

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**ANÁLISIS DE LOS CONCEPTOS QUE DIFICULTAN EL APRENDIZAJE DE LA
EVOLUCIÓN EN LA ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MÉXICO.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

PRESENTA:

YADIRA LEÓN GRAJALES

DIRECTOR DE TESIS:

OSWALDO TÉLLEZ VALDÉS

2016

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, EDO. DE MÉXICO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

INDICE

RESUMEN	4
JUSTIFICACIÓN	11
ANTECEDENTES	14
LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN EN LOS PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO DE LA SEP.	14
<i>EDUCACIÓN BÁSICA (PRIMARIA)</i>	14
<i>EDUCACIÓN BÁSICA (SECUNDARIA)</i>	15
<i>EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BACHILLERATO)</i>	16
<i>NIVEL SUPERIOR (ESCUELAS FORMADORES DE DOCENTES, ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MÉXICO)</i>	17
LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN EN MÉXICO.	19
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS PARTICULARES	22
METODOLOGÍA.....	23
RESULTADOS	28

DISCUSION.	43
CONCLUSIÓN	48
BIBLIOGRAFÍA	49

RESUMEN

Numerosas investigaciones en didáctica de la biología muestran que la enseñanza de la teoría evolutiva, considerada central para las ciencias biológicas, presenta diversas y complejas dificultades. En relación con esta problemática, este trabajo busca encontrar las concepciones previas con las que llegan los alumnos a la Escuela Normal Superior de México (E.N.S.M.) acerca de la evolución biológica, con el propósito de diseñar estrategias que permitan enseñar la biología evolutiva de manera significativa y que los futuros maestros comprendan la importancia de utilizarla como eje unificador de los temas que forman el programa de biología en la escuela secundaria. Este documento partió de la revisión sobre trabajos de investigación referentes a la enseñanza de la biología evolutiva en México y otros países y de un cuestionario que se aplicó al inicio del semestre sobre algunos aspectos básicos de la evolución, esto para conocer específicamente las ideas y los conocimientos previos de los alumnos de la Escuela Normal Superior de México. Los cuestionarios mostraron que son numerosas las ideas y significados que los alumnos dan a ciertos conceptos que dificultan la enseñanza y el aprendizaje de este tema. Existen otros factores que obstaculizan la enseñanza y aprendizaje de la biología evolutiva; entre estos podemos encontrar la escasa preparación de los profesores que imparten este tema en la secundaria ya que inicialmente no fueron formados con la idea de enseñar biología tomando como base la evolución lo que constituye un punto clave para la prevalencia y existencia de concepciones alternativas principalmente de formas de pensamiento teológico y que sin duda es parte central del problema.

Las preguntas generales que orientaron esta investigación fueron: ¿cuáles son las concepciones que utilizan los estudiantes para dar cuenta de la evolución adaptativa? y ¿qué obstáculos impiden comprender el aprendizaje de la teoría evolutiva?

Las consideraciones previas que los alumnos presentan sobre el problema de la teología lleva a plantear a partir de la investigación bibliográfica realizada la hipótesis de que el pensamiento teológico constituye uno de estos obstáculos como la naturaleza de las explicaciones científicas y que es utilizado para dar respuestas a fenómenos naturales, así mismo, forma parte de tópicos claves de la didáctica de las ciencias naturales tales como la noción de cambio conceptual.

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación permiten darnos cuenta de cuáles son los obstáculos que llevan a la enseñanza de la biología evolutiva en nivel secundaria, media superior y superior, no solo en México sino en otras partes del mundo, a reconsiderar la forma de su enseñanza por parte del maestro sino además de cómo los alumnos incorporan la información proporcionada en el salón de clases a sus ideas previas. Algunos de los obstáculos que se presentan por parte del profesor señalados en la bibliografía investigada es el insuficiente conocimiento y/o no aceptación de la teoría de la evolución lo que lleva a crear un discurso con ideas no científicas principalmente basadas en pensamientos teológicos. Lo anterior originado por la ausencia de temas evolutivos en su formación inicial y la carencia de estrategias didácticas que favorezcan su enseñanza. Por su parte los alumnos repiten este esquema ya que las ideas previas que prevalecen son de corte teológico, además de la poca información que tienen respecto a la teoría de evolución. Los resultados obtenidos en los cuestionarios aplicados al inicio del semestre a los alumnos de la E.N.S.M. muestran que, en lo referente a la parte conceptual, es decir, información básica sobre quién es Lamarck, Darwin, si conocen el libro el Origen de las especies tienen la mayoría un conocimiento acertado, sin embargo cuando se trata de preguntas referentes a la selección natural como mecanismo de evolución las respuestas incorrectas aumentan, estos errores de contenido se refuerzan cuando aplican sus conocimientos al resolver un problema de la vida cotidiana, en el cual tienen que expresar de manera escrita como opera la selección natural, en este punto es cuando los alumnos vuelven a sus ideas previas a pesar de haber cursado asignaturas tanto en secundaria como a

nivel medio superior que contienen el tema de evolución. Aparentemente los estudiantes no son capaces de establecer las relaciones que existen entre sus nociones sobre evolución orgánica y las razones ofrecidas por los científicos que les son explicadas en la escuela. Es por ello que algunos autores han sugerido que el tema evolutivo se postergue hasta la preparatoria ya sea por los contenidos genéticos que se requieren para comprender el tema y por otro lado al insuficiente desarrollo cognitivo de los estudiantes en ese nivel.

En nivel secundaria, se refiere que primero los alumnos deberán estudiar los aspectos básicos sobre localización y transmisión de la información hereditaria para posteriormente proponer actividades que faciliten la comprensión de la evolución por lo que otro problema, que presenta la enseñanza de la evolución además de la complejidad conceptual, es de estrategia didáctica. La prueba de que un alumno ha comprendido un concepto científico, es que demuestre su capacidad para aplicarlo atinadamente, resolviendo problemas o explicando fenómenos con validez científica.

El conocer las concepciones previas de los alumnos para diseñar estrategias que apoyen la comprensión de la evolución solo es el primer paso para que ellos sean capaces de corregir, ampliar o cambiar sus ideas y no quedarse con la enseñanza inicial. Sólo cuando un alumno es capaz de utilizar el concepto operativamente en la explicación de los fenómenos relacionados que observa puede decirse que ha aprendido el concepto, que ha logrado un aprendizaje significativo.

Por lo anterior se espera que este documento apoye especialmente a los profesores de biología, a analizar y reflexionar su práctica educativa y contribuya a mejorar la enseñanza de la teoría evolutiva no solo en la E.N.S.M. sino que además sea la base que apoye la elaboración de nuevos modelos de enseñanza y aprendizaje de la evolución en los distintos niveles donde se enseñe este tema para que alumnos sean capaces incorporar el conocimiento científico en la solución de problemas de la vida diaria.

INTRODUCCIÓN

La enseñanza de la evolución biológica ha sido polémica desde el origen mismo de la teoría científica; diversas culturas han puesto límites a su enseñanza, temiendo a la desvirtualización de sus creencias, ya que ha permitido no sólo explicar el origen de los sistemas vivos sino el significado de su existencia (Buskes, 2009). En el ámbito científico no hay duda de la importancia de las teorías evolutivas. En el ámbito educativo, en Estados Unidos, la Academia Nacional de Profesores de Ciencias, resaltan la importancia de utilizar el conocimiento evolutivo como principio explicativo fundamental de las ciencias de la vida (Araujo, 2011). Diversos autores han destacado la importancia de tomar el enfoque evolutivo como eje estructurador de la enseñanza de la biología contemporánea (Jacob, 1997; Morin, 1999; Fourez, 1994).

Sin embargo, la enseñanza de la ciencia es un problema conceptual (Novak, 1978). Las discusiones sobre cómo enseñar ciencia fueron sistematizadas durante el siglo antepasado; en la primera mitad del siglo XIX, en América y en Europa, se originó un movimiento para incorporar problemas sociales dentro de los procesos de enseñanza. En el siglo XX en Estados Unidos, la ciencia fue presentada durante el periodo previo a la Guerra de Secesión, como elemento central en el desarrollo de valores morales. En la misma época, en Inglaterra se discutieron funciones sociales diversas y bien definidas para la educación científica (Guillén, 1994). A finales de la década de los cincuenta, varios países de Occidente manifestaron la preocupación por la calidad de la educación científica. En México, la inclusión en la escuela de la ciencia fue a través de la incorporación de la Física y la Química, así como la presentación de elementos metodológicos como procedimientos y pasos del método científico. En el caso de la biología evolutiva en México y Latinoamérica la llegada del darwinismo fue un acontecimiento inquietante para numerosos católicos Latinoamericanos y dio lugar a críticas por parte de varios sectores de la iglesia (Lazcano, 2005). La percepción social de la ciencia

en México y de la naturaleza del conocimiento científico está ligada a las ideas religiosas predominantes de la sociedad. En el año 2009 se realizó una encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología, que elaboró el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y que aplicó el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), se reportó que el 83% de los encuestados confían más en la fe que en la ciencia; 57.5% señalaron que: “Debido a sus conocimientos, los investigadores científicos tienen un poder que los hace peligrosos; 94.7% consideró ciencia a la Medicina, 86.6% a las Matemáticas, 85.6% a la Física, 84.6% a la Biología, 38.6% a la Astrología y 34% a la Teología. Estos datos muestran, la pobre percepción que sobre la ciencia y la naturaleza del conocimiento científico tiene la sociedad mexicana (Conacyt, 2010).

Lo anterior señala la importancia de impulsar una alfabetización científica, así como de crear estrategias que generen un pensamiento evolutivo fundamental. En tanto éste no esté presente en el diseño curricular escolar, no solo para la formación de los nuevos científicos sino como parte de la cultura general de la población, hay gran margen para asumir el mundo y los fenómenos biológicos como estáticos y mágicos.

