y forma de registrar las respuestas), lectura conjunta de las indicaciones, descripción de su estructura y asesoría individual a quien lo solicitara, durante el lapso de resolución.

Las acciones anteriores fueron realizadas siempre por un servidor con la finalidad de unificar la aplicación.

No. de grupo	Fecha de aplicación (agosto,98)	Instrumentos aplicados	Evento donde se aplicó	Escuela Secundaria Técnica Sede	Turno
1	13	9	C. A. P. ³⁰	6	Matutino
2	13	14	T. A. M. ³¹	10	Vespertino
3	13	29	T. A. M.	47	Vespertino
4	14	26	T. A. M.	47	Matutino
5	14	37	T. A. M.	47	Matutino
6	14	33	T. A. M.	10	Matutino
7	14	19	T. A. M.	10	Matutino
8	14	11	T. A. M.	10	Matutino
9	17	27	T. A. M.	25	Matutino
10	17	34	T. A. M.	25	Matutino
11	17	36	T. A. M.	43	Matutino
12	17	26	T. A. M.	43	Matutino
13	17	18	T. A. M.	43	Vespertino
14	17	26	T. A. M.	25	Vespertino
15	18	18	T. A. M.	25	Matutino

Tabla que muestra los resultados obtenidos en la aplicación del instrumento.

³⁰ Curso de Actualización Pedagógica

³¹ Talleres de Actualización para Maestros de Educación Básica

Se aplicaron un total de 363 cuestionarios, de los cuales se rechazaron 15 por estar mal resueltos, por lo que realmente se contó con 348 cuestionarios.

De estos 348 cuestionarios, 223 corresponden a profesores que imparten biología de primer grado y los restantes 125 no imparten biología de primero. En la siguiente tabla se presentan el número de cuestionarios clasificados por la asignatura(s) que impartirán los profesores que los resolvieron.

Total de Instrumentos aplicados: 348	
223 Imparten Biología de primer grado	125 Imparten Biología de segundo grado o son profesores de laboratorio

Según la información obtenida por la Subdirección de Escuelas de la Dirección General de Educación Secundaria Técnica, el número de profesores que laboraron en el ciclo escolar 1998-1999 impartiendo la asignatura de biología es de 223, valor que corresponde plenamente con el de profesores que resolvieron el cuestionario, por lo que más que una muestra, estamos hablando de un censo.

En la sección correspondiente a los anexos se presentan todas las tablas y gráficas que surgieron como resultado de este estudio, a continuación se especifican los puntos relevantes en esta investigación.

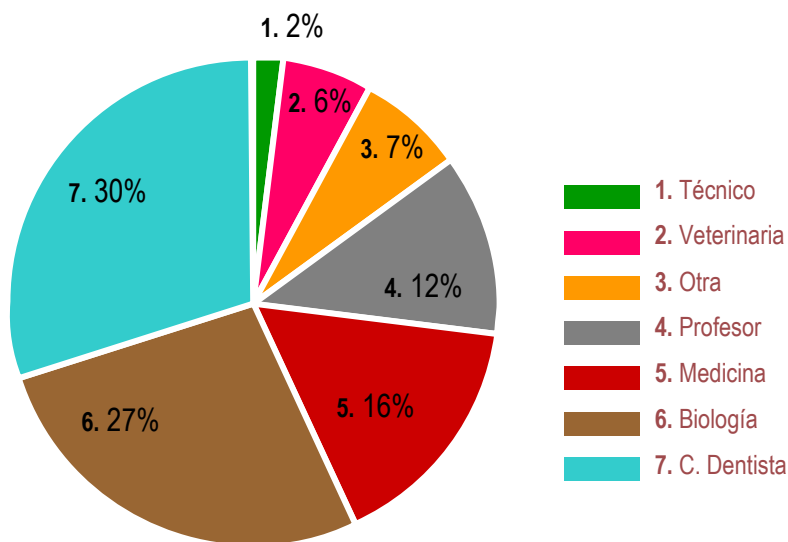
Como se precisa en la metodología, el instrumento está dividido en dos apartados, el primero con la intención de caracterizar la población de interés y la otra que busca conocer las ideas respecto a la evolución de los seres vivos.

Respecto al primer apartado, los resultados son los siguientes:

- La mayoría de los profesores labora en un solo plantel, el 1.8% lo hace en dos planteles.
- El promedio de antigüedad en el servicio es de 11 años.
- En promedio, el egreso de la institución donde estudiaron fue en el año 1985.

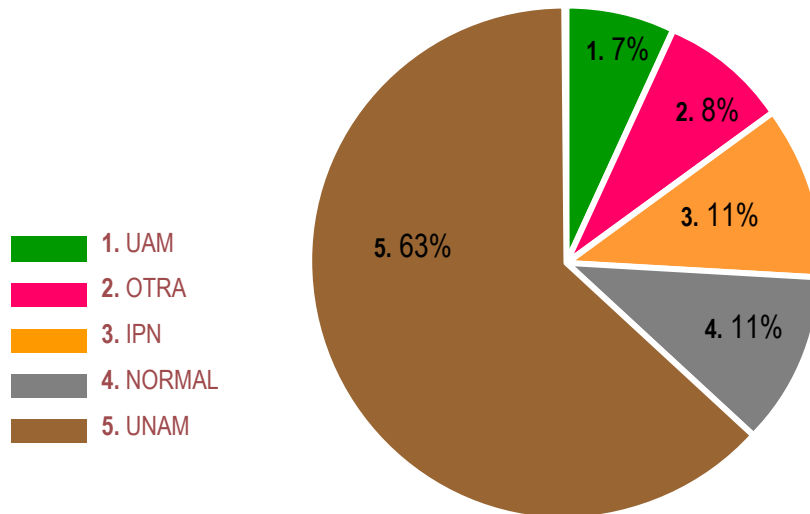
- El profesor con año de egreso más antiguo corresponde a un médico que lo hizo en 1960. El más reciente fue en 1999 y corresponde a un QBP de la UAM.
- Las profesiones más frecuentes son dentistas (29.6%), biólogos (27.4%), médicos (15.7%) y normalistas (12.1%).

Pregunta 4: profesión de los profesores de Biología de primer grado.



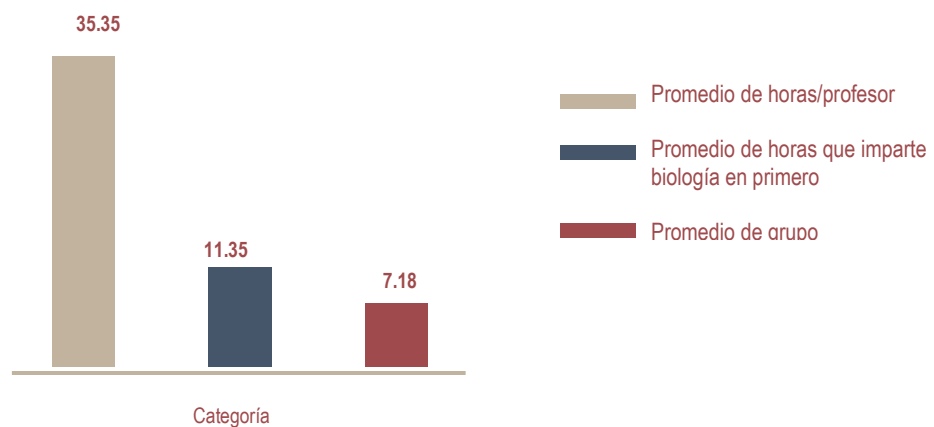
- Solo el 2.2% tiene estudios máximos de técnico, por lo tanto la mayoría son profesionistas, pasantes o titulados.
- La institución de educación superior que más aporta profesores, es la UNAM con 63.7%, seguida muy por debajo por la Normal superior y el IPN, cada una con el 10.8%.

Pregunta 5: Instituciones donde se realizaron sus estudios los profesores de Biología.



- Casi cuatro de cada diez profesores (38.1%) tienen otro empleo.
- En promedio el nombramiento de los profesores es de 35 horas, (el tiempo completo para este nivel educativo es de 42 horas).

Preguntas 8 y 9: Promedios de la población en cuanto a la carga horaria.



- Imparten 11.4 horas semanales de biología, lo que corresponde a cuatro grupos. Cada grupo tiene 45 alumnos en promedio.
- Poco más de la mitad (57.8 %) laboran en el turno matutino.
- El 45% manifiesta conocer al 100% los contenidos de evolución del programa, el 41% dice conocerlo entre 75-100% y solo un 2% manifiesta desconocerlo totalmente.
- El 63% acepta acudir ocasionalmente a eventos relacionados con la evolución de los seres vivos y el 27% no acude a eventos de este tipo.

En concreto y resumiendo la información anterior, un profesor típico de biología en Secundaria Técnica en el D.F. tiene las siguientes características:

“Odontólogo o biólogo egresado de la UNAM con una década como maestro que labora en un plantel, en el que imparte biología a cuatro grupos y tres de otra asignaturas, en los que atiende a un total de 315 alumnos. Que dice conocer los contenidos de evolución del programa y que acude poco a eventos académicos relacionados con el tema”.

Del apartado para conocer el tipo de explicaciones sobre evolución de los seres vivos.

Con la intención de ser más claros en el manejo de los resultados, y únicamente con el interés de tener un sistema más sencillo, transformaremos los datos a una escala de cero a diez. A este valor, lo llamaremos Índice de Respuestas Sintéticas (IRS), de tal forma que si los profesores responden las 18 preguntas eligiendo las respuestas con corte darwinistas o “sintéticas”, obtendrán el valor de IRS máximo de diez y por el contrario, quien obtenga un valor IRS de cero será quien eligió explicaciones alternativas en las 18 preguntas. En consecuencia, los valores más cercanos a diez mostrarán un pensamiento más acorde con las teorías de mayor aceptación en la actualidad y valores más lejanos a diez mostrarán un pensamiento alternativo, que puede ser lamarckiano, teleológico u ortogénico.

Así, el promedio general de la población (N=223) fue de 3.6, valor que indica una clara tendencia a la elección de explicaciones alternativas al darwinismo.

Si separamos a la población según la profesión, podremos conocer mas a fondo su comportamiento, de esta manera nos percatamos que la profesión con IRS promedio más alto (4.8) corresponde a los biólogos, y el más bajo lo tiene los técnicos y los odontólogos (2.6 y 2.7 respectivamente), las demás profesiones se pueden apreciar en la tabla siguiente.

Profesión	% de la población	Indice de Respuestas Sintéticas (IRS)	Diferencia con la media poblacional (3.6)	Número de respuestas acordes al darwinismo o teoría sintética, el instrumento tiene 18 preguntas.	
				Máximo	Mínimo
Biólogos	27.4	4.8	1.2	17	2
M: V. Z.	5.8	4.4	0.8	16	2
Otras	7.2	3.5	-0.1	14	2
Normalistas	12.1	3.3	-0.3	14	1
Médicos	15.7	3	-0.6	12	2
C. Dentista	29.6	2.7	-0.9	15	0
Técnicos	2.2	2.6	-1	10	2

Tabla que muestra la población distribuida según la profesión.

Como se puede ver, los dentistas que es la profesión más representada entre todos los profesores de biología y es también junto con los técnicos, la que posee los valores más bajos y la única en cuyo seno hay un integrante que tiene un pensamiento totalmente alternativo al sintético, lo cual se ve porque el valor mínimo de respuestas en el cuestionario es de cero.

Aun y cuando los biólogos están en mejor situación que los demás (seguidos de cerca por los veterinarios), no se puede decir que tengan un pensamiento sintético, de hecho su promedio de ISR de 4.8, - mayor en 1.2 unidades respecto a la media poblacional- indica por estar cerca de 5 que lo mismo eligen respuestas sintéticas que alternativas a esta.

Si ordenamos a la población según el valor de IRS obtenido individualmente, y obtenemos la frecuencia de profesiones de los que eligen mayoritariamente opciones darwinianas o sintéticas (IRS mayor o igual a 6), resulta que solo 29 profesores de los

223, es decir el 13% de la población se puede considerar como que tiene un pensamiento de este tipo. En la siguiente tabla se presentan los resultados de estos 29 maestros.

Profesión	Frecuencia	Porcentaje
Biólogos	18	62.1
M. V. Z.	4	13.8
C. Dentista	2	6.9
Médicos	2	6.9
Profesor	2	6.9
Ing. Bioquímico	1	3.4

Tabla que muestra las profesiones de los 29 profesores que eligen mayoritariamente respuestas de tipo darwinianas o sintéticas

En esta tabla se percibe que la gran mayoría son biólogos, y muy pocos de las otras profesiones que se enlistan.

Si hacemos lo mismo que en la tabla anterior, pero ahora con los 29 profesores con IRS mas bajo, es decir los que menos eligen respuestas darwinistas o sintéticas, el cuadro queda como sigue.

Profesión	Frecuencia	Porcentaje
C. Dentista	15	51.7
Técnicos	3	10.3
Biólogos	3	10.3
Médicos	3	10.3
Profesor	3	10.3
Biólogos	3	10.3
M. V. Z.	1	3.5
Q. F. B.	1	3.5

Tabla que muestra las profesiones de los 29 profesores que eligen minoritariamente respuestas de tipo darwinianas o sintéticas

En este caso, la tendencia se invierte y los odontólogos son los más representados y los demás quedan muy por debajo.

Finalmente y tan solo para establecer mejor las comparaciones, podemos construir una tabla que muestre los resultados de las dos anteriores.

Profesión	Frecuencia en los 29 IRS más altos	Frecuencia en los 29 IRS más bajos
Biólogos	18	3
C. Dentista	2	15
Médicos	2	3
Normalistas	2	3
M. V. Z.	4	1
Técnicos	0	3
Ing. Bioquímico	1	0
Q. F. B.	0	1

Tabla que compara las profesiones de los 29 profesores que eligen mayoritariamente vs los 29 que eligen minoritariamente respuestas de tipo darwinianas o sintéticas

Para conocer si las respuestas elegidas son independientes de la profesión de quien las realiza, llevamos a cabo una prueba de χ^2 de independencia para tablas de contingencia.

La hipótesis nula fue la siguiente:

H_0 : El tipo de explicaciones sobre el proceso de evolución de los seres vivos que eligen los profesores de la población es el mismo sin importar la profesión que tengan.

Mientras que la hipótesis alterna fue:

H_a : La profesión de los profesores de la población, no es independiente de las respuestas que eligen sobre el proceso de evolución de los seres vivos.

La tabla de contingencia se muestra a continuación, como se puede observar es una tabla de 7x2.

Profesión	Frecuencia de los datos observados y los esperados ³² .		Totales
Biólogos	18 (8)	43 (53)	61
C. Dentistas	2 (9)	64 (57)	66
Médicos	2 (5)	33 (30)	35
Profesores	2 (4)	25 (23)	27
M. V. Z.	4 (2)	9 (11)	13
Ing. Bioquímicos	1 (1)	4 (4)	5
Técnicos	0 (1)	5 (4)	5

Tabla de contingencia para a prueba de χ^2

$$gl = (7-1) (2-1) = 6$$

El resultado de χ^2 **calculado es de 26.1** y el valor de tablas con 95% de confianza y seis grados de libertad es de:

$$C_{0.95}=12.59$$

Con base en lo anterior, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.

En consecuencia podemos afirmar que el tipo de respuestas (darwinistas o alternas) depende de la profesión de quien las realiza.

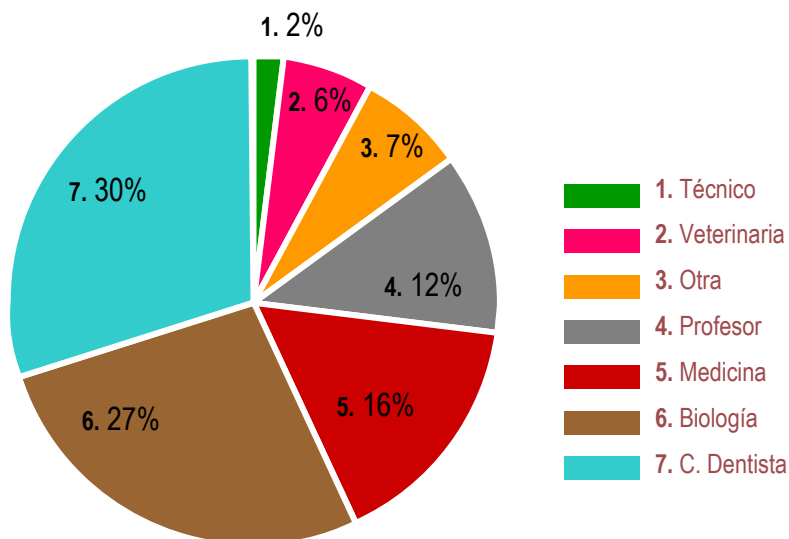
³² Los datos esperados están dentro del paréntesis y los observados fuera.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

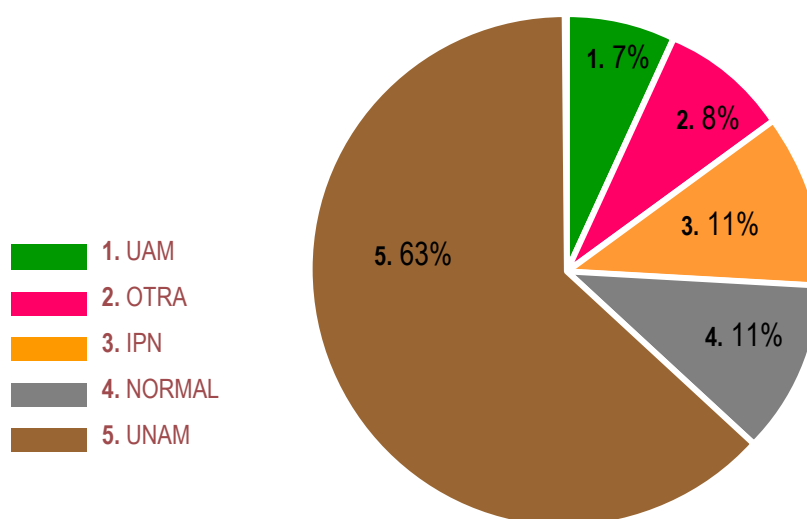
Los resultados obtenidos, nos brindan elementos para poder analizarlos desde la óptica de los objetivos particulares y las hipótesis que nos planteamos en la tesis, así, podemos afirmar que la primera hipótesis se confirma, la población de profesores de Educación Secundaria Técnica en el Distrito Federal, tienen formaciones profesionales diferentes y en efecto hay quienes poseen conceptos erróneos e incluso nulos del proceso evolutivo desde el punto de vista de la Teoría sintética de la evolución.

En la gráfica correspondiente a la pregunta cuatro del cuestionario, se presentan los porcentajes en que se clasificó la población, según la profesión que estudiaron, y se percibe que las tres más representadas fueron en orden descendente Cirujanos dentistas (30%), Biólogos (27%) y Médicos cirujanos (16%), las cuales en conjunto representan cerca de las tres cuartas partes del total, y en la gráfica de la pregunta cinco, se percibe que el 63% de ellos estudiaron en la UNAM.

Pregunta 4: profesión de los profesores de Biología de primer grado.



Pregunta 5: Instituciones donde se realizaron sus estudios los profesores de Biología.



Adicionalmente, el valor 3.6 que se obtuvo mediante el Índice de Respuestas Sintéticas (IRS), la población predominantemente elige respuestas que involucran explicaciones alternativas a la Teoría sintética de la evolución de los seres vivos.

Si revisamos los Planes de estudio vigentes en la UNAM, de las tres profesiones más frecuentes (éstas carreras se imparten en la Ciudad Universitaria, en el Campus Iztacala y en la FES Zaragoza y cada una tiene su propio Plan de estudios) encontramos algunos puntos que nos permiten explicar las tendencias encontradas en el estudio.

En el Plan de estudios para obtener el título de Cirujano dentista, no existe referencia que permita reconocer la enseñanza de la evolución desde ningún punto de vista en los enfoques, organización del plan, en los módulos y las asignaturas obligatorias y opcionales (solo en el Campus Iztacala se contemplan asignaturas opcionales) de los tres planes existentes. Lo anterior queda de manifiesto en los siguientes perfiles profesionales, los cuales presentamos según cada Plan de estudio.

Perfil profesional del Cirujano dentista.

“Es el profesional responsable de la salud bucal, que contribuye a la preservación y restitución del estado de salud general de individuos y comunidades, para lo cual aplica principios científicos y técnicos con sensibilidad y comprensión por los problemas humanos”. (Facultad de odontología).

“El Cirujano Dentista es un profesional del área de la salud, encargado de la atención de los padecimientos estomatológicos, con énfasis en aquellos problemas de relevancia epidemiológica en el país, mediante acciones de tipo preventivo, terapéutico y rehabilitatorio, con una formación científica, técnica, humanística y crítica”. (Campus Iztacala).

“Concebimos al Odontólogo como el experto profesional capaz de abordar el proceso salud-enfermedad del Sistema Estomatognático, de manera integral, a través del trabajo multi e interdisciplinario del conocimiento teórico y aplicado, que le permite desarrollar la práctica profesional integradora en sus tres dimensiones: producción de conocimientos, producción de servicios y formación de recursos humanos”. (FES Zaragoza).

Situación similar se aprecia en los Planes de estudio de las carreras de Médico cirujano, aunque el contenido biológico es mayor, no aparece el aprendizaje de la evolución ni de manera implícita, a continuación los perfiles profesionales.

Perfil profesional del Médico cirujano.

“El Médico Cirujano es un profesional capacitado para ofrecer servicios de medicina general de alta calidad y en su caso para referir con prontitud y acierto aquellos pacientes que requieren cuidados médicos especializados. En la atención de los pacientes, además de efectuar las acciones curativas, aplica las medidas necesarias para el fomento a la salud y la prevención de las enfermedades, apoyándose en el análisis de los determinantes sociales y ambientales, especialmente el estilo de vida. Se conduce según los principios éticos y humanistas, que exige el cuidado de la integridad física y mental de los pacientes. Como parte integral de su práctica profesional examina y atiende los aspectos afectivos, emocionales y conductuales de los pacientes bajo su cuidado”. (Facultad de medicina).

“Es el profesional capacitado para atender integralmente los problemas de salud del ser humano, tanto a nivel individual, como familiar y comunitario”. (Campus Iztacala y FES Zaragoza).

En el caso de la Facultad de medicina y de la carrera que se imparte en Iztacala, se encontró que cuentan con asignaturas opcionales que intentan acercar a los médicos a la enseñanza, así, en la primera se ofrece Docencia en medicina y en la segunda Pedagogía I y Pedagogía II pero dirigidas a su actuación en instituciones de salud.

Sobre evolución de los seres vivos no aparecen evidencias de que sean abordadas en ningún momento durante su formación profesional.

Lo anterior resulta importante si recordamos que sumados, representan cerca de la mitad de los profesores en cuestión (46%).

La tercera de las profesiones más representadas es la de biólogo, la cual como se esperaba guarda una situación distinta. Por ejemplo en la UNAM la carrera de Biólogo se imparte en la Facultad de ciencias de Ciudad Universitaria y en las Facultades de Estudios Superiores de Iztacala y Zaragoza. Para cuando se realizó esta Tesis, en cada una se cursa distinto Plan de estudios para formar biólogos. Sin embargo en todas encontramos contenidos específicos acerca del tema sobre la evolución de los seres vivos, los perfiles profesionales se anotan a continuación (los subrayados no están en los documentos originales).

“En la Facultad de ciencias, se busca que el egresado de la licenciatura en Biología sea una persona cuyo bagaje intelectual incluya un espectro de conocimientos básicos desde el nivel molecular y celular, hasta visiones integrativas que le permitan comprender los procesos de

cambio de la biosfera en el tiempo y en el espacio. Debe ser una persona consciente no sólo de la extraordinaria diversidad biológica que caracteriza al país, sino también de la riqueza que el uso y preservación de ésta representan para mantener y desarrollar nuestra identidad nacional. El egresado de Biología es un profesional que por sus conocimientos profundos de la ciencia de la vida, realiza docencia e investigación y colabora adecuadamente aplicando sus conocimientos para resolver problemas de investigación o aplicaciones de otras disciplinas vinculadas”.

En las asignaturas obligatorias, se cursa Evolución I y en las optativas se ofrece Evolución II.

En la FES Iztacala, se establece que para cumplir adecuadamente con sus responsabilidades profesionales, el Licenciado en Biología se caracteriza por su capacidad para lo siguiente:

“Valorar la evolución histórica y prospectiva de la Biología en México para reconocer los factores que han determinado la práctica real e impulsar su rol profesional en otros posibles campos. [...] Diseñar, ejecutar y evaluar programas de investigación en las diferentes áreas del estudio de los seres vivos aplicando las metodologías pertinentes basadas en el rigor científico para la resolución de problemas. [...] Evaluar las implicaciones genéticas, ecológicas y evolutivas en la distribución y abundancia de los seres vivos para establecer y mantener la máxima productividad de cualquier ecosistema en beneficio del hombre y del ambiente. [...]”

Las asignaturas obligatorias relacionadas son Evolución y Paleontología, además existe una optativa Evolución a nivel molecular y dicho sea de paso la asignatura de Didáctica también como optativa.

“En la FES Zaragoza, se define al biólogo como el profesional cuya formación le permite efectuar estudios integrales sobre los organismos y recursos bióticos (desde la célula hasta los ecosistemas), abordándolos en cuanto a su organización, estructura, función y diversidad, considerando su origen y evolución; con el fin de obtener un mayor conocimiento de éstos para su uso racional y conservación, así como plantear alternativas viables de solución a los problemas detectados”.

Las asignaturas obligatorias relacionadas son Taxonomía y Evolución y Taller de taxonomía y Evolución.

Como vemos en las tres instituciones se aborda de manera explícita, pero a excepción del Campus Iztacala, no hay indicios de su enseñanza.

Lo anterior puede servir para explicar en parte que la mayoría de los profesores tengan un pensamiento alterno al darwinista, puesto que la formación profesional no contempla este tipo de conocimientos, además en los resultados aparece que la mayoría acepta acudir en pocas ocasiones a eventos relacionados con la evolución de los seres vivos, es decir no están originalmente preparados y después no buscan opciones que les permitan comprender desde una óptica diferente estos conceptos.

Sin embargo, resulta interesante que la mayoría (96%) de los profesores de esta investigación, refieren conocer entre un 75 y 100% los contenidos que aparecen en el programa de estudios de educación secundaria. Adicionalmente, la experiencia de trabajo por más de 10 años con profesores me indica que la mayoría se autocalifica de darwinista. Por lo que aparentemente hay una inconsistencia entre lo que dicen y lo que demostraron durante la resolución del cuestionario.

El hecho mostrado en los resultados referente a que un porcentaje reducido de profesores sea egresado de alguna Normal y que la mayoría sean de alguna Universidad, sugiere la necesidad de investigar acerca de la formación docente, pues se puede presuponer una inadecuada formación psico-pedagógica en la gran mayoría de los profesores, aunque esto habrá que comprobarlo.

Con estos antecedentes (una formación disciplinaria que no contempla a la evolución y una formación distinta a la de maestro), es posible suponer que lo que priva en general es una deficiente formación psico-pedagógica y disciplinaria, la cual por supuesto influye sobre el desempeño docente en el aula.

Quizá por ello, resulte comprensible que en muchas de las sesiones predominen prácticas de carácter empírico, mecánicas y alejadas del enfoque de enseñanza de la asignatura. Clases fundamentalmente memorísticas y en las que se aplican metodologías tradicionales, que consideran una relación maestro-alumno en el que uno tiene que enseñar al otro de manera verbalista y en la que se espera que el alumno que “aprendió” repita lo más fielmente posible el mensaje del profesor.

Por otra parte, los resultados referentes a la antigüedad promedio, muestran que los profesores en su mayoría vivieron el cambio de plan de estudios en la reforma educativa de 1993, es decir, que en el mejor de los casos tenían cinco años de experiencia de manejar la unidad temática de evolución al momento de aplicar este estudio.

Cuando se cambiaron los programas, a los profesores no se les capacitó para comprender el enfoque de los mismos, biología no fue la excepción pero un cambio como el que se implementó, de áreas a asignaturas no es simple, los programas anteriores tenían una fundamentación psicológica de tipo conductista y los que se implantaron responden a una orientación constructivista. La carencia de capacitación llevó entre otras cosas a una deficiente interpretación del enfoque de la asignatura.

En la actualidad, el cambio curricular planteado por la RES también fue implantado de manera súbita sin ofrecer a los docentes capacitación adecuada en el manejo del enfoque y metodología de enseñanza que requiere el programa de Ciencias I con énfasis en Biología.

El manejo el tema de evolución como línea transversal en la organización de contenidos exige que el docente promueva en los alumnos el desarrollo de una visión integradora de los temas biológicos del programa (diversidad, nutrición, respiración y reproducción) de manera que sea capaz de trabajar temas con una visión evolutiva.

Sin embargo el docente fue formado bajo un concepto departamentalizado y enciclopédico de la biología y la experiencia indica que no es nada sencillo transformar prácticas docentes tan arraigadas. El proceso de capacitación magisterial para la correcta aplicación de la Reforma es un asunto pendiente y de primera importancia para la enseñanza de esta ciencia.

A lo anterior habrá que añadirle lo que se mencionó en el capítulo correspondiente a la reseña de la enseñanza de la evolución en la educación secundaria, que los planes anteriores la trataban con un enfoque antropocéntrico y en ocasiones incluso, con errores conceptuales, mientras que los que actualmente están vigentes la presentan como uno de los conceptos unificadores y globalizadores de la biología contemporánea, un cambio de enfoque de esta naturaleza no ha sido plenamente comprendido y los profesores siguen aplicando métodos incompatibles con la idea actual.

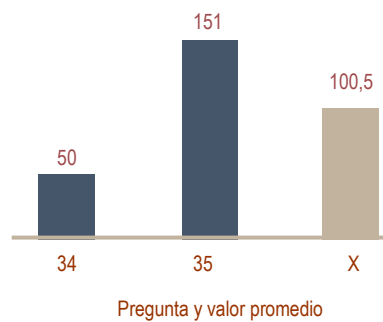
Con base en lo anterior se acepta la hipótesis uno de este trabajo y junto con lo presentado en la parte de los resultados correspondiente, satisfacer el primer objetivo particular.

Para poder obtener datos que permitan aceptar o rechazar la segunda hipótesis y conocer lo necesario para satisfacer el segundo objetivo, podemos iniciar analizando los resultados de la segunda parte del cuestionario, así, tenemos lo siguiente.

Las preguntas 34 y 35 se refieren al origen de la variación, la primera con un ejemplo de conejos y la segunda de osos.

Para el caso de la pregunta 34, la mayor frecuencia de respuestas (66.1%) son teleológicas, es decir por necesidad de adaptación y el 22.6% de tipo acorde a la teoría sintética de la evolución (“sintético”).

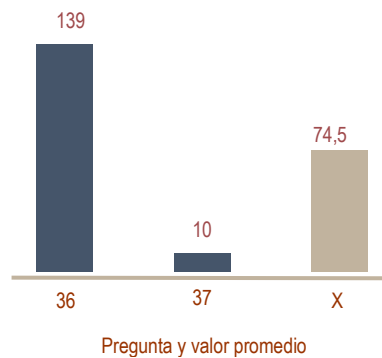
Preguntas 34 y 35: respuestas correctas sobre el origen de variación y el promedio.



Para la pregunta 35, el 68.3% elige la respuesta de tipo “sintética”.

Este es uno de los casos en que según el ejemplo es la respuesta de la mayoría. Si obtenemos el promedio de las respuestas “sintéticas” en ambas preguntas, el resultado 45.5% indica que menos de la mitad de los profesores identifica el origen de la variación de manera evolutiva “sintética”.

Preguntas 36 y 37: respuestas correctas sobre el concepto de variación y el promedio.

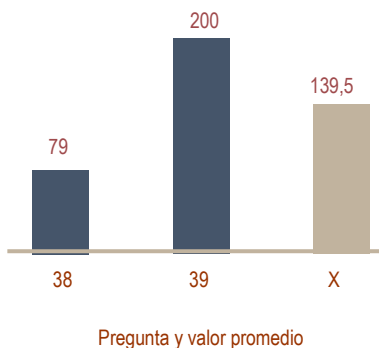


Las preguntas 36 y 37 que se refieren al manejo del concepto variación. En este caso, es notable la diferencia de criterios para elegir la respuesta según el ejemplo del que se trate, para la pregunta 36 que se refiere a las consecuencias de cambiar de ambiente a conejos siberianos, tenemos que el 63.5% eligieron la respuesta “sintética” mientras que para la otra pregunta que se refiere a la razón de la ceguera de salamandras en cuevas, el 91.5% de los profesores eligieron la explicación de corte lamarckiana.

La diferencia en la pregunta 37 es enorme, prácticamente todos eligen la respuesta no sintética, lo cual de inicio debe hacernos dudar sobre el reactivo, quizás la redacción del mismo no es tan clara o induce a una determinada respuesta.

Las preguntas 38 y 39 manejan la idea de evolución entendida como un cambio de proporciones a lo largo del tiempo.