Como señaló Mayr, 1998 (todo fenómeno viviente debe estudiarse en virtud de dos tipos diferentes de causas: las causas próximas que, en buena medida, son comunes al orden de lo viviente y al orden físico y químico y nos dicen cómo es que algo ocurre; y las causas últimas o remotas, que son específicas de los fenómenos biológicos y nos dicen por qué es que ocurre, entonces la enseñanza aprendizaje de la biología requieren la integración de enfoques evolutivos y funcionales).

La enseñanza de las teorías evolutivas pretende formar un ciudadano reflexivo, crítico, participativo, que sea a su vez educable, que sea capaz de entender al mundo en general, lo que supone una cultura científica, independientemente de cualquier aplicación práctica inmediata que esta tenga y eso incluye a la biología evolutiva (Caponi, 2009). Dar cultura científica tiene que ver con la formación del ciudadano, hace posible una

mejor relación consigo mismo, con los otros y con el ambiente y aumenta las posibilidades de tomar mejores decisiones (Ruíz et al., 2012).

Para poder diseñar estrategias de enseñanza que faciliten la integración y transformación de las ideas que los alumnos construyen a lo largo de su proceso de aprendizaje en relación con la biología evolutiva, es necesario conocer la fuente de dichas dificultades y las razones que subyacen al pensamiento del alumnado y que originan sus concepciones (Grau y De Manuel, 2002).

Se ha demostrado en diversas investigaciones (Guillen, 1994; Campos et al., 1999; Paz, 1999) que la enseñanza de la evolución presenta una serie de conceptos que los alumnos encuentran difíciles de construir.

Paz (2014) refiere la incapacidad de los estudiantes de establecer relaciones entre sus nociones sobre evolución orgánica y las explicaciones ofrecidas por los científicos. Esto se debe a que la idea de cambio se hace más compleja conforme se aleja de la realidad que nuestros sentidos nos ofrecen y su comprensión está ligada al desarrollo cognitivo de cada nivel educativo.

El trabajo del maestro es de suma importancia en la construcción conceptual del alumno, quién adquiere el conocimiento teórico científico en la escuela. Si en ella no se fija o construye, él carecerá de estos elementos para la construcción de conceptos más complejos debido a que carece de los bloques de construcción conceptual previos que le permitan hacerlo y cuya existencia requiere de un trabajo acertado por parte del maestro (Paz, 2014).

Por lo anterior se puede ver claramente que la enseñanza de la evolución es compleja si no se tiene la formación básica para abordar el tema tanto para enseñarla por parte de los maestros y como aprenderla por parte de los alumnos.

Para que los docentes puedan afrontar este reto, se requiere de estrategias que ofrezcan al alumno no solo comprender e integrar los conceptos, sino que los motive a seguir construyendo unos más elaborados. Una de las

estrategias frecuentemente utilizadas es mediante el aprendizaje significativo, el cual plantea iniciar la enseñanza a partir de lo que el alumno ya sabe (Ausubel et al., 1995); sobre el cual el maestro tendrá que incidir de diversas maneras (Giordán, 1997). En muchos casos, lo que el alumno ya sabe está representado por explicaciones no científicas, o concepciones alternativas, aprendidas significativamente y, por lo tanto, de difícil erradicación. Por su parte, Vosniadou y Brewer (1992) consideran que el conocimiento conceptual en el caso de los niños y jóvenes no es fragmentario y desconectado, sino que son capaces de integrar la información en modelos mentales coherentes que utilizan de manera consistente. Estas dos posibilidades no tendrían por qué ser incompatibles.

Es posible que respecto a algunos conceptos, probablemente lo más alejados de su conocimiento y de su experiencia, los alumnos tengan representaciones difusas y poco coherentes, mientras que respecto a otros conceptos sobre los que tienen más conocimiento, no sólo a partir de su experiencia, sino a través de la escuela, puedan ser capaces de elaborar representaciones más complejas, integradas y coherentes, que tal vez sean más difíciles de modificar que aquellas que forman parte de una representación difusa. De acuerdo con Massarinni, (2011) entre las principales dificultades señaladas por los docentes encuestados en la enseñanza de la evolución, se destacan tres tipos de problemas: conceptuales (vinculados con la falta de formación y de actualización), didácticos (falta de modelos y materiales apropiados) e ideológicos (restricciones o prohibiciones para la enseñanza de estos temas en algunas instituciones religiosas).

Lo anterior muestra algunos de los obstáculos que presenta la práctica educativa para modificar las concepciones alternativas de los estudiantes y que, desde la perspectiva constructivista, son un excelente punto de partida para la enseñanza, siempre y cuando el profesor sepa identificarlas, y una vez hecho esto pueda poner en práctica diversas estrategias que promuevan el cambio conceptual en sus alumnos.

JUSTIFICACIÓN

La biología evolutiva es una disciplina integradora; sin embargo, en los procesos de enseñanza aprendizaje ha ocupado espacios exiguos que se reducen a un tema o inciso de los programas de estudio lo que resulta ser insuficiente para enseñar y aprender biología en la formación científica básica, media y superior (Ruíz et al., 2012).

La evolución biológica es una teoría científicamente establecido; esto significa que ha superado todos los retos científicos. Sin embargo, el público en general se siente incómodo con la evolución ya algunos perciben implicaciones morales o culturales de la evolución. En la mayoría de los casos, esta molestia es el resultado de una comprensión incompleta de la teoría de la evolución y de cómo se aplica en las ciencias. Las controversias científicas se resuelven por la investigación científica cuidadosa, pero los dilemas morales y políticos no pueden ser resueltos sólo por la investigación científica. Estos dilemas tampoco pueden ser resueltos por la ignorancia, por lo que es especialmente importante que los estudiantes tengan un conocimiento completo y preciso de la teoría contemporánea de la evolución biológica (Petto, 2011).

Algunos de los temas que podríamos hallar en un curso de biología de escuela secundaria son por ejemplo semejanzas morfológicas entre diferentes grupos taxonómicos, la problemática expansión de resistencia bacteriana a antibióticos, la mayor frecuencia de enfermedades genéticas en ciertos grupos étnicos y la naturaleza y distribución de la variación genética humana a lo ancho y largo del planeta, entre otros. Tomados separadamente estos temas y el espectro completo de observaciones sobre la historia y la naturaleza de la vida en la Tierra solo son hechos aislados y desarticulados y a menudo permanecen así en la enseñanza de la biología.

Los docentes quienes están a cargo de estos temas enfrentan diversas dificultades para su enseñanza desde el inicio de su formación académica. Un estudio realizado en Argentina mostró que el 33% de los profesores consideraron que los principales contenidos de la biología evolutiva

estuvieron ausentes en los programas de estudios de su propia formación. entre los docentes que recibieron 'alguna formación en biología evolutiva' el 53% consideró que los contenidos no tenían la profundidad adecuada y el 47 % opinó que los docentes que los formaron no tenían un sólido y actualizado manejo de los temas (Massarinni, 2011).

En México, específicamente en la Escuela Normal Superior de México (E.N.S.M.) en la carrera de Licenciado en educación secundaria con especialidad en Biología no fue la excepción. Esto debido a un desfase de programas, es decir, en 1983 se incluyó el tema de evolución biológica en el programa de estudios de la escuela secundaria y hasta 1999 se incorporó el tema sobre evolución en el programa para la licenciatura en la E.N.S.M. Fueron 22 años en que los profesores no tuvieron ningún tipo de instrucción para enfrentar este problema, como refiere el doctor Alberto Kornblihtt (2011), la enseñanza de la evolución en todos los niveles de la educación es un tema complejo. "El problema central es que aún aquellos profesores que no se adhieren al dogma del creacionismo, como quienes lo hacen por razones religiosas o por ignorancia, no están sólidamente preparados para explicar conceptos que son anti-intuitivos", afirmó el científico. Y continúa: "En ausencia de tal preparación, los docentes caen en simplificaciones que a la larga están tan desprovistas de razonamientos y fundamentos científicos como el propio creacionismo. Reemplazan un dogma por otro e inconscientemente contribuyen al discurso de los creacionistas que pretenden poner sus ideas al mismo nivel, o como una opción equivalente. La única solución es mejorar la preparación científica de los docentes de los niveles primario y secundario".

Los recientes conflictos sobre la inclusión en los programas educativos han surgido precisamente porque la evolución ha sido confirmada como construcción teórica fundamental en la biología moderna.

En 1998 motivado por la ausencia de una asignatura específica sobre el tema de evolución en la E.N.S.M. y con el propósito de apoyar a los profesores de secundaria en servicio algunos profesores del Colegio de Biología de la

E.N.S.M. elaboraron un programa para un curso sabatino sobre el tema de evolución que posteriormente en la reforma del plan de estudios de las escuelas normales en el año 1999 se utilizó para cubrir la asignatura “Variabilidad y adaptación de los seres vivos” que se incluyó en el nuevo plan de estudios pero que carecía de programa de apoyo. Desde entonces la propuesta original de los cursos sabatinos ha tenido modificaciones principalmente en las estrategias para su enseñanza las cuales ayudan al alumno a aplicar este conocimiento en su vida diaria y que actualmente es uno de los propósitos del plan de estudios.

La experiencia para impartir la asignatura desde la participación en la elaboración del curso sabatino y posteriormente como profesora de la asignatura durante los últimos 15 años me llevó elaborar una serie de instrumentos con el propósito de explorar la problemática de la enseñanza de los contenidos evolutivos en la Escuela Normal Superior de México que me permitan conocer y evaluar principalmente lo siguiente:

1. El nivel de conocimiento sobre el tema de evolución biológica con el que los alumnos se incorporan a la carrera.
2. Las ideas previas que mantienen y por lo tanto son su base conceptual sobre el tema de evolución biológica.
3. La manera como construyen nuevos conocimientos sobre los ya existentes.
4. Análisis sobre las estrategias utilizadas por los profesores para su enseñanza en la escuela.

Es imperante que el compromiso y la responsabilidad social de los profesores de ciencias vaya más allá de sólo la presentación de fórmulas o teorías de manera aislada. Asimismo, es imperante no sólo desear, sino exigir, que se hagan cargo de una aproximación epistemológica sobre los contenidos científicos. Que el docente se convierta en un investigador de su disciplina específica, pero también sobre su campo de estudio. En fin, se trata de explicitar y cuestionar la importancia de tomar las riendas de la cuestión y se

comience a hacer desaparecer del currículum y de las aulas esa imagen mítica, abstracta y alejada de los científicos. Los primeros en hacerse cargo de esta situación deben ser los mismos profesores que son los que enseñan y hacen posible una aproximación didáctica y pedagógica de los conocimientos científicos.

La educación tiene obligatoriamente que desempeñar un papel principal. La tarea de dar a conocer el pensamiento evolutivo, de analizar su posible influencia sobre los valores culturales de nuestra sociedad, de extender su conocimiento en el ámbito docente y de integrar en el currículum escolar estas ideas, puede parecer en estos momentos algo conveniente, pero con casi total seguridad, se convertirá en una exigencia imprescindible en un futuro no muy lejano (Castro, 2011).

ANTECEDENTES

LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN EN LOS PLANES Y PROGRAMAS DE ESTUDIO DE LA SEP.

EDUCACIÓN BÁSICA (PRIMARIA)

En lo que se refiere a los planes y programas de educación primaria, el tema de evolución biológica como enfoque teórico integrador de la disciplina está ausente de los años 1936 a 1993, pero en 1994 se incorpora dentro del eje de los seres vivos de Ciencias Naturales en Sexto grado, teniendo como temas “Los seres vivos y sus cambios en el tiempo” y “Selección natural y adaptación” (SEP, 1999). El propósito de la incorporación de estos temas es “desarrollar en el alumno una imagen dinámica de la naturaleza, introduciendo nociones elementales de la evolución” (SEP, 1993; Básica, 1994). Estos nuevos programas destacan el papel de los estudios evolutivos como un puente para comprender la realidad del entorno natural del niño (Paz, 1999). Sin embargo, diversas investigaciones han mostrado que el tema de evolución presenta una serie de conceptos que los alumnos encuentran

difíciles de construir (Guillén, 1996; Campos et al., 1999; Paz, 1999). Existe un debate acerca de cómo plantear la enseñanza de las ciencias naturales en el nivel básico de la educación. Hay posiciones que consideran que no es conveniente que se enseñen las ciencias naturales en la escuela primaria porque los alumnos no tienen el desarrollo intelectual requerido, y que, por lo tanto, la educación básica solo debe abocarse a sistematizar y darle coherencia a las concepciones de sentido común (Guillén, 1994). De acuerdo a Paz (1999), una de las fallas conceptuales se debe a deficiencias de preparación temática por parte del docente. Los alumnos y al parecer los docentes, no son capaces de establecer las relaciones que existen entre sus nociones sobre evolución biológica y las razones ofrecidas por los científicos. Por lo anterior, existen dos posturas al parecer encontradas con respecto a la factibilidad de tocar y desarrollar temas complejos a temprana edad, tal como es el caso de la evolución. Por un lado, persiste la idea de que todo tema se puede enseñar y construir en el niño, sin sacrificar formalidad, sólo es cuestión de desarrollar una estrategia adecuada como menciona Novak (1978), en tanto que Medin et al. (1987) señalan la falta de madurez cognitiva, esto es, que el sujeto presenta dificultades que le impiden construir estructuras abstractas de manera eficiente a temprana edad. De esta manera se observa que la construcción de la teoría de la evolución se debe en gran parte al nivel de profundidad con que se maneja en primaria y a fallas en la preparación del tema por parte de los docentes.

EDUCACIÓN BÁSICA (SECUNDARIA).

Para la educación secundaria fue en la reforma de 1993 que se designó en segundo año en la asignatura de Biología un espacio al tema de evolución biológica donde se incorporaron las teorías de Lamarck y Darwin; sin embargo, el tiempo destinado fue de 3 horas a la semana.

Esta reforma educativa (SEP, 1993) argumentó que para lograr aprendizajes significativos que permitan continuar aprendiendo a lo largo de la vida, sólo era posible si se otorgaba en el currículo una mayor importancia al desarrollo de

actitudes, métodos y destrezas, así el nuevo currículo inició su operación en las escuelas de educación secundaria de 1993-1994 hasta 2006.

En el año 2006 llega una nueva reforma educativa (SEP, 2006) en la que el principal cambio es la agrupación de las cargas horarias de las asignaturas Física, Química y Biología otorgándoles 6 horas semanales por curso. El tema relacionado con la evolución aparece en primer año, en el bloque 1 (Biodiversidad) denominado “Las interacciones de los seres vivos y el ambiente, en términos de diversidad y adaptación como producto de la evolución”, además, este nuevo enfoque tiene como propósito principal ayudar al alumno a construir los conocimientos científicos que puedan integrarse con otros campos del saber vinculando emociones y sentimientos que fomenten vínculos personales con los temas. Los bloques finalizan con el acercamiento a la experimentación mediante proyectos (SEP, 2006).

Por último, el plan de estudios vigente (SEP, 2011) (ANEXO 3) tiene el propósito de desarrollar competencias que “movilicen y dirijan todos los conocimientos hacia la consecución de objetivos concretos”. La movilización de saberes (“saber hacer con saber y con conciencia del efecto de ese hacer”) (SEP, 2011). En el caso del tema de la evolución biológica el plan de estudios aborda la teoría de la evolución por selección natural planteada por Darwin, además se menciona a Wallace en el contexto histórico y la teoría sintética de manera general se eliminan por completo las leyes de Lamarck.

EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR (BACHILLERATO).

En el nivel medio superior el diseño curricular está basado en el desarrollo de competencias; de acuerdo a esto encontramos las genéricas que son aquellas que se desarrollarán de manera transversal en todas las asignaturas del mapa curricular y permitirán al estudiante comprender e influir en él, le brindan autonomía en el proceso de aprendizaje y favorecen el desarrollo de relaciones armónicas con quienes le rodean. Por otra parte, las competencias disciplinares básicas refieren los mínimos necesarios de cada campo disciplinar para que los alumnos se desarrollen en diferentes contextos y situaciones a lo largo de la vida. Asimismo, las competencias disciplinares extendidas implican los niveles de

complejidad deseables para quienes opten por una determinada trayectoria académica, teniendo así una función propedéutica en la medida que preparan al alumnado de la enseñanza media superior para su ingreso y permanencia en la educación superior.

Lo anterior se ve reflejado en el programa de estudios (SEP, DGB/DCA, 2013) donde el tema de evolución se encuentra ubicado en cuarto semestre, en Biología II (Bloque IV) con el tema: Los principios de la evolución biológica y su relación con la biodiversidad de las especies. En este bloque el docente favorece la descripción por parte del alumnado de las principales evidencias de evolución biológica, relacionando la selección natural y artificial con la biodiversidad de las especies en nuestro planeta, así como las principales causas de la variabilidad genética y del cambio evolutivo. Además, se incluyen como objetos de aprendizaje antecedentes de Darwin y Wallace, como mutación, flujo de genes, deriva genética, apareamiento no aleatorio y selección natural.

Como se ha señalado uno de los grandes retos es consolidar la enseñanza de la teoría de la evolución en la educación básica; sin embargo, como indica Ruíz (2009) también a nivel bachillerato “muchas veces los profesores eluden el tema, pues a pesar de que parece sencillo explicar la evolución, puede ser un tema bastante complejo si no se cuenta con la formación necesaria, a lo que se suman factores de carácter religioso, pues hay docentes que prefieren no abordar el tema porque evidentemente es un asunto serio de explicar la diversidad de la vida sin recurrir a argumentos sobrenaturales”.

NIVEL SUPERIOR (ESCUELAS FORMADORES DE DOCENTES, ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MÉXICO).

La formación inicial de docentes para los niveles de lo que hoy se denomina “educación básica”, es decir, preescolar, primaria y secundaria se realizan en instituciones específicas que son las escuelas normales. Los profesores de preescolar y primaria hasta antes de 1984 cursaban lo que se llamó la “normal básica” que consistía en 4 años posteriores a la enseñanza secundaria. Así, los alumnos ingresaban a la formación inicial con 14 o 15 años. Para ser profesor

de secundaria había que cursar lo que se denominaba la “normal superior”. En general los docentes que decidían ser maestros en este nivel realizaban sus estudios después de varios años de servicio en la educación primaria. La E.N.S.M., tenía grado de licenciatura y se organizaba por especialidades de materias según el currículo de la enseñanza secundaria. Con la reforma curricular de los años setenta, se modificaron las especialidades en las normales superiores con el fin de estar acordes con el nuevo currículo, que como ya se indicó se organizó por áreas (Zorrilla, 2003).

Por decreto presidencial, en 1984 se elevó a nivel de licenciatura la formación de maestros de educación básica lo cual significó la exigencia del requisito de bachillerato y en consecuencia los estudiantes de magisterio ingresan ahora a la formación inicial con 18 años. Se han conservado las escuelas normales para educación preescolar y primaria, por otro lado, continúan con la misma denominación las normales superiores donde se forman los maestros secundarios.

Si bien la reforma curricular y pedagógica de 1993 exigió también una renovación en la formación de maestros, en eso último las acciones gubernamentales no ocurrieron de manera simultánea. Así, años después, en 2000 (Plan 1999) entró en vigor aunque no de todas las especialidades. Lo anterior significa que hasta el 2004 egresaron los primeros profesores formados en un plan de estudios acorde a la reforma del currículo de secundaria, es decir diez años después. Esta situación de desfase entre los planes de estudio de la educación secundaria y de la formación inicial de sus docentes añadió más complicaciones al funcionamiento de las escuelas (Zorrilla, 2003). Específicamente en la Escuela Normal Superior de México en el Plan de estudios 1999 (SEP, 1999) en la especialidad en Biología se incorporó la asignatura “Variabilidad y adaptación de los seres vivos”, en donde se abordan conceptos referentes al tema de Evolución.