Preguntas 38 y 39: evolución como cambio en las proporciones poblacionales de salamandras y osos polares.

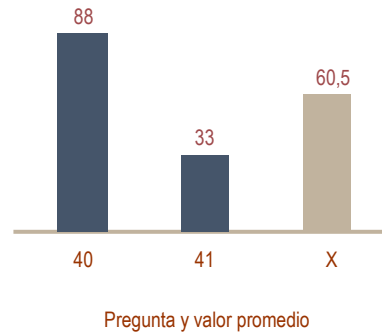


En la pregunta 38, se solicita la explicación de que las salamandras sean ciegas, y aquí se reafirma parte de la respuesta de la pregunta anterior, pues más de la mitad (57.5%) eligen explicaciones lamarckianas, en la siguiente pregunta, que se refiere a la explicación del color de los osos polares, el 90.5% eligen la explicación darwinista.

Una vez más en cada pregunta el criterio cambia según el ejemplo. Además se confirma la creencia del uso y el desuso de las estructuras y la herencia de los caracteres adquiridos para el ejemplo de las salamandras, que tan ampliamente se manifestó en la pregunta 37.

Las preguntas 40 y 41 buscan conocer la explicación que dan los profesores sobre el mecanismo evolutivo.

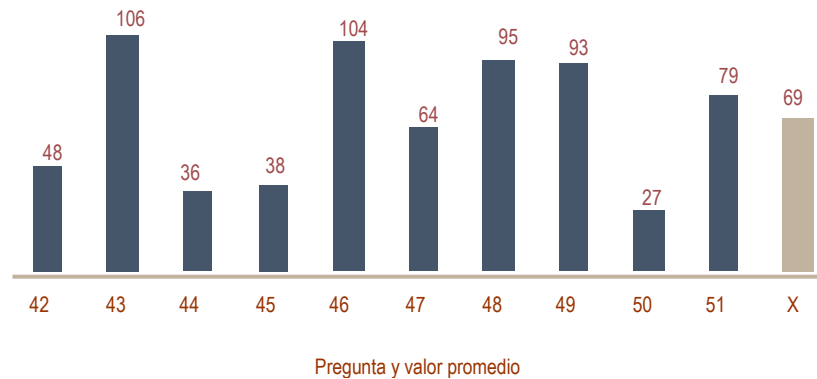
Preguntas 40 y 41: respuestas neodarwinianas sobre explicación del mecanismo evolutivo y el promedio.



Estos reactivos son de opción múltiple, cada una de estas opciones constituye una explicación basado en distintos criterios, en la pregunta 40 se solicita la explicación de la velocidad de los chitas actuales y las respuestas están distribuidas, si bien la más elegida fue la darwiniana (40.1%), no se puede decir que sea la preferida pues juntas las alternas suman el 59. 9% restante. La explicación teleológica con el 32.4% y la ortogenética con el 19% son de las más elegidas. En la pregunta 41 el 71% eligió la opción lamarckiana y solo el 14.9% la darwiniana.

Las preguntas 42 a 51 están pensadas para conocer la explicación del proceso evolutivo, el diseño de estas preguntas es diferente a las del resto del cuestionario, porque quién contesta para cada pregunta, debe hacer una doble elección, la primera es un porqué (seleccionando el número 1 o el 2) y la segunda el cómo (eligiendo la opción a, b, c o d), en ambos casos cada respuesta u opción corresponde a un criterio particular, de modo que según la combinación elegida, se pueda conocer la tendencia a uno u otro.

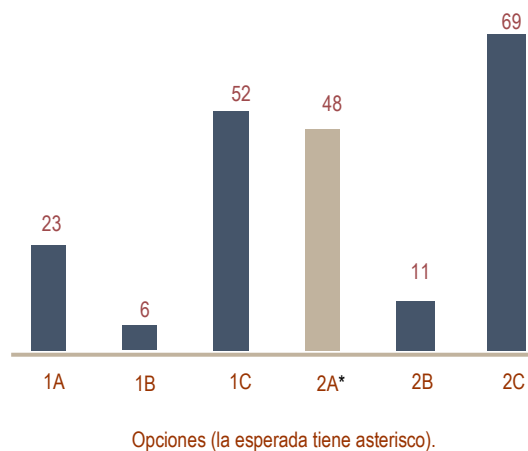
Preguntas 42 a 51: respuestas neodarwinianas sobre el proceso de evolución y el promedio.



En adelante a las respuestas con ambos componentes acordes a la teoría sintética, las denominaremos “esperadas”, a las combinaciones en que uno sea “sintético” y el otro alterno, las llamaré híbridas y a las que tienen ambos componentes diferentes al esperado, las llamaré alternas.

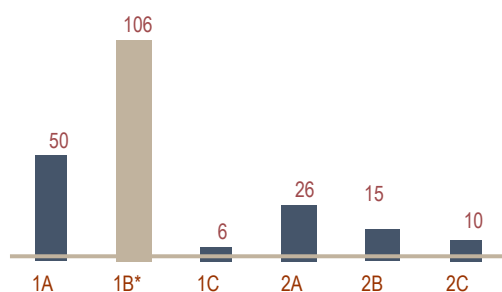
En la pregunta 42 que trata sobre la habilidad de los tiburones actuales para nadar más rápido, el 33% eligen híbridas entre darwinista-teleológico y el 24.9% alternas no darwiniano-teleológico y el 23% eligieron las respuestas esperadas. Lo cual indica que efectivamente hay una tendencia a elegir respuestas con diferentes enfoques.

Pregunta 42: tiburones que nadan más rápido.



La pregunta 43 sobre el traslado de aves de patas cortas a un ambiente pantanoso, prácticamente la mitad 49.8% eligen la respuesta esperada y el 23.5% es el más representado de las híbridas, un 16.2% elige alternas.

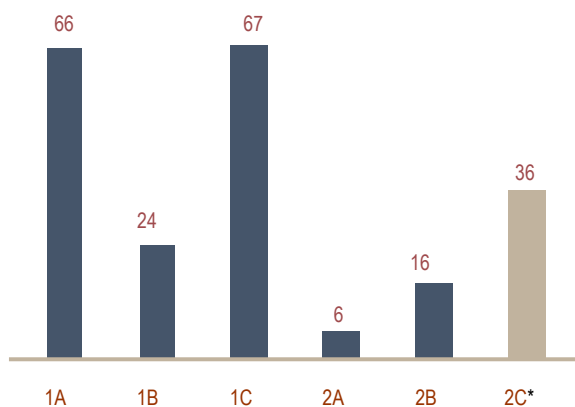
Pregunta 43: cambio de ambiente de aves de patas cortas.



Opciones (la esperada tiene asterisco)

La pregunta 44 sobre el cambio de grosor en la capa de grasa de las focas, el 31.2% es híbrida con un componente lamarckiano y el 30.1% es totalmente teleológico, el 16.7% corresponde a la esperada.

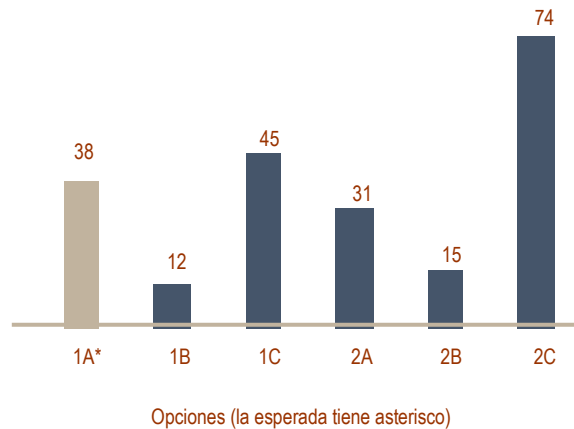
Pregunta 44: aumento de grasa en focas.



Opciones (la esperada tiene asterisco)

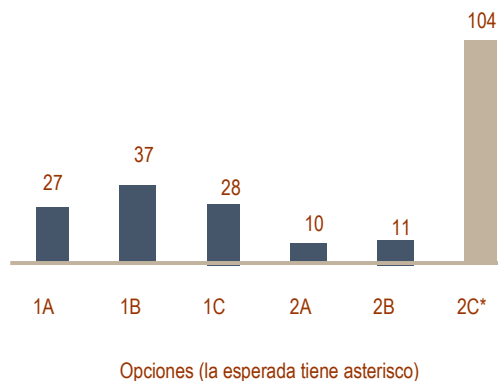
La pregunta 45 que trata el caso de las langostas resistentes al DDT, el 34.4% es alterna lamarckiana, el 20.9% es híbrida con un componente lamarckiano y el 17.7% es esperado.

Pregunta 45: langostas y resistencia al DDT.



En la pregunta 46 que se refiere al efecto de la desaparición de árboles de tronco claro sobre la población de mariposas, es de las pocas en las que predominan las respuestas esperadas (47.9%) seguidas por las híbridas con un componente lamarckiano (12.9%) y por las alternas lamarckianas (12.4%).

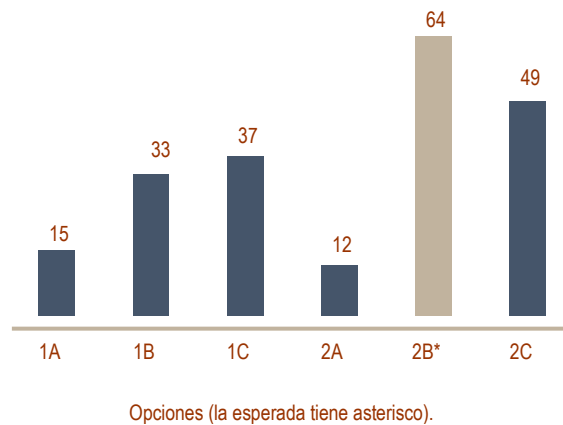
Pregunta 46: cambio ambiental sobre mariposas de alas blancas o negras.



En la pregunta 47 donde se aborda el tema de los sapos y su habilidad para saltar más lejos, también la más representada fue la esperada, aunque con el 30.5 % y la

híbridas con un componente teleológico tuvieron el 23.3%, la híbrida lamarckiano-teleológica contó con un 17.6% y las híbridas con un componente lamarckiano el 15.7%.

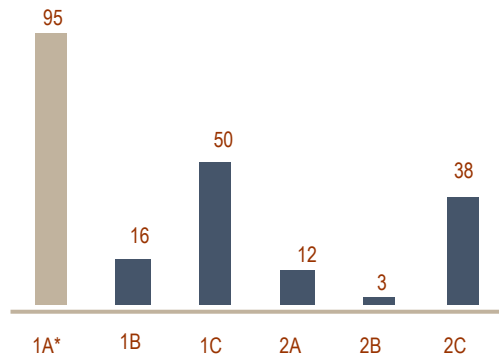
Pregunta 47: habilidad para saltar más lejos en sapos.



En la pregunta anterior, se presentó una mayor distribución de la población, a diferencia de las otras en las que dominaban una o dos opciones.

En la pregunta 48 se abordan los efectos de llevar mariposas a otro ambiente con flores largas, el 44.4% eligió la respuesta esperada, mientras que el 23.4% eligió la respuesta híbrida con un componente ortogenético y el 17.7% la lamarckiana-ortogenética.

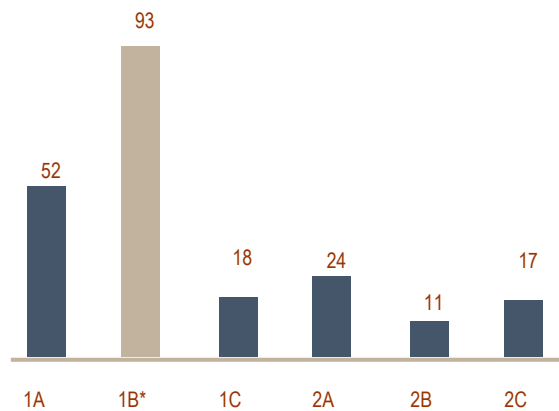
Pregunta 48: cambio de ambiente a mariposas con trompas larga o corta.



Opciones (la esperada tiene asterisco).

La pregunta 49 sobre los pinos que están en una zona con veranos calientes, la esperada obtuvo el 43.2%, una híbrida con componente teleológico muestra el 24.2%.

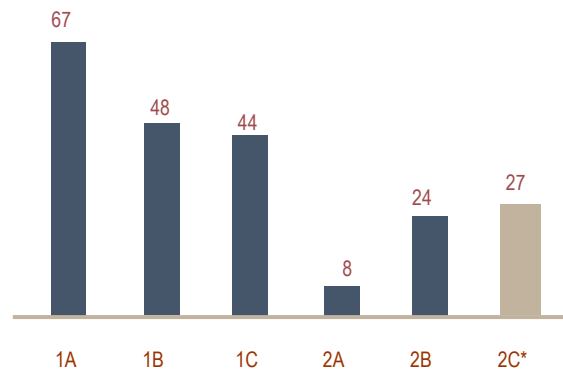
Pregunta 49: pinos en veranos cálidos y secos.



Opciones (la esperada tiene asterisco).

La pregunta 50 trata sobre los murciélagos y su sentido del oído, está dominada por híbridas 42.2% con un componente teleológico, le sigue la alternativa (30%) y al final esperada con un 12.4%.

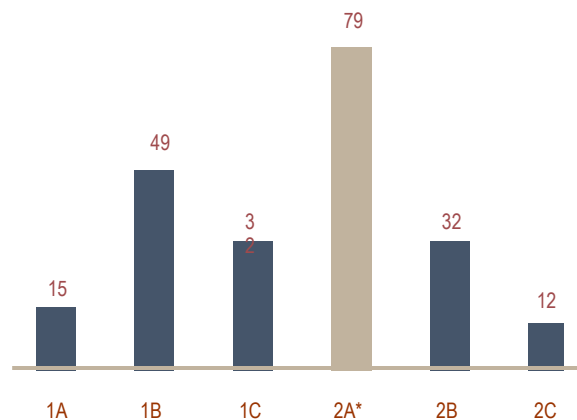
Pregunta 50: mejor sentido del oído en murciélagos actuales.



Opciones (la esperada tiene asterisco).

Para el caso de la última pregunta, la 51 sobre el efecto en la población de lagartijas de la desaparición del medio que la protege, el 36.6 % es la esperada y el 24.4 % es la alternativa.

Pregunta 51: efecto del cambio ambiental sobre lagartijas de piel amarilla o verde.



Opciones (la esperada tiene asterisco).

De lo anteriormente anotado, sobresalen dos preguntas por la forma tan clara en que dominó una de las respuestas, la 37 en el que el 91.5 % eligió la respuesta lamarckiana y la 39 con el 90.5 % que eligieron la darwiniana.

Solo siete de 18 preguntas, muestran un resultado superior al 50% que indica una predilección de la mayoría de los profesores por una respuesta, de éstas 7 preguntas, en 1 de ellas (la No. 34) la mayoría elige la teleológica; en tres preguntas

(35, 36, y 39) las respuestas son darwinianas y en otras tres (37, 38 y 41), son lamarckianas.

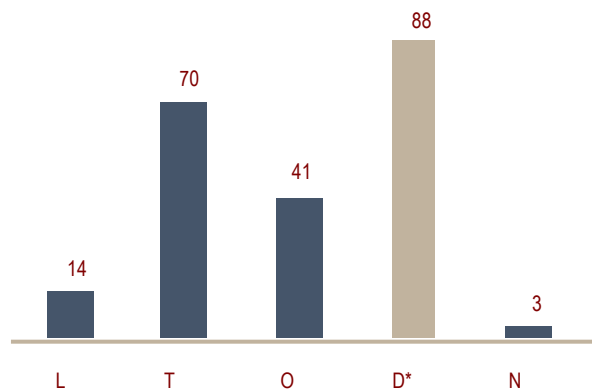
Existen cuatro preguntas (42, 44, 45, 47) que tuvieron como opción más representada valores menores al 35% lo cual indica que las respuestas de la población se distribuyeron más uniformemente entre las posibilidades, al contrario de las preguntas 37 y 39 en las que una opción acaparó mas del 90% de la población.

En el caso del apartado con las preguntas de la 42 a la 51 cuya mecánica de resolución fue diferente, se observa que en ninguna de ellas, alguna opción fue elegida por más del 50% de la población, lo que indica que no hay mayoría para ningún tipo de respuesta.

Aunque en 10 de las 18 preguntas la respuesta más representada es la darwiniana o “sintética”, solo en tres de ellas se puede afirmar una clara tendencia de la población hacia estas explicaciones, en las otras 15 las respuestas son mayoritariamente alternativas al darwinismo.

Así, podemos decir que los resultados obtenidos mediante la aplicación del instrumento empleado para conocer el tipo de explicaciones que dan los profesores de educación secundaria respecto al proceso de evolución de los seres vivos, muestran que las respuestas a los distintos planteamientos son de distinta orientación en cuanto al tipo de explicación utilizada, de modo que si el problema se refiere al mecanismo evolutivo en los chitas y su velocidad, la mayoría (88 profesores) selecciona una explicación darwinista, pero un número muy cercano (70) eligió una explicación teleológica seguida por los que escogieron el tipo ortogenético (41), 14 lamarckianos y tres que manifiestan desconocimiento.

Pregunta 40: tipo de explicación del mecanismo evolutivo en la velocidad de los chitas.

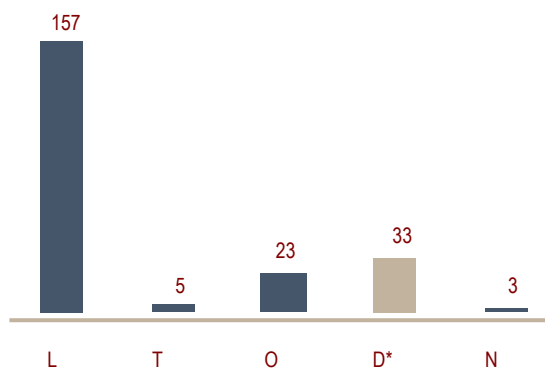


Opciones (la esperada tiene asterisco).

L: lamarckiano, T: teleológica, O: ortogenética, D :darwinista, N :otra.

Pero si el problema planteado se refiere a la resistencia al DDT, los valores son muy diferentes, pues entonces existe una marcada dominancia de explicaciones de tipo lamarckiano (157 de 223 profesores) mientras que las otras explicaciones están muy por debajo de la anterior.

Pregunta 41: tipo de explicación del mecanismo evolutivo para la resistencia al DDT.



Opciones (la esperada tiene asterisco).

L: lamarckiano, T: teleológica, O: ortogenética, D :darwinista, N :otra.

De lo anterior se desprende que las respuestas de los profesores no se ajustan a un mismo criterio ya que para el mismo fenómeno ofrecen explicaciones distintas según el ejemplo que se exponga, es decir si se trata de chitas la mayoría responde darwinianamente, pero si el ejemplo es del DDT la explicación es lamarckiana.

De acuerdo a la elección de las opciones presentadas, se observa una marcada tendencia finalista y dentro de ésta una mayor tendencia a elegir las explicaciones teleológicas y lamarckianas.

Es interesante considerar que resultados similares se han obtenido al plantear instrumentos como el empleado en este trabajo a alumnos de diferentes niveles educativos, sin embargo, las investigaciones en las que el sujeto de interés es el profesor, son escasas y prácticamente nulas en maestros de educación secundaria; población susceptible de ser investigada dadas las modalidades con que cuenta nuestro sistema educativo nacional, (diurnas, técnicas, telesecundarias, para trabajadores y abierta) y por la influencia que tiene sobre la sociedad mexicana ya que por ser educación básica, es obligatoria y por lo mismo debe al menos en teoría impactar a todos los jóvenes del país. Baste como ejemplo la nada despreciable suma de 129,199 jóvenes que tan sólo en el Distrito Federal fueron atendidos por la educación secundaria técnica en el año de 1996 (SEP, 1996).

Los estudios realizados por Sánchez-Mora (2000) sugieren que ni en la Facultad de Ciencias de la UNAM los alumnos de la carrera de biología tienen un pensamiento darwiniano y sus errores conceptuales concuerdan con lo descrito para los profesores en este trabajo, lo cual era de esperarse si recordamos que una buena parte de los profesores de biología en secundarias técnicas son egresados de la UNAM.

Todo lo anterior, confirma la primera hipótesis.

En cuanto a la segunda hipótesis de trabajo, referente a la suposición de que los profesores con profesiones distintas a la de biólogo, mantienen explicaciones del proceso evolutivo alternas a la teoría sintética de la evolución, se deben considerar los siguientes elementos.

En el apartado de resultados, se muestran las tablas de lo que he denominado Índice de Respuestas Sintéticas (IRS), y recordando, se establece una escala de valores desde el cero hasta el diez según la cantidad de respuestas acordes a la teoría sintética de la evolución, de modo que un valor de diez significa que la persona o grupo de personas eligen en su totalidad respuestas con esta tendencia, y por el contrario valores bajos cercanos al cero indican una mayor preferencia por explicaciones alternativas.

La media de la población estudiada fue de **3.6**, lo cual implica una importante tendencia a explicaciones alternativas. Sin embargo, no permite saber como se

comporta cada grupo al interior de la población, para conocerlo dividí a la población en subgrupos según las profesiones más representadas. De esta manera, se obtuvo la tabla correspondiente.

De los siete grupos en que fue dividida la población, cinco obtuvieron valores de ISR menores a la media poblacional y juntos representan al 76.8% de la población y solo dos grupos obtuvieron ISR mayor a la media poblacional (el restante 33.2%).

Médicos, odontólogos y técnicos son los tres grupos que obtuvieron los valores más bajos de ISR (3, 2.7 y 2.6 respectivamente) y juntos representan al 47.5% de la población total.

Los odontólogos que son el grupo más representado en toda la población, son también quienes poseen los valores más bajos en el ISR (de hecho solo apenas por encima de los técnicos pero estos últimos son únicamente el 2.2% de la población). Los odontólogos son también el único grupo en el que un profesor eligió todas las respuestas alternativas a la teoría sintética obteniendo un valor ISR de cero.

Los veterinarios y los biólogos son los grupos cuyos ISR están por encima de la media poblacional (4.4 y 4.8 respectivamente) además que entre los biólogos se presentó el caso de un profesor que obtuvo el ISR más alto de la población al elegir 17 de las 18 respuestas con planteamientos acordes a la teoría sintética.

Adicionalmente, cuando acomodamos los datos de manera que en una lista se presenten los profesores con ISR de mayor a menor, vemos que de los 29 profesores que eligen respuestas orientadas a la teoría sintética, 18 son biólogos y entre los 29 profesores con más respuestas alternativas, hay 15 odontólogos.

Asimismo, el análisis estadístico de χ^2 muestra que existe una relación de dependencia entre el tipo de respuestas y la profesión de quienes la emiten, de modo que podemos afirmar que son los biólogos los que tienden a seleccionar respuestas de acuerdo a la teoría sintética de la evolución, y médicos y odontólogos eligen las alternativas a ésta.

Sin embargo, aunque estas profesiones (biólogos y médicos veterinarios) sean las que tienen los valores más altos, en conjunto están por debajo del valor de cinco, que es el punto medio del valor del ISR, es decir el 4.8 de los biólogos, indica que también eligen respuestas alternativas a la teoría sintética.

Todo lo anterior nos lleva a aceptar la segunda hipótesis, de modo que en efecto, los profesores con una formación profesional distinta a los biólogos eligen explicaciones alternas a las que ofrece la teoría sintética de la evolución.

Sin embargo, cabe destacar que la idea implícita de que entonces los biólogos eligen explicaciones de corte sintético, no se confirma y de hecho se demuestra lo contrario que también ellos eligen en su mayoría explicaciones alternativas.

DISCUSIÓN

Como vimos en el apartado correspondiente, el programa vigente de biología de secundaria reconoce a la evolución como tema unificador y globalizador en las ciencias de la vida, esto aparece explícito en documentos escritos de apoyo al profesor como el programa de estudios de Ciencias I (con énfasis en biología). Adicionalmente, la mayoría de los profesores han participado en más de una ocasión en talleres donde se busca que conozcan y reconozcan el enfoque del programa.

¿Por qué entonces estos profesores siguen escogiendo argumentos no darwinistas ante problemas evolutivos?

La respuesta no es sencilla, pero podemos afirmar que no basta con ofrecer elementos escritos o acudir a talleres, se requiere de más y diferentes acciones para generar un cambio en los profesores. Quizá si profundizamos en lo anterior podemos tener elementos con un nivel de explicación más satisfactorio.

La mayoría de las explicaciones elegidas por los profesores, corresponden a un criterio de tipo finalista y la minoría responde a una orientación darwinista, pero en lo particular, las más frecuentes fueron las de tendencia lamarckiana.

Lo anterior resulta interesante ya que esta tendencia se ha encontrado estudiando alumnos de diferentes niveles, pero no con profesores y menos de secundarias.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación del instrumento, muestran también que los profesores no observan un mismo criterio, emplean diferentes tipos de explicaciones según la situación sobre la que se les cuestiona. El hecho de que con un tipo de organismos la respuesta mayoritaria sea darwinista y que con otro ejemplo y ambiente pero en el fondo el mismo fenómeno la elección se inclina hacia una explicación alterna, muestra que los profesores tienen el conocimiento a nivel de

nociones (castañeda 1977 y huerta 1977), es decir de formulaciones basadas en el sentido común y que se han formado con base en lo que el medio y los medios masivos de comunicación para el alcance de la sociedad, Así, las preguntas 27 y 23 que se refieren al color blanco de los osos polares son las que presentan mayor porcentaje de respuestas de tipo darwiniano (90.5 y 68.3 % respectivamente).

Por el contrario, las preguntas con menos porcentaje de respuestas darwinianas se refieren a la ceguera de las salamandras de las cuevas (91.5 % de respuestas lamarckianas, pregunta 25) y la pregunta 29 que explica la resistencia de los mosquitos al insecticida DDT que tiene el 71% de respuesta lamarckiana. Tanto la ceguera (que recuerda el típico ejemplo del topo) como la resistencia hacia la acción de los antibióticos, son comúnmente expresadas por las personas aduciendo a la influencia del medio como origen del cambio.

Lo anterior fortalece la idea de que en la mayoría de los maestros que imparten biología en secundarias técnicas del DF perdura el sentido común en las explicaciones evolucionistas, lo cual refuerza la idea de que existen nociones y preconceptos en lo que a este importante tema se refiere.

En concreto, parece que los profesores no tienen un solo criterio para el tipo de explicaciones eligen.

¿Porqué ésta clara tendencia hacia el finalismo (teleológico y lamarckiano) si la teoría científica más aceptada en la actualidad tiene una de sus bases en la “selección natural” postulada por Darwin? Máxime, cuando se trata de un tema que han estudiado en algún momento de su educación o al menos y con certeza como insumo para diseñar actividades de aprendizaje durante la instrumentación didáctica de sus clases en secundaria.

Sin embargo, aún y cuando los profesores en estudio son la mayoría profesionistas y han cursado evolución en diferentes momentos de su vida escolar, (lo que llevaría a pensar que para ser profesor en el nivel secundario es suficiente), sobre todo en ese 27% de biólogos impartiendo clases de evolución y de los cuales una alto porcentaje son egresados de la UNAM, los estudios realizados por Sánchez-Mora (1997) y de Hernández (1995) sugieren que ni en la Facultad de ciencias de la UNAM los alumnos de la carrera de biología tienen un pensamiento darwiniano y que sus ideas alternativas concuerdan con lo que se ha descrito para los profesores en este trabajo.

Pues bien ese es el problema, que el pensamiento lamarckiano es más común que el darwinista.

Explicar la razón de por qué el darwinismo no está tan difundido como lo esperamos es asunto complejo por las diversas variables que se encuentran relacionadas, pero es un hecho que el lamarckismo es una explicación más intuitiva (Jacob y Langaney 1997), y que comprender los fenómenos desde el punto de vista de la teoría sintética, actualmente requiere de un esfuerzo adicional.

¿Será un problema didáctico como lo plantea Guillén (1995)? o ¿será acaso un problema inherente a la teoría de Darwin y a su dificultad conceptual? (Candela, 1990) y ¿si fueran dos o más de las anteriores circunstancias a la vez?

Al respecto, podemos considerar los siguientes puntos:

Para poder responder el por qué perdura el pensamiento no darwinista, debemos recurrir al modelo de Ausubel sobre la organización cognitiva de las personas, como se presentó en el capítulo correspondiente, los conceptos se encuentran organizados formando redes que tienen coherencia y trabajan como un sistema (Moreno 1986), los conceptos están unidos a otros mediante relaciones de supra e infraordenación, de modo que un cambio traería como consecuencia que el sistema se desestabilice.

Recordemos que este estado se ha alcanzado mediante el binomio asimilación-acomodación de la información a lo largo de la vida del individuo, que para nuestro caso corresponde a una construcción lamarckiana de los procesos evolutivos.

Al ser las explicaciones de tipo lamarckianas más intuitivas, resultan relativamente fáciles de incorporar y con ellas se construye un sistema conceptual que le permite a quien la posee explicarse la mayoría de los fenómenos a los que se enfrenta en su vida cotidiana, las explicaciones darwinianas o de la teoría sintética resultan más complejas conceptualmente hablando.

Para decirlo más claramente, podemos recurrir a una analogía, un niño o niña que nace con algún problema visual no tan grave pero que amerita el uso de anteojos, puede creer que los objetos son como los ve, al carecer de un patrón de comparación y dado que siempre ha visto igual, es lógico que se acostumbre a su situación, hasta que otra persona, usualmente los padres – y en ocasiones algún profesor- advierte comportamientos atípicos en el niño, es entonces cuando acuden a un especialista para corregir el problema.

El ejemplo anterior nos sirve en parte para ilustrar que si desde que nacemos y durante las experiencias cotidianas aprendemos a explicar ciertos fenómenos bajo una visión lamarckiana o teleológica y ésta se refuerza constantemente a través de documentales, películas, canciones³³ y otros elementos de comunicación, que influyen en la formación del sentido común, resulta obvio que con estos conceptos que consideramos correctos construimos parte de nuestra estructura cognitiva.

Sin embargo, decimos que la analogía anterior nos es útil en parte ya que si bien explica porqué y cómo se origina el pensamiento alterno al darwinismo, no nos es útil al momento de tratar de corregirla. Sería muy bueno que cuando alguien se percatara de los errores conceptuales de otro, pudiera sencillamente turnar al sujeto a un especialista y le recetara unos anteojos que le permitieran ver con un enfoque acorde con la teoría *sintética*.

Pero no es así, lo que realmente sucede es que cuando una persona asimila información que está en desacuerdo con sus esquemas conceptuales, produce una resistencia, producto del conflicto que surge durante el proceso de diferenciación progresiva e impide una reconciliación integradora. De esta manera si acaso no es posible enlazar los conceptos previos con la información nueva, se presenta un fenómeno de memorización que de no reutilizarse, puede llegar a producir olvido o simplemente no se producirán aprendizajes significativos, (Novak, 1978; Novak, 1992). Además, existe un mecanismo que tiende a mantener el sistema en equilibrio intelectual y a transformar los nuevos datos para adaptarse a su sistema o simplemente a ignorarlos, (Moreno, 1986).

Si bien es cierto que las ideas alternas al darwinismo son más intuitivas, esto responde también a que la mayoría de la población no ha incorporado otra explicación, desde pequeños escuchamos continuamente afirmaciones que se originan y refuerzan estas creencias, las escuchamos de nuestros padres, los amigos, en la televisión, las canciones, y por lo obtenido en este trabajo, hasta en la escuela, de modo que los preconceptos que construimos necesariamente son a partir de estos referentes y por ello al final, resultan más intuitivas, claro, porque ante estos problemas, contamos con un sistema conceptual que lo puede explicar, que lo ha

³³ Algunos ejemplos de producciones literarias y artísticas con mensajes lamarckianos son tan conocidos como el cuento de *la caperucita roja* de Perrault en el que la explicación de las orejas ojos y dientes grandes son plenamente finalistas. Otro ejemplo es la canción mexicana *la ley del monte* en la que se dice que "...los nuevos hijos que al maguey le brotan vendrán marcados con nuestros nombres" los cuales fueron grabados en el progenitor. Así como esos hay otros ejemplos cotidianos que refuerzan ideas alternativas al darwinismo.

hecho y que nos da resultado en lo general. Recordemos que el aprendizaje es acumulativo y no aislado y genera estructuras sólidas que tienen un valor funcional para el individuo (Shuell, 1985).y no es sino hasta niveles de especialización educativa en que las anomalías pueden percibirse.

Para comprender lo anterior, debemos contemplar que la certeza de los fenómenos naturales son propiedades de quienes las describimos, y no de la naturaleza como tal (Staver, 1997), pues en el proceso de percepción de un fenómeno evolutivo, hay que reconocer que no se da un proceso pasivo de incorporación de la información, sino que depende de la experiencia de quien lo percibe y por lo tanto es un proceso activo. (Otte, 1998).

Lo anterior toma sentido si consideramos la posición de los constructivistas respecto a que la ciencia posee capacidad instrumental para organizar el mundo individual y colectivamente engarzándola con nuestra capacidad de función viable (Von Glaserfeld, 1995) dentro de las experiencias colectivas del mundo. (Staver, 1997). Es decir, si bien es cierto que los planteamientos de la teoría sintética aparentemente son de mayor dificultad que los alternativos, esto es porque nuestros referentes no están contruidos en ese sentido y por lo tanto las explicaciones parecen más difíciles e inverosímiles y ante esto, resulta más cómodo y sencillo aferrarse a lo anterior que ponerlo en tela de juicio.