La asignatura Variabilidad y adaptación de los seres vivos da continuidad a los conceptos básicos de la teoría evolutiva que se introducen en el curso La ciencia de la vida y tiene como principal propósito que el futuro docente

adquiera una plataforma conceptual básica en torno a la teoría de Darwin, que le permita comprender el proceso de la evolución biológica para orientar su aprendizaje en los alumnos de la escuela secundaria. El curso se inicia con el análisis de algunos fragmentos de los trabajos originales de Darwin y Wallace. Con esta actividad se pretende que el estudiante normalista elabore sus propias interpretaciones, las exponga y contraste, tanto con las de sus compañeros, como con las que se incluyen en algunos libros de texto. Además se retoma y profundiza el estudio de la selección natural y los conceptos básicos que se asocian a ésta, como son la variabilidad, la supervivencia y la adaptación.

LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN EN MÉXICO.

La introducción de la teoría evolutiva en las escuelas de México no ha tenido grandes obstáculos ni mayores controversias debido a que, tal como lo dice Lazcano (2005), “La educación pública sostiene la secular marca registrada de la Ilustración y desde hace muchas décadas a nivel nacional, se han incluido en los libros de texto de la Secretaría de Educación Pública las ideas evolutivas a los niños”. Las lecciones basadas en libros de texto gratuitos de la SEP para primaria son un preámbulo de una posterior enseñanza a mayor profundidad sobre evolución en los niveles de secundaria y preparatoria. Sin embargo, aunque el planteamiento de la teoría evolutiva está abierto en nuestra sociedad y actualmente se ha incorporado a los planes de estudio, lo que se refiere a su enseñanza-aprendizaje atraviesa con numerosas dificultades (Brumby, 1984; Jiménez y Fernández, 1989; Grau, 1993; Settlege, 1994; Wood- Robinson, 1994; de Manuel y Grau, 1996) para comprender los mecanismos básicos de la evolución biológica.

A pesar de lo importante que hoy resulta la biología evolutiva en nuestra sociedad, la introducción de su enseñanza es relativamente reciente (Rojas, 2003; Lazcano, 2011; Paz, 2014) y su utilidad ha sido relegada a un papel secundario y como menciona Cook (2009), la evolución no ha sido resaltada en los currículos de ciencias de manera proporcional a la importancia que tiene. En el caso de México, el país no está exento de esa situación: los temas

evolutivos ocupan espacios curriculares restringidos y aislados, tales como un inciso o un capítulo de los programas de estudios en educación básica, media y superior (Ruíz et al., 2012).

En un estudio realizado en 2001 a nivel primaria (Paz, 1997, 1999, 2001) en dos zonas, una en el municipio de Iztapalapa de la Ciudad de México y la otra en el Estado de México, se concluyó que las respuestas de los alumnos fueron antropocéntricas y teleológicas, lo anterior llevó a investigar el origen de estas concepciones. Los resultados mostraron:

- El maestro ve la temática de manera parcial.
- Los maestros fallan en lo referente a la fase explicativa, es decir la que implica dilucidar el mecanismo que explica la evolución, así como su ejemplificación.

Algunas soluciones han sido propuestas para dar respuesta al conflicto cognitivo que presentan tanto alumnos como profesores al enfrentarse a la enseñanza y aprendizaje del tema de evolución, algunos de estas investigaciones sugieren lo siguiente:

Ayuso (2000) en nivel secundaria, se refiere que primero los alumnos deberán estudiar los aspectos básicos sobre localización y transmisión de la información hereditaria para posteriormente proponer actividades que faciliten la comprensión de la evolución; particularmente, aquellas que inciden sobre:

- Las causas de la diversidad intraespecífica.
- La reproducción sexual como agente de variedad entre la descendencia.
- La aparición espontánea de mutaciones.
- El concepto de especie (Ayuso, 2000).

Por otro lado, Batalla (1992) y Guillén (1994) señalan que el tema de evolución, entendida como una relación entre los cambios ambientales y la producción de cambios en las características de los organismos a través de

mecanismos genéticos, presenta una serie de conceptos que los alumnos encuentran difíciles de asimilar. Aparentemente los estudiantes no son capaces de establecer las relaciones que existen entre sus nociones sobre evolución orgánica y las razones ofrecidas por los científicos que les son explicadas en la escuela. Es por ello que se ha sugerido que el tema evolutivo se postergue hasta la preparatoria (Shayer, 1974).

Otro de los problemas que presenta la enseñanza de la evolución en secundaria además de la complejidad conceptual, es de estrategia didáctica. El análisis de un libro de texto de Biología (Batalla y Méndez, 1992) aprobado por la SEP demostró, por ejemplo, que existen errores conceptuales e imprecisiones en la forma en que se presenta el componente evolutivo (Guillén, 1994).

OBJETIVO GENERAL

- Explorar las ideas previas sobre el tema de evolución, específicamente las referentes a la Teoría Darwiniana, con las que los alumnos ingresan a la Escuela Normal Superior de México.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer los obstáculos que impiden a los alumnos la comprensión de la teoría evolutiva de acuerdo a Darwin, a través de la investigación bibliográfica.
- Analizar los obstáculos que enfrenta la enseñanza- aprendizaje del tema de evolución en México y en otros países y conocer las estrategias que se proponen para su comprensión.

METODOLOGÍA

Se han desarrollado diversas técnicas para tratar de hacer explícitas las ideas de los alumnos. Entre las que destacan los cuestionarios de opción múltiple y el diseño de pequeños problemas sobre diversos fenómenos científicos relacionados con la experiencia del alumno (Sánchez, 2000). Como parte de esta experiencia profesional y para conocer las ideas previas que presentan los alumnos de la Escuela Normal Superior de México se diseñó un cuestionario que se aplicó al inicio de semestre.

El cuestionario es un instrumento de investigación de carácter cualitativo que se utilizó como principal técnica de investigación, el cual permitió conocer las ideas previas obtenidas de las 10 preguntas diagnosticas planteadas al inicio de semestre. Este tipo de prueba permite evaluar el desempeño dentro de algún dominio del conocimiento relativamente estrecho, comparándolo con algún criterio predefinido (Salkind, 1997). Se eligió la prueba tipo cuestionario por las siguientes razones:

- ✓ Los alumnos conservan su anonimato.
- ✓ Son económicos
- ✓ Puede dar pie a la investigación de otros datos, aunque haya pasado tiempo.

CARACTERÍSTICAS

- Es un procedimiento de investigación.
- Es una entrevista altamente estructurada.
- "Un cuestionario consiste en un conjunto de preguntas respecto a una o más variables a medir".
- Presenta la ventaja de requerir relativamente poco tiempo para reunir información sobre grupos numerosos.

- El sujeto que responde, proporciona por escrito información sobre sí mismo o sobre un tema dado.

- Presenta la desventaja de que quien contesta responde escondiendo la verdad o produciendo notables alteraciones en ella. Además, la uniformidad de los resultados puede ser aparente, pues una misma palabra puede ser interpretada en forma diferente por personas distintas, o ser comprensibles para algunas y no para otras. Por otro lado, las respuestas pueden ser poco claras o incompletas, haciendo muy difícil la tabulación.

Cuestionario Restringido o Cerrado

- Es aquel que solicita respuestas breves, específicas y delimitadas.

- "Para poder formular preguntas cerradas es necesario anticipar las posibles alternativas de respuestas".

- Estas respuestas piden ser contestadas con:

Dos alternativas de respuestas (respuestas dicotómicas): Si o No.

Varias alternativas de respuestas: donde se señala uno o más ítems (opción o categoría) en una lista de respuestas sugeridas. Como no es posible prever todas las posibles respuestas, conviene agregar la categoría Otros o Ninguna de las Anteriores, según sea el caso. En otras ocasiones, el encuestado tiene que jerarquizar opciones o asignar un puntaje a una o diversas cuestiones.

Ventajas:

- Requiere de un menor esfuerzo por parte de los encuestados.

- Limitan las respuestas de la muestra.

- Es fácil de llenar.

- Mantiene al sujeto en el tema.

- Es relativamente objetivo.

◦Es fácil de clasificar y analizar.

Cuestionario No Restringido o Abierto

- Las preguntas abiertas no delimitan de antemano las alternativas de respuesta.
- "Las preguntas abiertas son particularmente útiles cuando no tenemos información sobre las posibles respuestas de las personas o cuando esta información es insuficiente".
- Es aquel que solicita una respuesta libre.
- Esta respuesta es redactada por el propio sujeto.
- Proporciona respuestas de mayor profundidad.
- Es de difícil tabulación, resumen e interpretación.

Cuestionario Mixto

- Es aquél que considera en su construcción tanto preguntas cerradas como abiertas.

Este cuestionario se realizó durante 7 años a los estudiantes que ingresaban a la ENSM y cuya edad variaba entre los 19 y 24 años. Cabe resaltar que el género femenino predomina en la licenciatura hasta llegar en ocasiones al 100%, ya que son pocos los varones que se inscriben a la licenciatura. Esto se observa en los datos ya que es el 50% del género femenino quienes respondieron el cuestionario y los hombres representaron el 8.2%, también tenemos el 35.6% que fueron aquellos alumnos que no colocaron su nombre en el cuestionario y prefirieron quedar en el anonimato.

El cuestionario estuvo dividido en dos partes: la primera consta de 9 preguntas de opción múltiple orientadas básicamente a la parte teórica sobre

conceptos preevolucionistas considerando a Aristóteles y Lamarck y conceptos evolutivos de Darwin y Wallace. Cada una de las 9 preguntas se analizó para obtener la respuesta que eligieron con mayor frecuencia hasta la de menor frecuencia.