Con relación a la polémica de si se trata de un problema didáctico o de dificultad conceptual inherente a la teoría sintética de la evolución.

Si estuviéramos hablando de alumnos, la unidad correspondiente a evolución, se encuentra en el primer grado y corresponde a la segunda unidad temática. Salvo un tema incluido en la primera unidad de este mismo grado referente a la teoría sintética, no hay evidencias explícitas de otros contenidos referidos a evolución en las demás unidades. Lo anterior trae como consecuencia que los alumnos enfrenten los temas de evolución al inicio de la educación secundaria. Pero por ser uno de los conceptos unificadores de la Biología actual, este tema requiere de bases en otras áreas como genética y ecología las cuales se abordan posteriormente, de manera que los alumnos aun no cuentan con elementos suficientes para construir adecuadamente la teoría de la evolución.

Además, la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos asociados a la evolución, resultan ser de los más complicados (Langford, 1990), y al parecer, las

razones son diversas. Los estudios que tratan el problema del aprendizaje de la evolución, arrojan resultados en ocasiones encontrados, así hay quienes plantean que la teoría sintética de la evolución contiene conceptos muy abstractos para los niveles intermedios de manera que cuando se explica, los jóvenes no han desarrollado las categorías más importantes del conocimiento científico, a saber, la causalidad, la reciprocidad y la validez (Hartmann, 1970).

Desde el punto de vista psicológico los alumnos de primero de secundaria se encuentran en el tránsito de la etapa de operaciones concretas a formales, es decir aun requieren elementos tangibles para estructurar conceptos, la teoría sintética de la evolución es un concepto complejo que requiere una cierta madurez mental por el grado de abstracción que exige, de modo que los profesores deben tener en cuenta las características de los alumnos para diseñar estrategias de aprendizaje acordes a su desarrollo cognitivo.

Lo anterior nos lleva a considerar que como la población en estudio son profesores, no se debe descuidar que en todo caso se trata de un problema asociado a la enseñanza. Sin hacer a un lado de manera definitiva la influencia de otros factores como los que proponen Dusch y Wright (citados por Flores y col, 2000), comparto la idea de que el principal problema está en la manera de concebir la naturaleza de la ciencia y fenómenos como la enseñanza y el aprendizaje (Flores y col., *opcit*).

Lo anterior tiene que ver por que la idea de ciencia y de cómo aprenden las personas definitivamente influyen en el cómo creemos que debe ser la enseñanza.

En un estudio realizado en Portugal, la mayoría de los profesores tienen una influencia empirista-inductivista acerca de la naturaleza del conocimiento científico y su proceso de construcción (Praia y Cachapuz, 1994), similares resultados encontraron en México Flores y col. (2000). En dicho proceso de construcción, el evolucionismo juega un papel importante (Hernández, 1995) además, existen también diferentes investigaciones acerca de las implicaciones epistemológicas de las estructuras conceptuales en alumnos de biología (Campos, Ruiz y Alucema, 1996).

Todo esto nos lleva a recordar el problema que apunta Thomas Kuhn, referente a que el paradigma dominante determina qué debe ser enseñado, y los libros de texto reproducen esas ideas, de modo que las personas de la sociedad aprenden una forma de concebir el mundo y creen en ella. Para el caso que nos atañe, los profesores aprenden de otros profesores y de libros, videos y otros auxiliares que reproducen las

explicaciones teleológicas y lamarckianas, de modo que aunque ellos creen ser darwinianos, por una mala formación realmente siguen explicándose (y en consecuencia a sus alumnos) el proceso evolutivo de manera alternativa.

Los resultados obtenidos por Aguirre y colaboradores (1990), trabajando con estudiantes para ser profesores muestran que la gran mayoría de ellos carecen de elementos suficientes en aspectos tan importantes como la manera en que se produce el conocimiento científico y que mantienen un pensamiento *cuasi*-empirista.

Lo anterior trae como consecuencia que los futuros profesores sigan formándose bajo la creencia de que ellos son quienes deben transmitir el conocimiento a los alumnos y que el papel de estos últimos es comprender en función de las experiencias generadas por las estrategias educativas que les planea el profesor.

En términos de enseñanza de la evolución de los seres vivos, prevalece la idea de que los profesores deben “enseñar” la teoría sintética y ofrecer como pruebas y demostraciones, los soportes provenientes de otras disciplinas. Los alumnos entonces “deben” asimilar esta información y por medio de su razonamiento, aprenderlo.

Sin embargo, el constructivismo niega que el proceso anterior sea una garantía de aprendizaje y plantea que se requiere al menos tomar en consideración los siguientes puntos:

1. El alumno no posee una mente en blanco.
2. Los alumnos tienen un sistema conceptual previo que requiere ser tomado en cuenta para promover el aprendizaje.
3. Al alumno más que enseñarle, hay que brindarle elementos suficientes para que se convenza.
4. Aprender no es solo que las personas asimilen la información y sean capaces de repetirla, es incorporar a su sistema conceptual los conocimientos, lo cual implica un contraste con sus ideas previas y en ocasiones un cambio que puede llegar a consistir en una resignificación de sus esquemas.
5. El aprendizaje es un fenómeno mental, individual y característicamente funcional y adaptativo.

El hecho de no considerar estos aspectos, implica un proceso de enseñanza y aprendizaje inefectivo y consecuentemente sin los mejores resultados posibles.

En virtud de lo anteriormente expuesto, es que creo que estamos frente a un problema más relacionado con la manera de enseñar que con la dificultad inherente a la teoría.

Respecto a porqué en maestros que presumiblemente han cursado evolución desde el punto de vista darwiniano, persisten las ideas alternas.

Al inicio nos referimos a lo sorprendente que puede resultar que profesores con estudios de licenciatura en áreas como la medicina, la odontología, la veterinaria e incluso en biología, sigan eligiendo explicaciones alternas al darwinismo. Puede ser sorprendente por que lo esperado es que en diversos momentos durante su paso por el sistema educativo nacional hasta el nivel de bachillerato, han cursado temas de evolución de los seres vivos, con programas que explícitamente plantean la importancia y necesidad de que quienes estudian aprendan la teoría sintética como la más aceptada en la actualidad.

Además, quienes cursan estudios universitarios en las áreas biológicas deben cubrir semestres dedicados a la evolución obviamente bajo el paradigma de la teoría sintética y ni aún en este caso se puede decir que el aprendizaje se haya dado.

Para avanzar en la respuesta de este fenómeno, podemos considerar varias dimensiones, una que ya fue abordada en el punto anterior, se refiere a que lo "normal" en la sociedad en que vivimos, es escuchar explicaciones alternas al darwinismo y que en todo momento enfrentamos elementos que reproducen y fortalecen el paradigma lamarckiano, además de una visión empirista de la naturaleza del conocimiento científico y su relación con la enseñanza. Bajo estos principios más que favorecer se dificulta el proceso de cambio conceptual.

Otro aspecto tiene que ver con la resistencia al cambio de las ideas previas. En el caso particular que nos ocupa, los profesores han construido individual y colectivamente explicaciones para los fenómenos evolutivos y dicho aprendizaje en su carácter funcional y adaptativo (Staver, 1998) le han servido para expresar sus pensamientos cada vez que han sido requeridos, ya que las ideas previas determinan en mucho la manera como vemos las cosas (Duit, 1995).

En el lamarckismo, se engloban una serie de entidades conceptuales interconectadas que forman estructuras coherentes mediante las cuales, es posible interpretar y explicar los fenómenos evolutivos de manera superficial.

El éxito social de dichas explicaciones, ha hecho que las veamos “naturales” o “intuitivas”, pero son sin embargo científicamente inaceptables.

Por ser un fenómeno extendido socialmente, es comprensible que los habitantes (profesores y alumnos) compartan dichas explicaciones que continuamente se ven reforzadas. De manera que maestros y alumnos en lo general tienen los mismos preconceptos, (Flores, 2000).

Cuando nos referimos a estudiantes, no solo queremos abarcar a la población joven del país, también a los de las escuelas normales y de educación superior, de tal manera que los ahora profesores otrora estudiantes³⁴, vivieron estas y otras circunstancias y son producto del sistema educativo y por lo tanto comparten estos problemas.

Por otra parte, para este caso, la edad resulta ser una influencia al momento de intentar modificar estructuras conceptuales, ya que sin llegar a ser una norma las personas adultas y mayores han tenido más oportunidad de adquirir experiencias que formen o deformen su estructura cognitiva y por lo mismo el sistema conceptual al estar más interrelacionado, puede resistir mas a los cambios, sobre todo si son conceptos centrales o jerárquicamente importantes.

La resistencia al cambio de las ideas previas, ha sido documentada por autores como Staver, 1998 y Flores, 2000, y explican su origen sincrónico con la cognición y por lo tanto, construidas en función de sus experiencias y las relaciones colectivas mediadas por el lenguaje. La inversión de tiempo para construirlas y su viabilidad³⁵ les provee de una solidez adaptativa que se manifiesta como una rígida capacidad para resistir intentos de cambio (Staver, *opcit* y Von Glaserfeld, 1995).

La primera reacción ante una anomalía, es negarla y responsabilizar al proceso seguido, asumiendo posibles errores de quién o quienes investigan, (Kuhn, 1962; Strike y Posner, 1985) como un mecanismo de defensa.

Existe otro aspecto que hasta ahora no he considerado y no menos relevante que los anteriores, es la necesidad de cambio que pueden sentir los profesores, es decir, para la mayoría de los biólogos, la evolución es la pieza fundamental sobre la

³⁴ Recordemos que los resultados muestran que en promedio los profesores egresaron hace una década, cuando el conductismo dominaba, al menos en la educación pública mexicana.

que se sustenta la biología moderna, casi nadie en esta profesión niega su importancia, pero los resultados muestran que los biólogos somos poco menos de la tercera parte de la población de maestros de Secundarias Técnicas en el Distrito Federal y en consecuencia más de dos terceras partes no necesariamente valoran o reconocen la importancia de la evolución como lo presumiblemente lo hacemos los biólogos.

Para la mayoría, entonces, explicar de una u otra manera puede significar lo mismo y en lógica consecuencia no le conceden la misma importancia al cambio de pensamiento y tal vez (sólo tal vez, porque el instrumento no brinda información al respecto) no comprenden la teoría sintética. En tales circunstancias, un profesor o profesora no convencido de la importancia de cambiar su estructura cognoscitiva y por lo tanto desinteresado en hacerlo, simplemente no lo hará.

La escuela, sitio en el que la mayoría recibimos (o al menos deberíamos recibir) el conocimiento científico, no ha cumplido cabalmente con esta responsabilidad. Durante décadas y aun en la actualidad ha seguido un fundamento metodológico de corte conductista del aprendizaje, de manera que la práctica docente sigue privilegiando actividades de enseñanza rutinarias basadas en la exposición, el uso (y en ocasiones abuso) del libro de texto y en un sistema de enseñanza que poco ayuda al desarrollo de las actitudes científicas fundamentales. Aunque en el discurso oral o escrito se diga otra cosa.

Mientras prive esta situación, que se agudiza por la masificación de la enseñanza, y políticas de contratación de personal docente con perfiles tan amplios, que trae como consecuencia secundaria una deficiente preparación pedagógica o disciplinaria o en ambas, no se podrá fácilmente avanzar en la resolución de problemas como una mejor calidad en la enseñanza de la evolución y por ende de la biología.

Como lo plantean Moreno (1986) y Novak (1992), de poco sirve la repetición periódica de tópicos de ciencia (para nuestro caso de la teoría sintética de la evolución) si la mayoría de los estudiantes están recibiendo un aprendizaje mecánico y repetitivo.

Otra razón por la que persiste el pensamiento alternativo al darwiniano, es el grado de conciencia de los profesores sobre lo “erróneo” de sus ideas.

³⁵ Entendida como la capacidad de no contradecir la red conceptual interna.

El cuestionario que empleamos, no da información respecto a si un profesor responde lamarckianamente por sentido común o porque tras un análisis concienzudo de las diferentes teorías él está convencido que esa es la mejor respecto a las otras.

Lo anterior es importante por que aunque el resultado pueda ser el mismo, la razón detrás de la elección es diferente, baste recordar que aun hoy la Teoría Sintética es la que la mayoría de los biólogos aceptamos como correcta científicamente por su grado de explicación y por las evidencias que las soportan, pero que también existen personas convencidas de otras formas de explicación.

Claro está que lo anterior no los exime de cumplir con lo que la sociedad mexicana a través de los planes de estudio ha determinado que se les enseñe a los jóvenes, esto es, que a los profesores de biología se les contrató y se les paga para que enseñen biología bajo los principios de la teoría evolutiva mas aceptada y esa es al menos hasta ahora, la Sintética.

Sin embargo, de lo anterior se desprende la pregunta ¿qué tan conscientes están los profesores de que su pensamiento es de un tipo o de otro? La experiencia nos indica que la gran mayoría reconoce a la sintética como la teoría más aceptada y se sorprenden y en ocasiones hasta se desilusionan cuando tras un análisis de sus respuestas, ellos mismos reconocen explicaciones teleológicas o lamarckianas, de hecho ellos consideran que son “sintéticos” hasta que analizan sus respuestas.

Lo anterior sucede tanto en la población en estudio, como en algunos cursos que he impartido en un Centro de Maestros y con profesores del nivel secundaria, pero en otras modalidades como las Generales y Tele secundarias, la muestra es reducida y no representativa, pero puede servir como indicador de que hay profesores no conscientes de que su pensamiento o manera de explicar los procesos es alternativo al sintético y que por lo mismo creen que cuando enseñan o explican, lo hacen con apego a lo que se espera de ellos, esto hace que el problema adquiera una dimensión mayor.

Así las cosas, los profesores que creen que lo hacen bien y que no desean cambiar porque no le conceden la misma importancia, pueden asistir a cursos, talleres y demás eventos de actualización o capacitación y no experimentar un cambio significativo ya que estos eventos, hasta ahora no han sido planeados tomando en consideración estos problemas y se limitan a presentar los contenidos como tradicionalmente se hace. Entonces, cuando la mayoría de los profesores y profesoras acuden a los cursos, aparentemente ven lo mismo y los argumentos no impactarán su

estructura cognitiva, por lo que no se producirán aprendizajes significativos y en consecuencia tenderán a perderse o a difuminarse, pues como lo plantea Moreno (1986), si no se produce un cambio en el sistema epistémico los conocimientos con un nivel de complejidad superior, serán deformados y traducidos a un sistema interpretativo más elemental.

Sugerencias para favorecer el cambio conceptual.

Como hemos visto, los errores conceptuales son producto de una construcción personal y que en ocasiones ha tomado mucho tiempo, además que los reforzadores presentes en el ambiente son continuos y poderosos. Así que pretender que el cambio de esas estructuras cognitivas se dé rápidamente es poco confiable, se requieren varios elementos para poder, inicialmente, tan solo reconocer la posibilidad de que lo que sabemos esté equivocado y después desear cambiar. A Confucio se le atribuye una frase que va muy bien con lo anterior “El que sabe que tiene un error, ha avanzado la mitad del camino para remediarlo”, de manera que no solo es suficiente ver el problema, sino reconocer que es nuestro, para posteriormente desear resolverlo.

El cambio conceptual ha sido estudiado desde diversos ángulos, como son la epistemología, el enfoque histórico y desde la construcción de modelos (Flores, 2000).

Aplicado al tema de este trabajo, los profesores deben primero reconocer que en su mayoría emiten respuestas lamarckianas y teleológicas para explicar el hecho evolutivo, posteriormente reconocer que ellos mismos lo hacen y después desear realmente dejar de hacerlo.

A continuación algunas sugerencias basadas en la literatura que considero pueden ayudar a que los profesores avancen en el camino anotado en el párrafo anterior.

Comprometerse con el conocimiento, es decir romper inercias que les resultan cómodas por que pueden realizar su labor bajo la ley del mínimo esfuerzo, así, algunos profesores una vez realizada la planeación de un curso, cada año lo repiten, emplean el libro de texto como guía para las sesiones y no como apoyo, hay que romper con esas inercias que no permiten reconocer y respetar las diferencias de los integrantes de cada grupo y de los grupos en si.

Responsabilizarse del aprendizaje propio, pues en ocasiones los profesores están esperando que la actualización les llegue desde fuera, acuden a muchos

cursos, pero no son responsables de lo que necesitan y en consecuencia los cursos no siempre son efectivos.