De esta manera se obtuvo una percepción general de la información básica que los alumnos tienen sobre el tema de evolución biológica. La décima pregunta es un planteamiento acerca de cómo se explicaría el hecho de que las jirafas tengan el cuello largo utilizando como principal eje la selección natural. Las respuestas de este cuestionamiento fueron diseñadas con tendencias lamarckianas o darwinistas. Este tipo de preguntas son ideales para evaluar el nivel de dominio que un individuo tiene acerca de un contenido específico (Salkind, 1997).

Esta pregunta hace referencia a los conocimientos que tienen sobre Charles Darwin y su teoría de la evolución por selección natural.

La segunda parte y última fue un problema acerca de la resistencia de los insecticidas a los piojos este fue tomado de Jiménez Alexandre (1991).

Se presentó a los estudiantes un problema sobre la evolución de la resistencia a los insecticidas en una población de piojos, (el “problema de los piojos” utilizado en este cuestionario, está basado en dicho instrumento) lo que permitió que los alumnos plasmaran de manera escrita sus ideas previas con respecto al tema de evolución. Esta sección ayuda a conocer como el alumno da respuesta a un hecho de la vida cotidiana a partir de la teoría de evolución, lo cual puede indicar que conoce aspectos conceptuales del tema, pero al momento de darle solución a un hecho real vuelve a respuestas basadas en sus ideas previas.

Las respuestas obtenidas en los cuestionarios se clasificaron de acuerdo a los siguientes criterios:

- ✓ **TOTALMENTE LAMARCKIANO (T.L.)** Cuando en su respuesta incorpora la idea de que el medio provoca los cambios y se heredan a sus descendientes,

algunos de los conceptos que emplea son adaptación, necesidad, uso y desuso y herencia de éstos.

- ✓ **LIGERAMENTE DARWINISTA (L.D.)** Cuando en su respuesta se observa el comienzo de la ruptura del pensamiento lamarckiano e introduce alguna idea o concepto darwinista; como cambios adaptativos, características favorables del individuo que refleja la idea de Selección Natural sin mencionar los términos “sobrevivencia” y “adaptación”.
- ✓ **DARWINISTA (D)** Cuando en su respuesta se incorporan los conceptos de variabilidad, selección natural, sobrevivencia, adaptación y herencia, integrando la idea de que la población presenta variabilidad y que las variaciones más favorables a los cambios ambientales sobreviven y son heredadas.
- ✓ **PENSAMIENTO CONFUSO (P.C.)** Cuando en su respuesta que no incorpora ninguna tendencia evolutiva que no presenta ningún tipo de argumento y es reiterativo.

Por último, se analizaron los resultados tanto de la investigación documental como de los datos obtenidos de la aplicación de los cuestionarios.

Para obtener información sobre lo que sucede sobre el tema de enseñanza de la evolución en México y otros países se utilizó la investigación documental que corresponde a un enfoque cualitativo que permite analizar e interpretar la información que se dispone sobre algún tema a partir de la búsqueda bibliográfica de artículos, dedicados a la enseñanza-aprendizaje de la Evolución en México y diversas partes del mundo y posteriormente compararlo con lo que sucede en México, esto permitirá conocer si los obstáculos que reporta la bibliografía pueden aplicarse a los que se presentan en nuestro país, específicamente en nivel superior y en la Escuela Normal Superior de México.

A partir de los resultados obtenidos de los cuestionarios se graficó cada una de las respuestas elegidas, esto permitió evaluar la frecuencia de ciertas

concepciones alternativas específicas en una población dada (en este caso la E.N.S.M.). Estas respuestas fueron tomadas como sus ideas previas acerca del tema. Las respuestas se analizaron para posteriormente compararlas con la bibliografía existente.

RESULTADOS

Las ideas previas, también conocidas como concepciones alternativas o errores conceptuales, han sido tratadas en numerosas publicaciones,

impresas y electrónicas (Flores et al., 2002), desde los años 70 en numerosos países y se ha puesto ampliamente de relieve su importancia en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia. Los investigadores de la educación han coincidido en la necesidad de transformar las ideas previas de los estudiantes hacia concepciones científicas o, al menos, hacia conceptos más cercanos a ellas. A esta transformación se le ha denominado cambio conceptual (Bello, 2004). El conocimiento previo es el fundamento a tener en cuenta por el profesor durante el proceso docente educativo para facilitar el aprendizaje de nuevos conceptos de forma significativa, ya que lo más importante en la relación que se establece entre lo que se enseña y lo que se aprende, es lo que ya conoce, porque es con lo que se establecen los nexos para que el nuevo conocimiento adquiera significado. (Fernández, 2002).

En este caso es importante considerar las ideas iniciales de los estudiantes acerca de los mecanismos evolutivos de las especies, con el propósito de que el intercambio de puntos de vista en el aula constituya el punto de partida para favorecer el aprendizaje de los estudiantes y así diseñar nuevas estrategias que desarrollen actividades que favorezcan la ampliación, modificación o sustitución de los conocimientos previos (Ayuso y Banet, 2002).

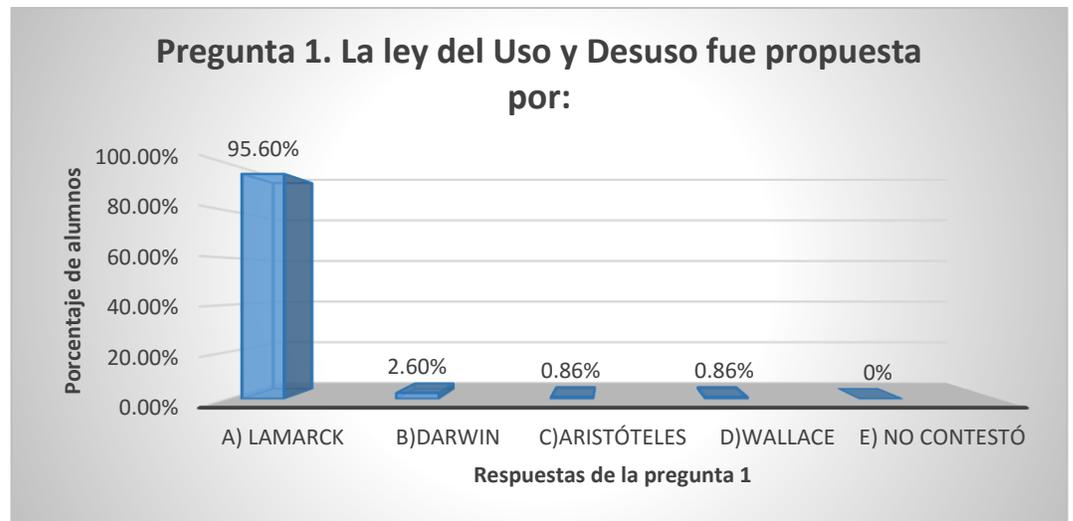


Ilustración 1. Resultados de la segunda pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

La Ley del uso y desuso propuesta por Lamarck es ampliamente conocida, como muestra la ilustración 1 donde la opción **a)** es la respuesta con mayor frecuencia elegida por los estudiantes de la ENSM. Sus ideas sobre cómo el ambiente provoca la necesidad de cambio en los organismos es ampliamente acogido por los estudiantes aún sin saber que se trata de Lamarck ya que esta forma de pensar le da respuesta de manera cotidiana a diversas situaciones, como por ejemplo; cuando se utilizan frases para explicar hechos como: cierra el bote de basura por que se hacen moscas - comer frutas y verduras te hace grande y fuerte – si corres mucho tus piernas se harán más fuertes, si no usas tu cerebro se va a atrofiar, etc. Es evidente que una de las causas de estas interpretaciones está ligada a las dificultades de los estudiantes para explicar el origen y la permanencia de los nuevos caracteres, así como a las causas de la variación intraespecífica; nociones importantes para comprender la teoría evolutiva. Kallery y Psillos (2004) encontraron en un estudio que tanto docentes como estudiantes recurren a tales expresiones, tanto de un modo consciente como no consciente. Esto último puede deberse a que, en muchos casos, los profesores no reconocen las expresiones en cuestión. Este estudio también reveló que los profesores atribuyen el uso de este tipo de

expresiones a su escaso conocimiento en ciencias y a sus deficientes recursos para transmitir las nociones científicas a sus alumnos. Esto generaría un “círculo vicioso” en el cual el bajo conocimiento en ciencias de los profesores los lleva a recurrir al antropomorfismo lo que, a su vez, dificulta el progreso de su conocimiento científico.



Ilustración 2. Resultados de la segunda pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

Las respuestas obtenidas sobre esta pregunta son variables, aunque hay una marcada tendencia a elegir a la Selección Natural (S.N) actúa en los organismos de manera positiva (45%) la mayor parte de los alumnos (más del 50%) presentó una mezcla de ideas correctas e incorrectas, lo que muestra la carencia de esquemas de integración conceptual, pues si bien poseen nociones correctas del proceso, fueron incapaces de combinar tales ideas al aplicarlas en problemas reales como se mostró al resolver el problema de la última parte del cuestionario referente a la causa de la resistencia de los piojos a los insecticidas.

Para Fisher y Lipson (1984), el entendimiento o comprensión de conceptos científicos depende del grado en el que los modelos mentales de los estudiantes “predigan” y “expliquen” satisfactoriamente los eventos del mundo “real”; de modo que un modelo defectuoso es una concepción ingenua del mundo, que se sustenta en antropomorfismos y sentido común, lo que frecuentemente los hace muy resistentes al cambio. La errónea suposición de que los cambios no son azarosos, es decir cambio abierto, provoca que la sobrevivencia y muerte diferenciales se vean más como el resultado del proceso de selección, que como una parte del mismo.

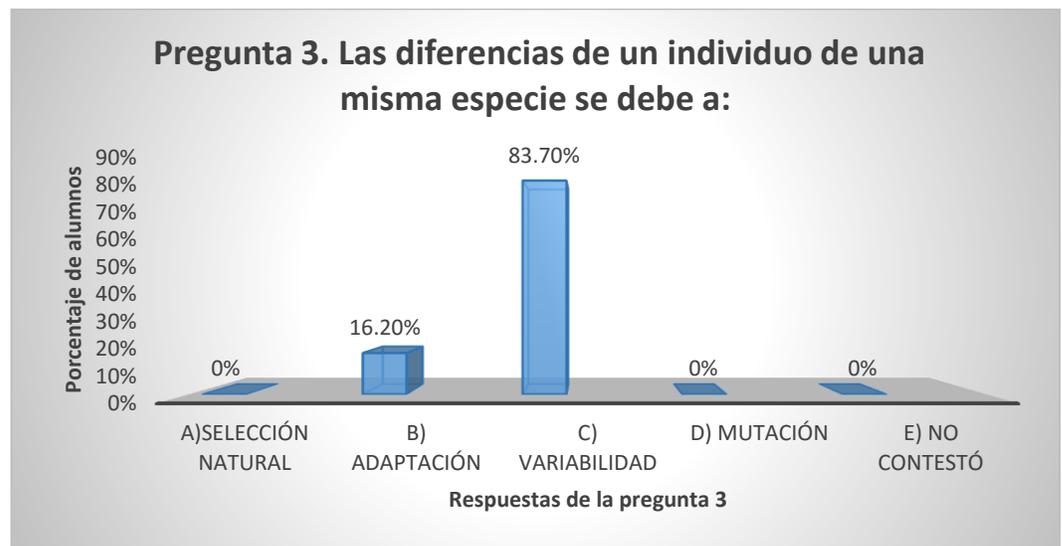


Ilustración 3. Resultados de la tercera pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

Banet y Nuñez (1996) refieren que un determinado conocimiento, concepción o idea (correcta o incorrecta) pudo haber sido adquirido de forma aislada o memorísticamente. Esto impide que el alumno pueda dar una explicación mucho más profunda y detallada de ciertos fenómenos o hechos ya que no son capaces de explicar el origen de dicha idea o concepción y que de acuerdo con los autores es escaso el nivel de aproximación real que tienen de dicho conocimiento. Esto se ve reflejado en esta pregunta ya que los alumnos de la ENSM son capaces en su gran mayoría (83%) de elegir la respuesta correcta al reconocer la variabilidad como una de las causas de las diferencias en los organismos, sin embargo, esta

respuesta como mencionan los autores pudo haber sido adquirida de manera memorística, ya que cuando en otro momento tienen que dar una respuesta a un problema específico no logran dar una explicación del origen de su conocimiento.

Lo anterior nos lleva a una situación frecuente en el salón de clases ya que los maestros suponen que los alumnos al manifestar conceptos correctos de determinados temas, significa que lo conocen a detalle y esto incide de manera significativa ya que son conceptos básicos para comprender no solo el contenido evolutivo sino de otros temas o asignaturas del plan de estudios. El alumno viene "armado" con una serie de conceptos, concepciones, representaciones y conocimientos, adquiridos en el transcurso de sus experiencias previas, que utiliza como instrumento de lectura e interpretación y que determinan qué informaciones seleccionará, cómo las organizará y qué tipos de relaciones establecerá entre ellas. Si el alumno consigue establecer relaciones sustantivas y no arbitrarias entre el nuevo material de aprendizaje y sus conocimientos previos, es decir, si lo integra en su estructura cognoscitiva, será capaz de atribuirle significados, de construirse una representación o modelo mental del mismo y, en consecuencia, habrá llevado a cabo un aprendizaje significativo.



Ilustración 4. . Resultados de la cuarta pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

La adaptación entendida por los alumnos de acuerdo a Galli (2011), se asume como que los seres vivos tienen la capacidad de cambiar directamente en respuesta a sus necesidades, cualquier cambio adaptativo (el efecto) resulta explicado por dicha capacidad y aparece como la consecuencia del problema ambiental (la causa). Nemh y Rally, (2007) mencionan que este cambio ambiental debe ser drástico y que solo así los alumnos pueden comprender que tenga lugar la adaptación en los organismos. En este caso la escasez de alimento sería la causa que va a provocar que los organismos se adapten, respuesta con el porcentaje más alto (84%). Así, si no se verifica un cambio ambiental no tendrá lugar un cambio evolutivo y que la causa única y directa que amenaza la sobrevivencia del individuo es el factor ambiental a esto Galli (2011) lo ha denominado "problema-estímulo"), esto aunado a los docentes que incurren en el error de considerar que el medio ambiente promueve los cambios genéticos dirigidos en los animales y las plantas que los vuelven más adaptados a ese medio, cuando en realidad el medio ambiente sólo selecciona aquellas variantes genéticas ya preexistentes, las cuales por dejar más descendientes que las otras en ese medio, terminan colonizándolo y desplazando a las otras. Otra respuesta a este planteamiento elegida por los alumnos con 23% es la "fuerza" que para los alumnos representa una característica en la que los organismos pueden acceder al alimento y que la "lucha por la existencia" o la "sobrevivencia del más apto" implican luchas reales feroces entre individuos y que gana el más fuerte Kornblihtt (2011). Como se puede ver estas dos respuestas dejan ver la realidad acerca de un concepto poco comprendido como es la adaptación y que es fácilmente confundida por los alumnos y reforzada por los docentes, ya que definen este concepto de forma intuitiva.

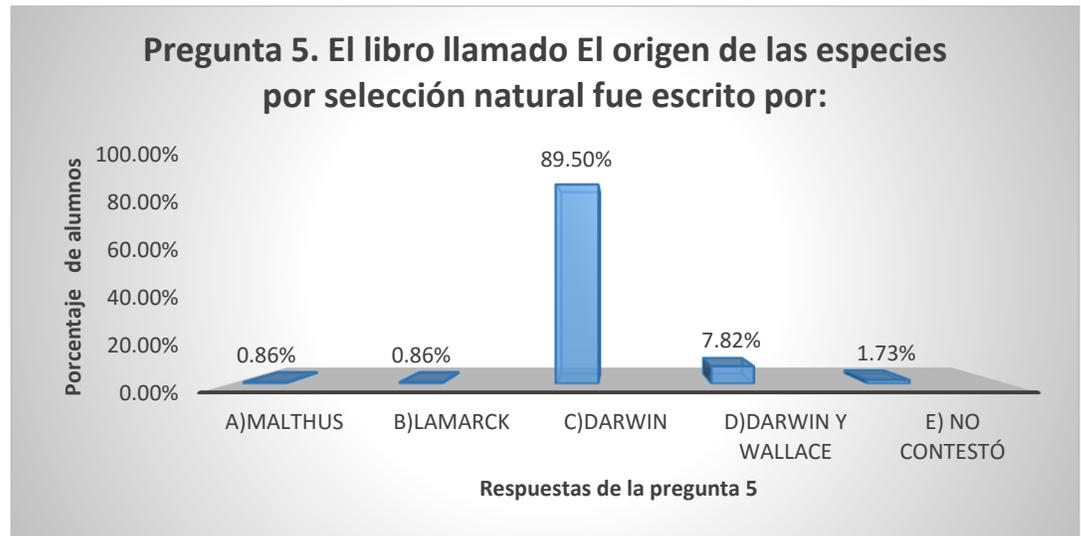


Ilustración 5. Resultados de la quinta pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

De acuerdo con Lazcano (2005), la teoría de la evolución y su autor Charles Darwin es ampliamente conocido por la población en general, debido desde hace algunas décadas a la inclusión en los libros de texto gratuitos en las escuelas públicas y privadas de México. Es frecuente la exposición del tema de la evolución en diversos ámbitos de difusión (televisión, internet, exposiciones en museos, películas, etc.), esto significa la aceptación cada vez mayor del Darwinismo en México. Lo anterior se ve reflejado en las respuestas de los alumnos de la E.N.S.M. eligiendo casi con un 90% a Darwin como autor del Libro “El origen de las especies”.

Sin embargo como menciona Daniel Piñero Dalmau (2009), investigador del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) en México la biología debe continuar con los esfuerzos por incorporar los principios evolutivos a su investigación, docencia y labor de divulgación, porque sólo cuando se haya completado “la revolución darwiniana”, es decir, cuando se haya logrado romper con el concepto antropocéntrico del universo, “podremos darnos cuenta de la importancia de sus aplicaciones en la vida diaria).

Aunque que la enseñanza de la evolución biológica en México no encontró en sus inicios ni ahora ninguna oposición a diferencia de otros países, existen pocos centros de enseñanza superior donde se enseñe biología evolutiva; los planes de estudio son desiguales, no todos reflejan el avance de la biología evolutiva y no existe coordinación entre la enseñanza de esta última y las demás ciencias de la

vida, como medicina, veterinaria, agronomía o antropología física (Lazcano, (2009).