Un aspecto importante, es la necesidad de profesionalizar la enseñanza (Dr. Fernando Flores C., com. per.), es decir, que los profesores reconozcan el problema del aprovechamiento de sus alumnos como suyo, ya que en la medida que lo vean de esa manera, buscarán nuevas alternativas de solución, si por el contrario continúan pensando que el problema del aprovechamiento es del alumno o de la sociedad, no sienten el compromiso y se desentienden del asunto, cayendo bajo mi punto de vista en una irresponsabilidad. Este punto concreto, hace referencia al menos a dos niveles de acción, el primero es el de cada profesor en el aula y el otro es en el ámbito de la formación, actualización y superación magisterial, pues recordemos que los profesores son maestros y también alumnos y que hay profesores de profesores.

El cambio en los profesores debe contemplar el tránsito desde un modelo instruccional, a uno constructivista basado en el desarrollo de competencias para la vida y el aprendizaje autónomo, pero para ello se requiere simultáneamente un cambio en la concepción epistemológica de la naturaleza de la ciencia y por ende de su enseñanza, de modo que se avance del pensamiento empirista que prevalece, a un positivismo lógico y a uno constructivista, o dicho de otra manera, al metaconocimiento referido por Duit, (1995).

Por su parte, y decíamos que simultáneamente, debe darse el cambio en la teoría de aprendizaje que se tenga, desde el conductismo que es el más frecuente, a cognoscitivista, para posteriormente pasar al desarrollo de competencias.

Lo anteriormente expuesto, muestra la complejidad del problema y la magnitud de las alternativas, por eso insisto en que dichas modificaciones son simultáneas, de manera que unas propician a las otras y viceversa, además de que finalmente se trata de un proceso individual y que cada maestro parte desde diferentes estadios, es decir cada profesor está más o menos cerca de alguna de las etapas que he planteado arriba.

Quizá se pueda objetar y con razón, que se trata de una propuesta demasiado esquemática, y con el constructivismo como etapa a alcanzar tanto en lo epistemológico, como en lo referido a la teoría del aprendizaje. Sin embargo, es tan solo un patrón general que ha sido mostrado por distintos estudios (Flores y col. 1999; Flores, 2000) además de que es la concepción más aceptada en la actualidad por sus

contribuciones a la explicación tanto de la práctica científica, como a su enseñanza, (Staver, 1998).

Por otra parte, queda aun por abordar un aspecto que reviste gran importancia para alcanzar los propósitos anteriores, es decir el cómo se hace eso. A este respecto, hasta donde pude investigar, se carece de algún esquema general que guíe el camino. Lo que he revisado, muestra acciones y recomendaciones útiles para comprender que cada caso presenta diferencias que obligan a decisiones distintas, pero también hay aspectos que resultan comunes y para los que sí se pueden hacer algunas recomendaciones o sugerencias como las siguientes:

Una propuesta no muy elaborada es la de utilizar el método socrático “mayéutica” para el cambio conceptual. (Shuell, 1985), que se refiere a utilizar el lenguaje devolviendo preguntas a nuestro interlocutor según sus respuestas, de modo que cada vez tenga que reflexionar más a fondo sobre lo que dice y sabe.

Otra propuesta, pero bajo mi punto de vista más elaborada y fundamentada, es la de Strike y Posner (1985), ellos describen cuatro condiciones para que se dé el cambio conceptual, en lo personal me parece que pueden ser retomadas para este trabajo, así que las describiré brevemente.

1. Reconocer la existencia de anomalías en la teoría que tenemos, para lo cual se requiere:

- Comprender por qué los resultados son una anomalía.
- Reconocer la necesidad de reconciliar los resultados con las concepciones.
- Que los profesores estén conscientes de la importancia de reducir las inconsistencias sobre lo que creen.

Estos elementos deben estar presentes todos a la vez según lo plantean Strike y Posner, (1985) para que puedan reconocerse la anomalías lo cual constituye el primer paso.

2. La comprensión mínima de la concepción nueva.

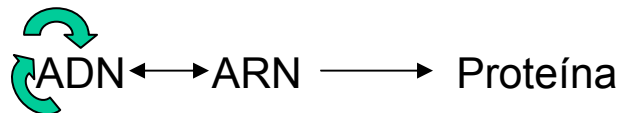
3. Que la concepción nueva sea viable de inicio. Por que una concepción que de entrada resulta incomprensible, puede ser contraintuitiva y por lo mismo rechazada.

4. Que la nueva concepción sea fructífera. Es decir, que tenga potencial para extenderse, crear nuevas preguntas y de explicación. Lo cual se logra en tanto que la persona adquiriera compromiso con la nueva concepción.

En la figura de la siguiente página, se esquematizan estos cuatro pasos y los requerimientos de cada uno.

Si deseamos promover el cambio conceptual de los profesores de Biología sobre la evolución de los seres vivos, bajo la propuesta de Strike y Posner, debemos promover que ellos reflexionen sobre sus ideas a la luz de situaciones anómalas desde el punto de vista de la teleología y del lamarckismo, por ejemplo para ocasionar la insatisfacción, podemos referir acciones tales como el corte de orejas y cola que se les ha practicado durante generaciones a perros de ciertas razas, y cómo los cachorros continúan naciendo con ellas, o el caso de algunos grupos humanos que acostumbran circuncidar a los recién nacidos y pese a ello los hijos continúan naciendo con prepucio, éstas son experiencias imposibles de interpretar desde esas concepciones y sí desde la teoría sintética.

Otro ejemplo puede ser el llamado dogma central de la biología molecular, que plantea la vía desde el ADN hasta las proteínas.



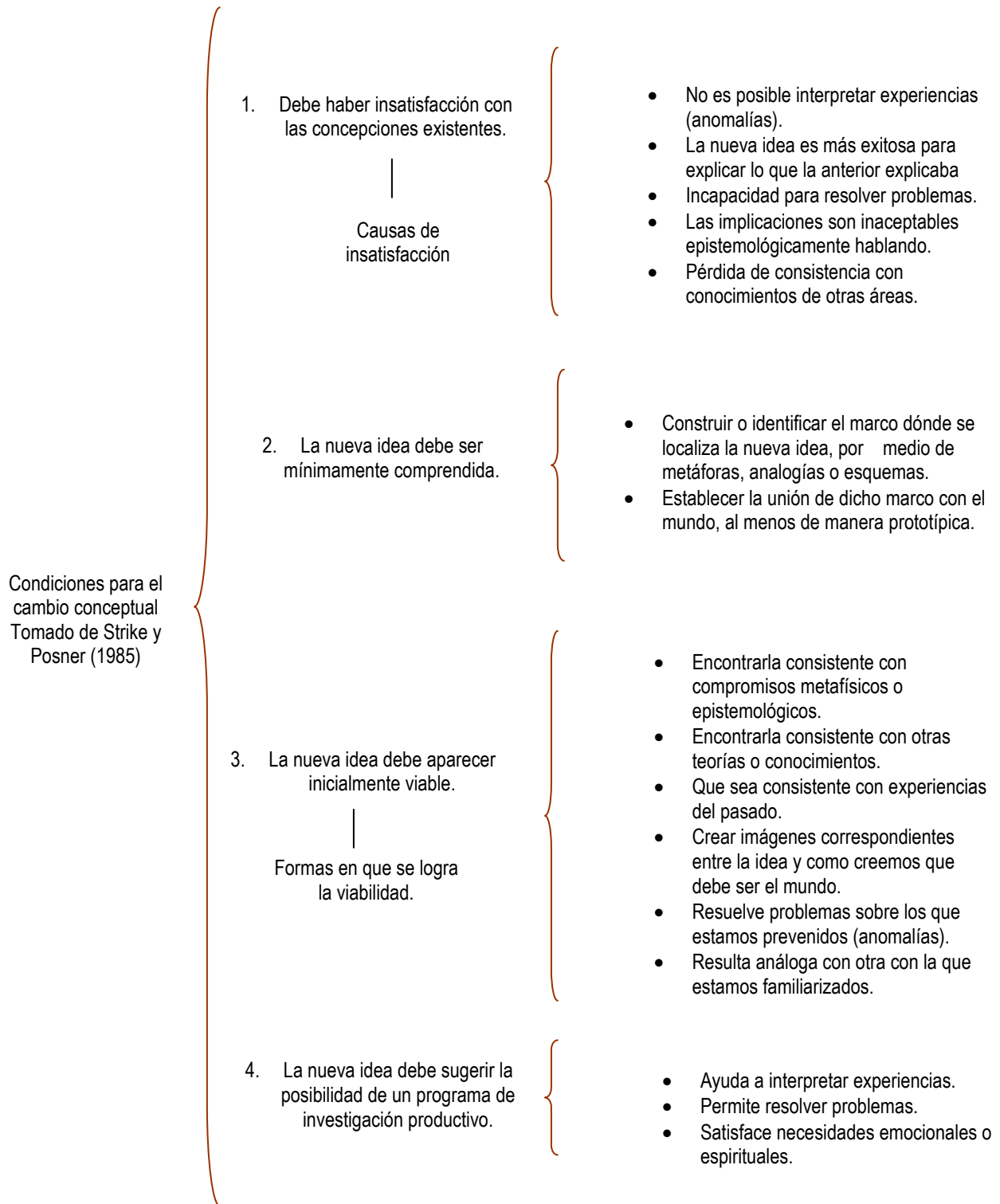
En la que del ARN a las proteínas es unidireccional, y no hay ninguna evidencia que muestre el camino inverso, es decir de proteínas a ARN, por lo que la teoría de Lamarck y la teleológica contradicen un principio considerado universal.

Además se deben poner a consideración, los avances en genética, embriología, paleontología y demás áreas que tienen gran consistencia con la teoría sintética, mientras que las otras explicaciones resultan ser sumamente inconsistentes con los postulados actuales de estas ciencias.

Posteriormente y quizá de manera simultánea, la teoría sintética debe ser comprendida mediante ejemplos clásicos como los de la *Biston betularia*, la anemia falciforme, la resistencia de las plagas a los pesticidas, de las bacterias a los antibióticos o mediante la lectura directa del *Origen de las especies* de Darwin.

Así, también se logra que se visualice la viabilidad epistemológica, consistencia y la capacidad para resolver problemas de cada teoría.

De esta manera y con tiempo suficiente, podríamos esperar que los profesores avancen hacia el cambio conceptual.



Además de la propuesta de Strike y Posner, me parece adecuado retomar el enfoque histórico, para que los profesores reflexionen sobre los problemas que enfrentó Darwin al proponer la teoría de la “selección natural” como mecanismo para la evolución de la especie. Pues según este enfoque, las ideas de las personas siguen una cierta correspondencia con el desarrollo de las ideas en la historia de la humanidad. De este modo conocer las refutaciones y cómo logró oponerse y vencerlas puede también brindar elementos para promover el cambio conceptual. Recordemos que en un capítulo de esta tesis aparecen las principales críticas contemporáneas a la publicación del *Origen de las especies* y la respuesta de Darwin a algunas de ellas.

Retomando la idea de comparar situaciones históricas análogas en las que los autores tuvieron que enfrentar conflictos para lograr la aceptación de una teoría que rompía de lleno con lo establecido, tenemos el caso de Sigmund Freud.

Freud se enfrentó a un problema similar en cuanto a que sus ideas resultaban incomprensibles y contra intuitivas para las personas y también tuvo que luchar contra una idea profundamente arraigada (la de la mente consciente propuesta por Descartes), para ello tuvo que echar mano de analogías, simbolismos y metáforas, para crear insatisfacción respecto a la idea anterior, sus principales armas fueron la hipnosis, el análisis de los sueños y de los errores, gracias a los cuales demostró la existencia de otros estados además del consciente, así como que en ocasiones algunas acciones conscientes esconden propósitos inconscientes.

El que los profesores analicen el caso de Freud, el de Darwin y otros más, para encontrar relaciones, pueden favorecer que por analogía se comprenda la naturaleza de los avances científicos y se cuestionen sobre sus creencias al respecto, y como apuntábamos en su momento, cambios en un aspecto ocasionan desequilibrios que afectan a otras zonas en los esquemas conceptuales.

Finalmente, no se trata de que los maestros con profesiones como odontólogos o técnicos que son las que en promedio tienen concepciones alternativas al darwinismo en mayor medida sean vetados o despedidos, ya que ellos no son responsables por las decisiones de las áreas encargadas de la contratación de profesores, se requiere una reestructuración en el diseño de las políticas de selección de personal y en los esquemas de capacitación a docentes en servicio.

Sobre todo que los criterios de contratación deben ser reajustados de modo que personas con profesiones que aparentemente tienen relación con la biología y que deseen impartir clases en secundaria, se sujeten a los parámetros que establecen oficinas como la Coordinación Nacional de Carrera Magisterial que cuentan con documentos sobre los perfiles de los profesores que pueden ingresar a su programa. Por ejemplo un odontólogo que desee incorporarse a la Carrera Magisterial como profesor de biología simplemente no es aceptado ya que su carrera no está dentro del listado para impartir esa ni ninguna otra asignatura.

El conflicto que se presenta cuando un profesor aceptado bajo un criterio es rechazado en otro, podría ser prevenido desde la contratación.

Otro aspecto a considerar es el que se escucha con cierta frecuencia en el medio educativo de nivel secundaria y que alude a que casi cualquier profesión prepara a los egresados para impartir clases. Siempre me ha parecido una falta de respeto a los estudiantes, porque si bien es cierto que el nivel de profundidad de los conceptos es básico, esto no quiere decir que la labor sea sencilla o de segunda categoría, quienes hemos tenido la fortuna de impartir clases en este nivel, sabemos los retos que implica convivir con adolescentes de las características de quienes viven en la ciudad de México. Por el contrario, considero que se deberían formar maestros especialistas con estudios de posgrado para atender a los jóvenes de manera más profesional.

Afortunadamente a lo largo de mi vida académica he tenido la oportunidad de comprobar que es una falacia el que los investigadores del más alto nivel académico en nuestro país desdeñen el trabajo con maestros e incluso con alumnos de secundaria, no solo acuden de buena gana sino que en no pocas ocasiones externan su interés por mejorar las condiciones académicas de los profesores de biología en dicho nivel educativo, pues están concientes de la relevancia para nuestro país de contar con una adecuada formación científica básica.

Por otro lado la experiencia indica que los programas de actualización en términos generales, se diseñan sin tomar en consideración la investigación educativa, sino que en ocasiones se aplican encuestas a los profesores sobre lo que ellos desean o sobre lo que creen necesitar. En otras ocasiones son los cuerpos técnicos de los órganos administrativos los que deciden qué contenidos se habrán de programar. Sin embargo y sin negar los beneficios que estas medidas puedan tener, me resulta claro que una mejor estrategia será la que considere los resultados de

investigaciones formales, en este caso conocer que nueve de cada diez profesores tienen un pensamiento alternativo al darwiniano es un indicador claro que permitirá diseñar un plan de acción a corto, mediano y largo plazo para promover de manera profesional que los y las docentes avancen por estrategias que en conjunto los lleven hacia el cambio conceptual. Asunto que como sabemos es complejo y que muchas ocasiones no se logra en el corto plazo y para el cual una sola medida estratégica resulta insuficiente.

Cuántos cursos breves y talleres se han ofrecido sin lograrlo, basta revisar el currículum de un profesor para valorar la cantidad de eventos de esta naturaleza a los que ha asistido.

Es necesario innovar las estrategias de actualización porque hasta el momento no han demostrado su eficacia, tal vez los cursos y talleres como se conciben en la actualidad no son la mejor manera de solucionar el problema.

En ocasiones los encargados del diseño de actividades de actualización magisterial o de la formación inicial de docentes en las escuelas normales desconocen la importancia de la evolución para las ciencias de la vida, con ellos habrá que trabajar para que reconozcan que la evolución es a la biología lo que la aritmética a las matemáticas. Porque de cierto se sabe que al menos en la Dirección de Actualización y Centros de Maestros de la Administración Federal para los Servicios Educativos en el DF desde hace al menos una década, se conoce por los resultados del examen nacional de actualización *La enseñanza de la biología en la escuela secundaria* que un tema recurrente en que los profesores presentan un alto índice de error es el de evolución de los seres vivos, y también se sabe porque he participado activamente en ello, que se han instrumentado acciones tendientes a atacar esta carencia, pero los resultados continúan indicando que el impacto es insuficiente.

Por ello creo que es momento de modificar estrategias, que hay que voltear la mirada a las fuentes de donde egresan los profesores. En el caso de educación secundaria (aunque la presente tesis estudió solo a profesores de secundarias técnicas del DF por los años que llevo de trabajar con profesores de otras modalidades y entidades puedo afirmar con cierta confianza que se trata de un asunto generalizado) habrá que mirar hacia las Escuelas Normales Superiores como formadoras de licenciados en educación secundaria con especialidad en biología y a las universidades las cuales aunque su función primordial quizá no sea formar maestros de biología, pero que en los hechos un gran porcentaje de sus egresados

está laborando en educación, para que desde allí los futuros docentes sean preparados con una formación más sólida en cuanto al conocimiento del proceso de evolución de los seres vivos a la luz de la *teoría sintética*.

Asimismo considero necesario replantear los diseños de cursos y talleres de modo que se observe en los hechos la propuesta de enseñanza de las ciencias basada en proyectos y en el desarrollo de competencias. Dado que tienen una doble virtud, ser además de una teoría de enseñanza, una propuesta epistemológica, aspecto que no ha sido tocado en este estudio pero que no por ello deja de ser muy importante.

Además retomar el método histórico para promover el cambio conceptual de los profesores y profesoras o futuros docentes, se presenta como una propuesta prometedora que valdría la pena poner en práctica para valorar su eficacia.

Por supuesto, no hay que olvidar que los cuerpos técnicos de las unidades administrativas (jefes de clase, de enseñanza y formadores de docentes) y de los propios planteles (coordinadores de actividades académicas) los cuales son figura central en el proceso y aunque no han sido estudiados en cuanto a sus concepciones alternativas sobre la evolución de los seres vivos, desempeñan un papel fundamental en el seguimiento de la labor de los maestros al interior de los planteles, allí donde la realidad educativa cobra sentido, es decir frente a los jóvenes estudiantes quienes son hoy por hoy, la razón de nuestros esfuerzos.

Como se puede apreciar, quedan muchos caminos por recorrer, se abren nuevos rumbos para la investigación, con esta tesis espero contribuir ofreciendo elementos que orienten la toma de decisiones para mejorar la educación que reciben nuestros jóvenes compatriotas al menos en lo que a la formación biológica se refiere.

CONCLUSIONES

Con base en el estudio realizado, podemos decir que:

1. Un profesor o profesora típico(a) que imparte biología en el primer grado de educación secundaria técnica en el Distrito Federal, es un odontólogo, médico o biólogo egresado de la UNAM, con una década como profesor, que atiende a 315 alumnos en el turno matutino y que manifiesta conocer y manejar la mayoría de los temas de “evolución” pero que acude poco a eventos relacionados con ella.
2. Los resultados de este trabajo indican que el 87% de los profesores tienen una clara tendencia a la elección de explicaciones alternativas al darwinismo.
3. Después del análisis de la información, se sabe que sólo el 13 % de la población de profesores (28 de 223) elige respuestas acordes con la *teoría sintética para explicar* la evolución de los seres vivos.
4. Del 13% señalado en el punto anterior, el 62.1% (18 de los 28) son biólogos de profesión.
5. Se comprobó que los profesores que imparten biología en la educación secundaria técnica en el DF, tienen formaciones profesionales distintas, y que la mayoría no fueron formados para la docencia, por lo que requieren apoyo en aspectos psicopedagógicos y disciplinarios.

6. Existe una relación significativa ($\alpha= 0.05$) entre la profesión de quien responde y el tipo de respuestas que elige (darwinianas o alternativas al darwinismo).
7. Se pudo comprobar que los profesores con formación distinta a los biólogos son los que más eligen explicaciones alternativas al darwinismo. Sin embargo y contrario a lo que se esperaba, cerca de la mitad de los biólogos muestran esta misma tendencia, lo que nos indica también una necesidad de apoyo disciplinario particularmente en cuanto a los mecanismos evolutivos.
8. Como prácticamente nueve de cada diez profesores tienen concepciones alternativas para el proceso de evolución de los seres vivos, y debido a la naturaleza de su función, los resultados contribuyen a explicar por qué el pensamiento alternativo permanece en la población mexicana.
9. Es necesario que las instancias de actualización magisterial y las formadoras de docentes realicen acciones profesionalmente diseñadas para promover el cambio conceptual en las personas encargadas de la educación de la población joven del país.

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

Ausubel, D. P. (1976).

Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo. Trillas México.

Ayala, F. (1987).

Mecanismos de la evolución. En: Evolución, libro monográfico de Scientific american. Barcelona, España. Pp. 14- 28.

Beltrán, E. (1945),

Lamarck. Interprete de la naturaleza. Soc. Méx. De Hist. Natural, México, 161 p.

Bojórquez, L. (Comp.) (1973).

Antología de Biología. Lecturas Universitarias, No. 17, UNAM pp. 51-57.

Bonilla, E. y M. Hernández. (1993).

El aprendizaje de la teoría sintética de la evolución en la escuela secundaria: la legibilidad y conocimiento previo como factores limitantes. Ponencia II Congreso internacional de profesores de Ciencias Naturales. Morelos, México.

Bouton, M, J. (1984).

El pensamiento teleológico y el materialismo científico. En: Otero, M. H. (comp.). Materialismo y Ciencias Naturales. UNAM, México, 151-183.

Briscoe, C. Y S. Ulerick L. (1991).

Meaningful learning in college biology through concept mapping. The american biology teacher, 53 (4), april, pp. 214-219.

Campos, M. A. y S. Gaspar. (1996a).

El modelo de análisis proposicional: un método para el estudio de la organización lógico conceptual del conocimiento. En: Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias. Campos, M. A. y R. Ruiz G. Editores. IIMAS, UNAM, México. p.p. 51-92.

Campos, M. A. y S. Gaspar. (1996b).

Las condiciones inmediatas de la construcción del conocimiento: un esquema para el análisis de la interacción en el aula. En: Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias. Campos, M. A. y R. Ruiz G. Editores. IIMAS, UNAM, México. p.p. 27-50.

Campos, M. A., R. Ruíz G. y A. Alucema. (1996).

- Estructuras conceptuales graduadas en el conocimiento aprendido. En: Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias. Campos, M. A. y R. Ruiz G. Editores. IIMAS, UNAM, México. p.p. 93-112.
- Candela, M. A. (1990).
Como se aprende y puede enseñar ciencias naturales. En: Cero en conducta. Año 5, No. 20 pp. 13-17.
- Castañeda, M. (1977).
Análisis del aprendizaje de conceptos y procedimientos. Trillas, México.
- Coll, S. C. (1992).
Psicología y currículum. Una aproximación psicopedagógica a la elaboración del currículum escolar. Paidós, México,
- Comas, J. (1997).
Estudio preliminar en: Darwin, R. (1868). El origen de las especies. UNAM, Colección nuestros clásicos, No. 13, 759 p.
- Darwin, C. (1859).
El origen de las especies. Colección nuestros clásicos No. 13, UNAM, 1° ed. 1997, México, 713 p.
- Darwin, C. (1876).
Autobiografía. Alianza, Colección Alianza cien, (1993), 93 p.
- Darwin, Francis. (1887).
On the Reception of the Origin of Species. In: The Life and Letters of Charles Darwin (Appleton, 1904), vol. 1.
- Dawkins, R. (1993).
El relojero ciego. Biblioteca de divulgación científica, tomo 18, RBA ed. 1ª reimpresión, Barcelona, España, 366 p.
- Dobzhansky, T., F. J. Ayala., G. L. Stebbins., y J. W. Valentine. (1980).
Evolución, Omega, Barcelona, España, pp. 243-246.
- Driver, R., A. Squires., P. Rushworth y V. Wood-Robinson. (2000).
Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños. Biblioteca Para la Actualización del Maestro, SEP. México, 266 p.
- Duit, R. (1995).
The constructivist view; a fashionable and fruitful paradigm for science education research and practice, Academic press, Inc. USA, pp. 271-285.
- Fierro, C., et. al. (1989).
Más allá del salón de clases. La investigación participativa aplicada al mejoramiento a la práctica docente. CEE. México.
- Flores, C. F., A. López, L. Gallegos, J. Barojas. (2000).

- Transforming science and learning concepts of physics teachers. *Journal of Science Education*, 2:197-208:2000.
- Furió, M. C. J. (1994).
Tendencias actuales en la formación del profesorado de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 12 (2). Pp. 188-199.
- Galagovsky, L. R. (1993).
Redes conceptuales: base teórica e implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (3), pp. 301-307.
- Gil, P. D. (1993).
Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*. 12 (2), pp. 197-212.
- Gliselin, M. T. (1969).
The triumph of darwinian method. Chicago University Press, USA, pp. 1-11.
- Gould, S. J. (1985).
No necesariamente un ala. *Natural history*, 1985: octubre: 12-13.
- Gould, S. J. (1994).
El pulgar del panda. Biblioteca de divulgación científica, tomo 53, RBA ed. 1ª reimpresión, Barcelona, España.
- Guillén, F. C. (1993).
Construcción de un modelo para la enseñanza de la biología. Tesis de doctorado, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 257 p.
- Guillén, F. C. (1995),
Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la Escuela secundaria: algunas sugerencias, en: *Ciencias*. Vol. 46. No.2
- Hartman, M. (1970).
Introducción a la biología general. *Manuales Uteha # 4*. Series ciencias naturales. México, pp. 43-51; 88-113.
- Hernández, C. Ma. E. (1994).
El papel del conocimiento previo y la legibilidad del libro de texto en del aprendizaje de la teoría sintética de la evolución en la escuela secundaria. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Hernández, R. Ma. C. (1993).
El papel de la historia de la ciencia en la formación del biólogo. III Seminario sobre cognición, epistemología y enseñanza de la ciencia
- Hernández, R. Ma. C. (1995).

- La construcción del conocimiento científico: una explicación evolucionista. III Seminario sobre cognición, epistemología y enseñanza de la ciencia
- Howard, J. (1987).
Darwin. Alianza editorial colección el libro de bolsillo, No. 1249. Madrid, España. 139 p.
- Huerta, J. (1977).
Organización psicológica de las experiencias de aprendizaje, Trillas, México.
- Hull, D. (1973).
Darwin and his critics. Chicago University Press, U. S. A. pp. 3-66.
- Jacob, F. y A. Langaney. (1997).
Génesis y actualidad de la teoría de la evolución, Mundo científico, versión en español de La recherche, España, No. 179: mayo: 412-419.
- Jegede, O. J., F. F. Alaiye Mola., y P. A. O. Okebukola. (1990).
The effect of concept mapping on student's anxiety and achievement in biology. Journal of research in science teaching. 27 (10), pp. 951-960.
- Kuhn, T. (1962),
La estructura de las revoluciones científicas, Fondo de Cultura Económica. Decimosexta reimpresión, Breviarios, No. 213. México. 320 p.
- Kreyszig, E. (1976),
Introducción a la estadística matemática, Limusa. México, pp.285-290.
- Langford, P. (1990).
El desarrollo del pensamiento conceptual en la escuela Secundaria. Temas de educación, Paidós No. 20, Ministerio de educación y ciencia, España. Pp 117-121.
- Lawson, A. E. (1994).
Uso de los ciclos de aprendizaje para la enseñanza de destrezas de razonamiento científico y de sistemas conceptuales. Enseñanza de las ciencias. 12 (2), pp 165-187.
- Ledesma, M. I. (1993).
¿Biología. Ciencia o naturalismo?. Ciencia y desarrollo. 110 (XIX), pp. 70-77.
- López, S. I. (1994).
Biología, ciencia o naturalismo en: Ciencia y desarrollo CONACyT.
- Lorenzano, C. J. (1984).
¿Son las explicaciones teleológicas legítimas explicaciones? En: Otero, M. H. (comp.). Materialismo y Ciencias Naturales. UNAM, México, 139-149.
- Lovtrup, S. (1987).
Darwinismo: La Refutación de un Mito. Croom Timón Ltd., Beckingham, Kent, p. 275.
- Maldonado-Koerdel, M. (1959).

- Linnaeus, Darwin y Wallace en la bibliografía mexicana de ciencias naturales, I. Primeras referencias de sus trabajos en México. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural, Tomo XX: diciembre de 1959: 63-84.
- Martínez, L. C., S. García y M. Mondelo. (1993).
Las ideas de los profesores de ciencias sobre la formación docente. Enseñanza de las ciencias. 11 (1), pp. 26-32.
- Matthews, M. R. (1994).
Vino viejo en botellas nuevas: un problema con la epistemología constructivista. Enseñanza de las ciencias. 12 (1), pp. 79-88.
- Mayr, E. (1977).
Darwin and natural selection. American scientist, 65:321-327.
- Mayr, E. (1987).
Evolución, libro monográfico de Scientific american. Barcelona, España. Pp. 1- 12.
- Mayr, E. (1991).
Una larga controversia: Darwin y el darwinismo. RBA editores 1995. Barcelona, España, 198 p.
- Mayr, E. (2000).
Así es la biología. 1ª ed. Biblioteca del normalista, Secretaría de Educación Pública, México, 326 p.
- Moreira, M. A. (1993).
Mapas conceptuales como recurso instruccional y curricular en Física. Fascículos del CIEF, serie enseñanza-aprendizaje, No. 2. Porto Alegre, Brasil.
- Moreno, M., M. (1986).
Ciencia y construcción del pensamiento. Enseñanza de las ciencias, Barcelona. No. 4.
- Níaz, M. (1994).
Más allá del positivismo: una interpretación Lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las ciencias. 12 (1), pp. 97-100.
- Novak, J., D. (1978).
El proceso de aprendizaje y la efectividad de los métodos de enseñanza,, en: perfiles educativos, # 1., pp. 10-31.
- Novak, J., D. (1992).
La necesidad de hacer una ciencia "conceptualmente transparente", en: Lecturas para el Curso Nacional de Actualización La enseñanza de la biología en la escuela secundaria SEP, México, pp. 215-222.
- Olea, F. A. (1988).

- El equilibrio puntuado una alternativa al neodarwinismo, en: Olea, F. A. (compilador) Polémicas contemporáneas en evolución. AGT Editor, México, pp. 67-90.
- Otte, M. (1998).
Limits of constructivism: Kant, Piaget and Peirce. Science and education, 7 (5) september, pp. 425-450.
- Piaget, J. (1980).
Biología y conocimiento. Siglo veintiuno editores. México,
- Pichardo, P. J. J. (1998).
Los mapas conceptuales. Revista Mexicana de Pedagogía. IX. No. 41. pp 10-16.
- Ponce, T. M. (1984).
Explicaciones teleológicas y explicaciones causales en biología. En: Otero, M. H. (comp.). Materialismo y Ciencias Naturales. UNAM, México, 119-137.
- Praia, J. Y F. Cachapuz. (1994).
Un análisis de las concepciones acerca de la naturaleza del conocimiento científico de los profesores portugueses de la enseñanza secundaria. Enseñanza de las ciencias. 12 (3), pp. 350-354.
- Prevosti, A. (1987).
Polimorfismo cromosómico y evolución. En: Evolución, libro monográfico de Scientific american. Barcelona, España. Pp. 86-99.
- Radl, E. M: (1988).
Historia de las teorías biológicas 2. Alianza editorial, colección alianza universidad, No. 554. 425 p.
- Rockwell, E. (1987).
Desde la perspectiva del trabajo docente. DIE-CINVESTAV-IPN, México.
- Rosenblueth, A. (1980).
El Método científico. La prensa médica mexicana. 45 p.
- Sagan, C. (1980).
Cosmos. Planeta. México. 366 p.
- Sala, C. J. (1986)
Conflictos y paradigmas en la segunda mitad del siglo XIX. En: Olea F. A. (comp.). Ciencias. Número especial: Polémicas contemporáneas en evolución, UNAM, México, 1986:88-95.
- Sánchez-Mora, M. del C. (2000).
La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 229 p.
- Sarukhán, K, J. (1988).

- Las musas de Darwin. Colección La ciencia desde México. No. 70. Fondo de Cultura Económica, México. Pp. 316.
- SEP. (1993).
Plan y programas de estudio 1993. Secundaria. Subsecretaría de Educación básica y Normal. SEP. Pp. 13-16.
- SEP. (1994).
Libro para el Maestro. Biología. Secundaria. Subsecretaría de Educación Básica y Normal. SEP. México. pp. 55-62.
- SEP. (1996).
Sistema Nacional de Educación Tecnológica. Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológicas. Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica. México. pp. 21-22.
- SEP. (2006).
Plan de estudios 2006. Educación básica. Secundaria. Secretaría de educación Pública, 54 p.
- SEP. (2006a).
Ciencias. Programas de estudio 2006. Educación básica. Secundaria. Secretaría de educación Pública, 164 p.
- Staver, J. R. (1998).
Constructivism: sound theory for explicating the practice of science and science teaching. *Journal of research in science teaching*, 35: 501-520:(1998)
- Strike, K. A. y G. J. Posner. (1985),
A conceptual change view of learning and understanding, Academic Press, Inc USA, pp. 211-231.
- Shuell, T. J. (1985),
Knowledge representation, cognitive structure, and school learning: a historical perspective, Academic Press, Inc USA, pp. 117-130.
- Templado, J. (1988).
Historia de las teorías evolucionistas. 1ª. Reimpresión en México. Ed. Alhambra mexicana, pp. 170.
- Vázquez, A. A. (1994).
El paradigma de las concepciones alternativas y la formación de los profesores de ciencias. *Enseñanza de las ciencias*. 12 (1), pp. 3-14.
- Viennot, L. (1979)
Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education* Vol. 1, 205-222.