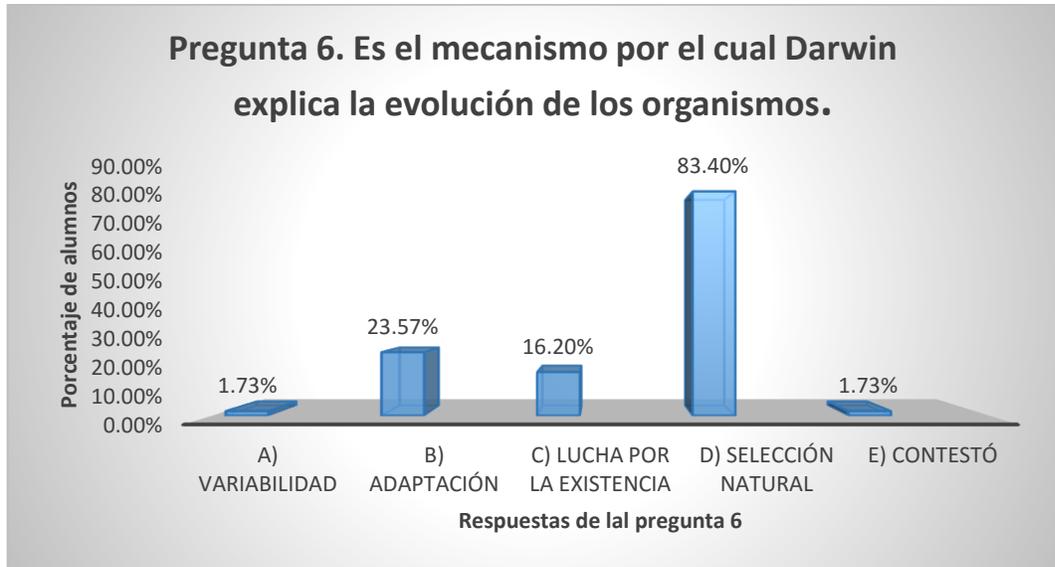


Ilustración 6. Resultados de la sexta pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

Entender el mecanismo de selección natural desde su raíz más profunda no es algo sencillo, ya que se ponen a prueba la comprensión de diversos conceptos que son clave para dar respuesta a esta pregunta. A pesar de que el mayor número de alumnos contestó asertivamente, al poner a prueba la explicación de este mecanismo a través del problema de la pregunta número 10, estos no logran llegar a una respuesta coherente. Cabe señalar que sigue muy arraigada la concepción de la adaptación como fenómeno mágico para sobrevivencia, así como la respuesta del inciso c donde la fuerza física expresada y donde hay que luchar y el vencedor será el más fuerte. **falta**

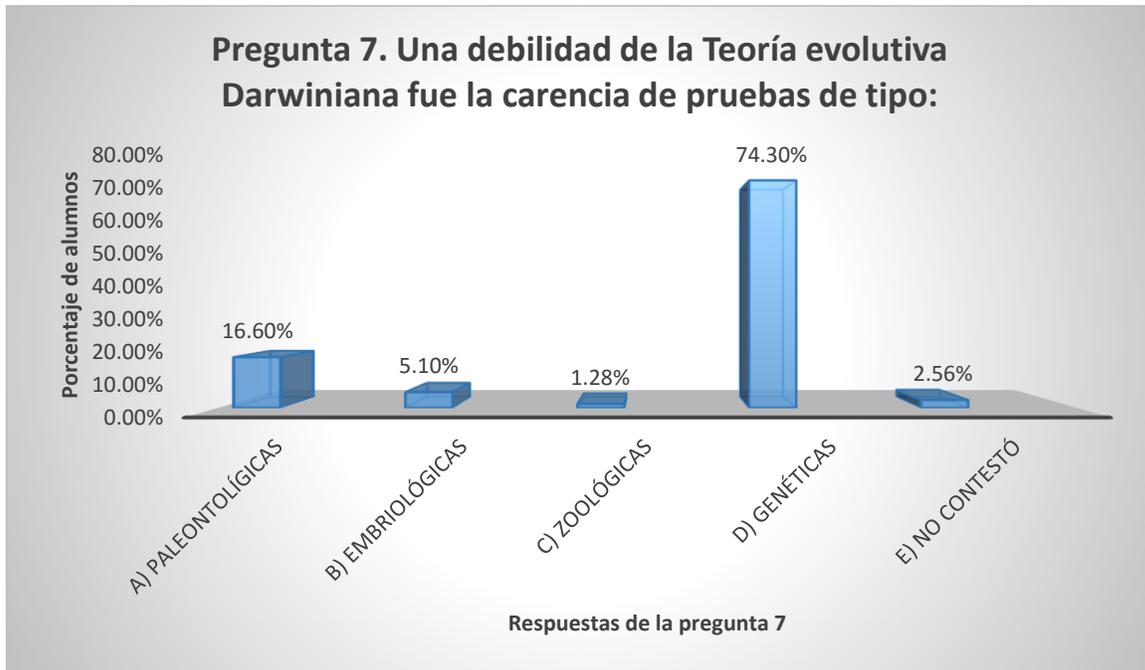


Ilustración 7. Resultados de la séptima pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

Al analizar las respuestas de este cuestionamiento es interesante mencionar que los alumnos en este caso los que ingresan a la E.N.S.M. presentan escaso conocimiento sobre ciertos temas, esto quiere decir que palabras como embriológicas, zoológicas no son relacionadas por ellos como una prueba evolutiva pero palabras como genéticas las relacionan a mutaciones, (yo lo asumo) estas últimas sacadas principalmente de la ciencia ficción las cuales son la respuesta idónea para responder que Darwin no poseía dicha información no porque realmente sepan cómo actúa esta en los organismos. Anteriormente se mencionó que las ideas previas prevalecen en ciertos temas como es la evolución a pesar de haber llevado una instrucción previa esto se muestra aquí ya que en tercer semestre llevaron la Ciencia de la Vida, asignatura donde se dan antecedentes sobre la teoría Darwiniana y se hace referencia a las evidencias fósiles que utilizó Darwin para hacer comparaciones y relaciones entre los organismos. Se sabe que debe haber mutación y a menudo recombinación para que se generen los diferentes genotipos o las diferentes versiones de los genes, conocidas como alelos, los cuales pueden o no colaborar en la habilidad de un organismo para sobrevivir o para reproducirse. Uno no puede tener cambio evolutivo sin las mutaciones, y quizás sin la recombinación, las cuales dan origen a la variación genética. Llegar a la conclusión anterior es un reto complejo de vencer.



Ilustración 8. Resultados de la octava pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

Darwin explicaba mediante un árbol filogenético las relaciones evolutivas entre varias especies que descienden de un mismo ancestro. Así todos los organismos, ya estén vivos o extintos, se encuentran relacionados en algún grado. Darwin sabía que la presencia de variación hereditaria en las poblaciones era fundamental, pero no podía explicar el origen de esa variación ni los mecanismos de transmisión de una generación a otra. Para poder dar una respuesta correcta a esta pregunta es importante reconocer la importancia que actualmente la biología moderna tiene con la genética y la evolución, conocida como la síntesis moderna. Como se puede observar en la ilustración 8, la filogenia fue la respuesta elegida por un poco más de la mitad de los alumnos (54%) que contestaron asertivamente a la pregunta planteada, sin embargo, las siguientes respuestas están divididas en las respuestas; monofilética (18%) y los que eludieron la pregunta (18%). Esto muestra que el modelo explicativo por Selección Natural no es totalmente comprendido por los alumnos debido principalmente a que Darwin no ha sido bien entendido por los profesores ni los mecanismos evolutivos resultan bien enseñados aunado al poco espacio (menos del 5%) dedicado a la genética en el plan de estudios en los diferentes niveles educativos.

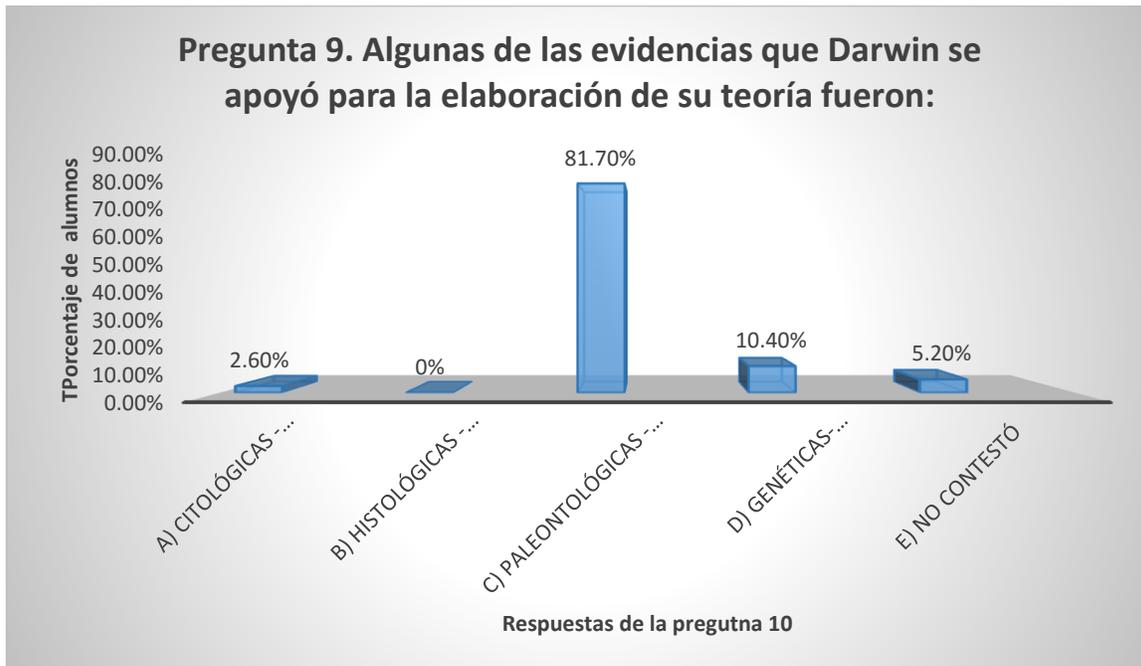


Ilustración 9 Resultados de la novena pregunta del cuestionario aplicado a los alumnos de cuarto semestre al inicio del semestre.

Análisis.

Uno de los temas que utilizan los maestros constantemente para abordar el tema la evolución darwiniana en la secundaria es el viaje que hizo Darwin a bordo de El Beagle, a través de este el docente pretende que el alumno comprenda como se originó la teoría de la evolución. Esto lo hace describiendo a través de un mapa los lugares por los que paso Darwin en el que se hace referencia a las observaciones más relevantes como son; los fósiles hallados en diferentes partes del mundo y la vegetación que observó a lo largo de su viaje, esta aproximación al tema de evolución es la más relevante dentro de su enseñanza-aprendizaje, por lo cual reconocen al responder con 81% como evidencias principales la paleontológicas y de flora y fauna.