Von Glaserfeld, (1995).

A constructivist approach to teaching en: Steffe, L. P. And J. Gale ed. Constructivism in education Lawrence Erlbaum Ass. Publishers. USA. Capítulo 1, pp.3-15.

Wallace, J. D. Y J. J. Mintzes. (1990).

The concept map as a research tool: exploring conceptual change in biology. Journal In: Research in science teaching, 27 (10), pp. 1033-1052.

White, M. and J. Gribbin. (1995).

Darwin: a life in science. Dutton, Penguin books, USA, 322 p.

Zohar, A. y P. Tamir. (1991).

Assesing students difficulties in causal reasoning in biology A diagnostic instrument. Journal of biological Education.

Direcciones electrónicas consultadas:

Sobre teleología

<http://www.counterbalance.org/evolution/teleo-frame.html>

<http://www.counterbalance.org/evolution/compat-frame.html>

<http://www.counterbalance.org/evolution/nodesign-frame.html>

Sobre críticas a Darwin

<http://home.wxs.nl/~gkorthof/>

<http://aleph0.clarku.edu/huxley/CE2/DarC.html>

<http://www.id.ucsb.edu/FSCF/LIBRARY/ORIGINS/QUOTES/natural.html>

<http://www.commentarymagazine.com/9609/letters.html>

<http://www.id.ucsb.edu/FSCF/LIBRARY/ORIGINS/QUOTES/irreducible.html>

<http://www.stg.brown.edu/projects/hypertext/landow/victorian/darwin/darwin3.html>

<http://id-www.ucsb.edu/fscf/library/battson/stasis/4.html>

El libro de Francis Darwin:

<http://aleph0.clarku.edu/huxley/Book/Recep.html>

Sobre los Planes de Estudio

Cirujano dentista

http://www.dgae.unam.mx/planes/f_odontologia/cirujano_dentista.html

http://www.dgae.unam.mx/planes/iztacala/cirujano_dentista.html

http://www.dgae.unam.mx/planes/zaragoza/cirujano_dentista.html

Biólogo

http://www.dgae.unam.mx/planes/f_ciencias/biologia.html (1996)

<http://www.dgae.unam.mx/planes/iztacala/biologo.html> (1994)

<http://www.dgae.unam.mx/planes/zaragoza/biologo.html>

Médico cirujano

http://www.dgae.unam.mx/planes/f_medicina/medico_cirujano.html

http://www.dgae.unam.mx/planes/iztacala/medico_cirujano.html

http://www.dgae.unam.mx/planes/zaragoza/medico_cirujano.html

ANEXO 1

CUESTIONARIO A PROFESORES DE BIOLOGÍA DE PRIMER GRADO EN LAS ESCUELAS SECUNDARIAS TÉCNICAS EN EL DISTRITO FEDERAL.

PROFESOR:

El siguiente cuestionario tiene la finalidad de conocer como se da la enseñanza de la evolución en este nivel educativo, detectar si se han presentado problemas de estudio, o si se han presentado problemas tanto de índole pedagógico como en las condiciones de enseñanza.

La validez de este estudio depende en gran medida de la veracidad con la que se responda el cuestionario, por lo que le solicitamos su colaboración comprometida y honesta, bajo el entendido que únicamente se busca diagnosticar lo que a la enseñanza de la segunda unidad temática se refiere y en ningún momento se empleará para otros fines.

Gracias de antemano por su colaboración. **Por favor no deje preguntas sin contestar Y RESPONDA EN LA HOJA DE RESPUESTAS..**

I. DATOS GENERALES

01. E.S.T. _____ 02 E.S.T. _____ (Si labora en dos o más planteles anotarlos).
03. Antigüedad como profesor en DGEST (En años cumplidos)
04. Carrera que estudió.
05. Institución
06. Año de egreso
07. ¿Tiene otro empleo?
08. Número de horas que tiene como docente en la DGEST
09. Número de horas en que imparte biología de primer grado

II. CONDICIONES EN QUE DESARROLLA LA DOCENCIA.

10. Anote el número de grupos que tiene asignado en este ciclo escolar
11. El turno que labora en al DGEST es:
- A) Matutino (7:00 a 14:00 horas.)
 - B) Vespertino (14:00 a 21:00 horas.)
 - C) Mixto
12. El promedio de alumnos que tiene por grupo es...
13. Si tiene horas de fortalecimiento curricular, de descarga académica o de servicio, anote cuántas

III. RELACIONES SOCIALES EN LA INSTITUCIÓN.

14. Considera que su relación con las autoridades del plantel es:
- MB) Muy buena
 - B) Buena
 - R) Regular
 - D) Deficiente
15. La relación con sus compañeros de trabajo es:

- MB) Muy buena
- B) Buena
- R) Regular
- D) Deficiente

16. La relación que tiene con sus alumnos es generalmente:

- MB) Muy buena
- B) Buena
- R) Regular
- D) Deficiente

17. Considera que su desempeño como profesor(a) es:

- MB) Muy bueno
- B) Bueno
- R) Regular
- D) Deficiente

18. La forma en que se incorporó a la docencia se debió a:

- A) Estudió para ello
- B) Por tradición familiar
- C) Por interés particular
- D) Por causas fortuitas
- Explique _____
- E) Otra

IV. RESPECTO A LA ENSEÑANZA DE LA SEGUNDA UNIDAD TEMÁTICA: “Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”.

19. El desarrollo de sus actividades en el plantel escolar, las realiza con libertad y autonomía en un:

- A) 100% B) 75% C) 50% D) 25%
- E) Menor al 25%

20. Los contenidos de la unidad temática los ha trabajado hasta ahora

- A) Como se presentan
- B) Los ha reordenado al interior de cada unidad
- C) Los ha reordenado cambiándolos de una unidad a otra

21. La unidad temática propone contenidos que usted desconoce en un:

- A) 100%
- B) 75%
- C) 50%
- D) 25%
- E) 0%

22. ¿Asiste a eventos (conferencias, seminarios, etc.) relacionados con evolución de los seres vivos?:

- A) Siempre
- B) Frecuentemente
- C) Ocasionalmente
- D) Nunca

23. Con base en su experiencia, las dificultades que presentan sus alumnos en el aprendizaje de la evolución, consisten en:

- A) Fallas al recordar y relacionar información o conocimientos, Claridad, precisión y oportunidad.
- B) La manera en que se les presentan didácticamente los contenidos
- C) Comprender el sentido y el significado de los contenidos
- D) La expresión lógica del pensamiento y sus ideas.

24. Los propósitos de la biología en secundaria se relacionan con los contenidos de evolución en:

- A) 100%
- B) 75%
- C) 50%
- D) 25%
- E) 0%

25. Los contenidos se pueden abordar en relación con el enfoque de la materia en un:

- A) 100%
- B) 75%
- C) 50%
- D) 25%
- E) 0%

26. La enseñanza de la evolución puede desarrollar habilidades y destrezas en el alumno en un:

- A) 100%
- B) 75%
- C) 50%
- D) 25%
- E) 0%

27. ¿Al llevar a cabo el proceso enseñanza-aprendizaje de evolución utiliza medios didácticos que permitan al alumno la apropiación y comprensión de los contenidos?:

- A) Sí Puede anotar alguno? (en la hoja de respuestas)
- B) No Por qué? (en la hoja de respuestas)

28. Qué actividades realiza para enriquecer el proceso enseñanza-aprendizaje (puede marcar más de una opción).

- A). Visitas a museos. Anote cual (en la hoja de respuestas)
- B) Prácticas de laboratorio anote el título (en la hoja de respuestas)
- C) Proyección de películas o videos anote cual (es) (en la hoja de respuestas)
- D) Otras, anote (en la hoja de respuestas)
- E) Si no lo hace, anote el motivo (en la hoja de respuestas)

29. ¿Verifica usted lo que saben sus alumnos de evolución antes de iniciar la unidad temática?

- A) Si ¿cómo? (en la hoja de respuestas)
- B) No ¿por qué? (en la hoja de respuestas)

30. El papel que usted tiene como profesor ante sus alumnos en el desarrollo de esta unidad, **principalmente** es como:

- A) Expositor
- B) Facilitador del proceso enseñanza-aprendizaje
- C) Generador de situaciones de aprendizaje
- D) Supervisor de actividades

31. Si usted ha detectado que sus alumnos no logran asimilar los contenidos de la unidad, se debe principalmente a: (Puede marcar tres opciones).

- A) No tienen recursos económicos
- B) No comprenden lo que leen
- C) No saben escribir sus ideas
- D) No atienden durante la clase
- E) No tienen conocimientos previos sobre el tema
- F) Al manejo de contenidos por parte de usted
- G) A las estrategias didácticas y actividades de aprendizaje
- H) Otra, especifique (en la hoja de respuestas)

32. Evalúa usted las actividades de aprendizaje con las que pretende que los alumnos aprendan los contenidos de la unidad temática?:

- A) Si ¿como? (en la hoja de respuestas)
- B) No ¿por qué? (en la hoja de respuestas)

33. Qué productos de trabajo toma en cuenta para comprobar que los alumnos han asimilado los contenidos (puede marcar dos una opciones):

- A) Investigación
- B) Escritos libres
- C) Ejercicios y tareas extraclase
- D) Ejercicios del libro de texto
- E) Exámenes escritos y orales
- F) Participación individual y grupal
- Otros. Anote cuáles

V. RESPECTO A EVOLUCIÓN.

Instrucciones: de los tres números que se encuentran entre la frase de la derecha y la de la izquierda, tacha el que creas que es la mejor opción para completar la idea.

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

Tacha el 2 si no sabes o no te acuerdas.

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

34. Los conejos primitivos de Siberia tenían el pelo oscuro; actualmente esos conejos son blancos. Aunque la característica hereditaria de pelo blanco...

Apareció en los conejos primitivos por que al vivir en la nieve necesitaban pelo blanco para confundirse con el ambiente nevado	1 2 3 (recuerda tachar en la hoja de respuestas)	Apareció en los conejos primitivos como un cambio casual.
---	---	---

35. 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.	1 2 3 (recuerda tachar en la hoja de respuestas)	Como resultado de vivir en la nieve, el pelo de los osos polares cambió lentamente de oscuro a blanco.
---	---	--

36. 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.	1 2 3 (recuerda tachar en la hoja de respuestas)	Algunos conejos morirían porque serían fácilmente encontrados por sus depredadores.
--	---	---

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

Se adaptaron al ambiente oscuro de las cuevas.	1 2 3 (recuerda tachar en la hoja de respuestas)	Las salamandras con visión murieron sin dejar descendencia.
--	---	---

38. ¿Cómo podría explicarse que cierta especie de salamandras que vive en cuevas, sea ciega?

Porque ciertas salamandras de la población, que tenían la característica de falta de visión, se reprodujeron exitosamente, hasta que aumentó su proporción en la población.	1 2 3 (recuerda tachar en la hoja de respuestas)	Como no utilizaban la vista, las salamandras que vivían en cuevas, heredaron a sus hijos la característica de una "menor habilidad" para ver, hasta que evolucionaron a salamandras ciegas.
---	---	---

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

En cada nueva generación, la mayoría de los osos hereda el color de pelo de sus padres.	1 2 3 (recuerda tachar en la hoja de respuestas)	En cada nueva generación los osos van teniendo el pelo cada vez más claro que sus padres
---	---	--

Instrucciones:

Para las siguientes preguntas, **tacha en la hoja de respuestas**, la letra que corresponda a la respuesta correcta.

40. Los chitas son animales capaces de correr a más de 100 Km. / h 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. / h?**

- 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.
- D) Algunos chitas pudieron correr más rápido y heredaron esta característica a sus hijos.
- N) Otra _____

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

- L) los mosquitos fueron desarrollando poco a poco resistencia al D. D. T., heredándosela a sus hijos; los que a su vez fueron más resistentes al D. D. T. que sus abuelos.
- T) La naturaleza formó mosquitos resistentes al D. D. T.
- O) Algunos mosquitos aprendieron a adaptarse al D. D. T.
- D) Algunos mosquitos eran resistentes al D. D. T. antes de que éste se empezara a usar y heredaron a sus descendientes esta característica.
- N) Otra: _____

Instrucciones:

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

EJEMPLO:

Todas las plantas verdes:

1. Absorben 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:

Absorben 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 tanto tendrías que tachar en la hoja de respuestas, la opción con el número 1 y la letra C.

42. Los tiburones actuales pueden nadar a velocidades hasta 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 todos los tiburones en poco tiempo.
2. Hubo un aumento en el porcentaje de tiburones más veloces.

PORQUE:

- A). En un momento hubo un cambio heredable que fue seleccionado en algunos tiburones.

B). Mientras los tiburones usaban más 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

43. Ciertas aves de patas largas pueden alimentarse con mayor facilidad en zonas inundadas. **Si se transportara a 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 para reproducirse.

C). Las patas de cada ave cambiarían de la misma manera puesto que todas las aves están relacionadas entre sí.

44. 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 cambios en las focas ya que:**

1. La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa engrosara.

2. Cada generación más focas iban teniendo una capa de grasa gruesa.

PORQUE:

A). Las focas querían adaptarse al 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.

45. Hace muchos años, la dispersión de las plagas de langostas era controlada con el insecticida D. D. T. Recientemente los químicos han encontrado que las langostas ya no son atacadas por el D. D. T. **La razón de este cambio es que:**

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

PORQUE:

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

46. Una población de mariposas nocturnas estaba formada por individuos que tenían alas oscuras o claras. El bosque 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 polillas se adaptarían a los cambios en su ambiente.
- B). La necesidad de sobrevivir haría que las polillas cambiarán de color.
- C). Sólo las polillas con alas oscuras escaparían a sus depredadores y sobrevivirían hasta reproducirse.

47. Algunos sapos pueden dar saltos hasta de 2 m de longitud. Supón que los sapos actuales tenían 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.

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

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

PORQUE:

- A). Las mariposas que tengan trompas más largas sobrevivirían 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.

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

1. Algunos pinos sobrevivirían pero otros morirían por la sequía.
2. Todos los pinos se adaptarán al clima seco.

PORQUE:

- A). La necesidad de sobrevivir a los veranos causó que los pinos desarrollaran 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.

50. 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 aumentará 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.

51. 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 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 el color de su cuerpo.

HOJA DE RESPUESTAS.

I. DATOS GENERALES

01. E. S. T. _____ 02 E. S. T. _____
03. Antigüedad como profesor en DGEST (En años cumplidos) _____
04. Carrera que estudió _____
05. Institución _____ 06. Año de egreso _____
07. SI() NO()
08. _____
09. _____

II. CONDICIONES EN QUE DESARROLLA LA DOCENCIA.

10. _____
11. A() B() C()
12.: _____
13 _____

III. RELACIONES SOCIALES EN LA INSTITUCIÓN.

14. MB() B() R() D()
15. MB() B() R() D()
16. MB () B() R() D()
17. MB () B() R() D()
18. A() B() C() D() E()
Explique _____

**IV. RESPECTO A LA ENSEÑANZA DE LA SEGUNDA UNIDAD TEMÁTICA:
“Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo”.**

19. 100%() 75%() 50%() 25%() menor 25%()
20. A() B() C()
21. 100%() 75%() 50%() 25%() 0%()
22. A() B() C() D()
23. A() B() C() D()
24. 100%() 75%() 50%() 25%() 0%()
25. 100%() 75%() 50%() 25%() 0%()
26. 100%() 75%() 50%() 25%() 0%()
27. A() _____
B() _____
28. A) () _____
B) () _____
C) () _____
D) _____
E) _____
29. A) Si () _____
B) No () _____
30. A() B() C() D()
31. A() B() C() D() E() F() G() H)

32. A) Si () _____ B) No () _____
33. A() B() C() D() E() F()
Otros, _____

V. RESPECTO A EVOLUCIÓN.

34.	1	2	3			
35.	1	2	3			
36.	1	2	3			
37.	1	2	3			
38.	1	2	3			
39.	1	2	3			
40.	L)	T)	O)	D)	N)	
41.	L)	T)	O)	D)	N)	
42.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
43.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
44.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
45.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
46.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
47.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
48.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
49.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
50.	1A	1B	1C	2A	2B	2C
51.	1A	1B	1C	2A	2B	2C