SEGUNDA PARTE DEL CUESTIONARIO. PREGUNTA 10

En esta parte del cuestionario se aplica una pregunta donde los alumnos dan respuesta a un planteamiento darwiniano sobre la selección natural.

De la siguiente pregunta escoge la opción correcta:

De acuerdo con Darwin las jirafas llegaron a tener el cuello largo porque-----()

- a) El ambiente forzó al cambio. Las jirafas se adaptaron respondiendo a la necesidad de alcanzar su alimento de las ramas altas de los árboles. **TOTALMENTE LAMARCKISTA**
- b) El grupo original presentaba variación en la longitud del cuello y se favoreció la existencia de los cuellos largos. **TOTALMENTE DARWINISTA**
- c) El ancestro original era de cuello corto y progresivamente fue evolucionando haciéndose cada vez más largo. Heredó los cambios a sus descendientes. **PENSAMIENTO CONFUSO**
- d) El uso constante del cuello y patas para estirarse y alcanzar su alimento permitió el cambio adaptativo paulatino en su estructura a través de muchas generaciones. **LIGERAMENTE LAMARCKISTA**

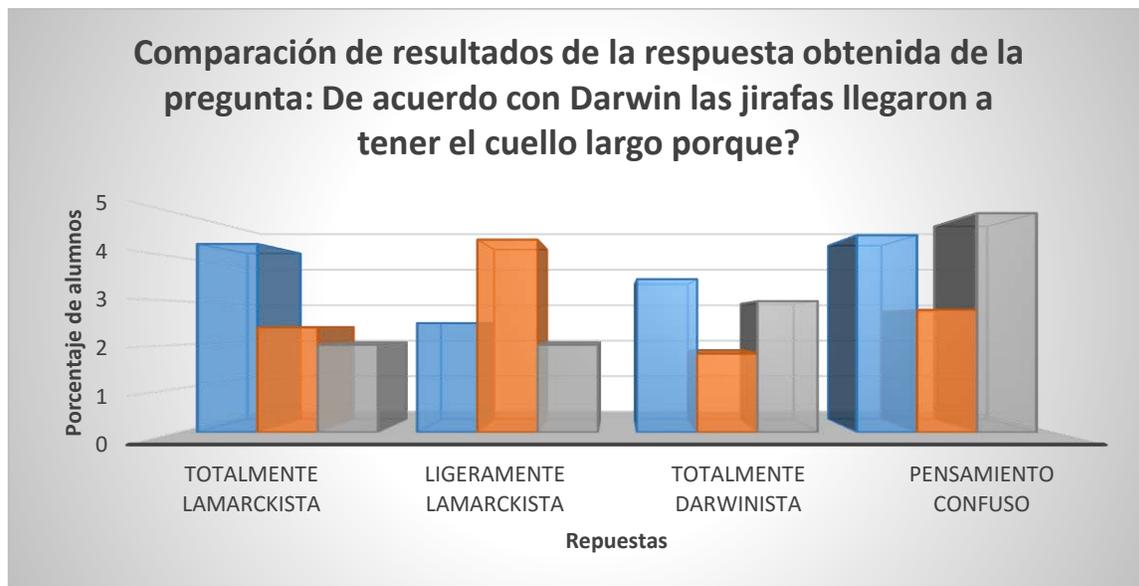


Ilustración 10. Respuestas a la décima pregunta planteada en el cuestionario.

PREGUNTA 11

PROBLEMA

“En una zona marginada de la Ciudad de México, aproximadamente del 15 al 20% de escolares se infesta de piojos en la temporada de primavera. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que los insecticidas ya no afectan a los piojos” ¿Por qué? .

Análisis.

Algunas de las explicaciones más frecuentes utilizadas por los alumnos de la ENSM al inicio y al término del semestre para dar respuesta al problema: “En una zona marginada de la Ciudad de México, aproximadamente del 15 al 20% de escolares se infesta de piojos en la temporada de primavera. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que los insecticidas ya no afectan a los piojos” ¿Por qué? Son las siguientes:

- Se hacen inmunes y se adaptan
- Se adaptan y se vuelven resistentes
- Crearon resistencia y los más fuertes se reprodujeron

Algunas respuestas muestran el inicio del cambio epistemológico de la Teoría lamarckiana a la teoría Darwiniana o Teoría Sintética como las siguientes:

- Se adaptan transmitiendo su material genético
- Los más aptos sobreviven y estos al ser resistentes heredan sus características a sus descendientes.

ANÁLISIS Y RESULTADOS DEL PROBLEMA DE INSECITICIDAS AL TERMINAR EL SEMESTRE

Algunas de las explicaciones más frecuentes utilizadas por los alumnos de la ENSM para explicar los cambios en los organismos después de la propuesta son las siguientes:

Las respuestas nuevas que fueron incorporadas son:

- Las variaciones se transmiten de generación en generación.
- La Selección Natural actúa de manera favorable sobre los organismos.
- La característica ya estaba en la población y solo se seleccionó lo que favoreció su sobrevivencia.
- La lucha por la existencia favoreció solo a los más aptos.

Aún no se sabe del todo cuáles son las experiencias clave que llevan a los estudiantes a las ideas preconcebidas que inhiben el aprendizaje y la retención de conceptos científicos, pero como ya señalé, si se sabe que estas son altamente insidiosas y que la resistencia a aceptar ideas nuevas, contrarias a las creencias ya prevalecientes, es simplemente una característica del aprendizaje humano.

DISCUSION.

Las ideas preconcebidas son construcciones que las personas elaboramos para dar respuesta a nuestra necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos, y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones. Son construcciones personales, pero a la vez son universales y muy resistentes al cambio.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la enseñanza de las ciencias es la existencia de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos por parte de alumnos y maestros, que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción científica (Bello, 2004).

Coll (1990) afirma que, cuando el estudiante enfrenta un nuevo contenido, lo hace armado con una serie de conceptos, definiciones, representaciones y conocimientos, adquiridos en el transcurso de sus experiencias previas, utilizados como instrumentos de lectura e interpretación; determinando en parte qué información seleccionará, cómo la organizará y qué tipos de relaciones establecerá entre ellas. En la medida en que un estudiante avanza a través de los distintos niveles de enseñanza, las ideas erróneas tienden a disminuir, debido a que se va apoderando de cierta lógica. El proceso docente-educativo debe ser diseñado de forma tal que esas ideas presentes en el alumno, erróneas o no, se transformen y conviertan en ideas aceptadas por la comunidad científica. El profesor, con el uso de estrategias de enseñanza-aprendizaje adecuadas, es el responsable de convertir la mayor cantidad de esas ideas previas en conceptos científicos (Fernández, 2002). Es razonable que estas ideas sean científicamente inadecuadas, porque lo contrario haría innecesario el gran esfuerzo de abstracción y lucha contra el sentido común que implica la construcción de la ciencia (Fernández, 2002).

La investigación en didáctica de las ciencias ha revelado que en numerosos países los estudiantes egresados de la enseñanza media, y el público general, demuestran una pobre comprensión de los principales conceptos de la biología evolutiva (Alters y Nelson, 2002; Smith, 2010b).

A lo largo de este trabajo se han documentado algunas de las dificultades que impiden una enseñanza eficaz de la teoría de la evolución. Las investigaciones referidas son acordes a lo que se ha encontrado en los cuestionarios hechos en la ENSM y a todo la bibliografía que se ha llevado sobre estas dificultades.

Entre los factores que dificultan la enseñanza de la teoría evolutiva se han identificado los siguientes:

- La presencia e influencia de valores e ideas religiosas tanto en estudiantes como en profesores (Griffith y Brem, 2004; Smith, 2010b).
- La presencia y persistencia de concepciones alternativas no necesariamente asociadas al pensamiento religioso (Bishop y Anderson, 1990; Smith, 2010a).
- La inadecuación de los materiales y estrategias didácticos (De Caro Martins y de Moura Braga, 2002; Demastes et al., 1995; Nehm y Schonfeld, 2007).
- El insuficiente desarrollo cognitivo de los estudiantes (Keown, 1988; Lawson y Thompson, 1988).
- El insuficiente conocimiento y/o no aceptación de la teoría de la evolución por parte de los profesores de ciencias (Berkman et al., 2008; Smith, 2010).

Teniendo en cuenta algunas consideraciones propuestas por Banet y Núñez (1996), en trabajos desarrollados en las ciencias morfofisiológicas en niveles académicos inferiores. Estos criterios son:

Grado de articulación Se refiere a los conceptos que manifiestan un determinado grado de aislamiento o conocimientos memorísticos, con alto grado de dependencia o esquemas y redes conceptuales con determinado grado de amplitud, que agrupan y relacionan distintos conceptos, por ejemplo, ancestría común, adaptación, variabilidad, mutación, etc., está

presente una marcada relación. Esta puede ser entre conceptos de igual o diferentes niveles de jerarquía.

Nivel de aproximación al conocimiento científico. Considera nociones o ideas correctas que serán ampliadas durante el proceso de enseñanza-aprendizaje ó por el contrario, ideas erróneas o alternativas al conocimiento científico, que deben ser profundamente cambiadas. Un ejemplo del primer caso es cuando un estudiante es capaz de exponer de forma muy breve qué entiende por evolución, señalando que son cambios que sufren los organismos a lo largo del tiempo, pero no es capaz de explicar su origen a partir del complejo proceso de la teoría de la evolución por selección natural mucho menos su relación genética; mientras que en el segundo caso podemos situar como ejemplo, cuando el educando no es capaz de reconocer en el óvulo, las características propias de la célula animal.

Relevancia Valora la importancia de los conocimientos previos respecto al objetivo de la temática o la asignatura. Se trata de ideas básicas para comprender sus contenidos, y su relación con contenidos de otros temas, asignaturas del plan de estudios, también se refiere a aspectos más secundarios o de ampliación. Aunque la riqueza del proceso de enseñanza-aprendizaje en relación con el trabajo con las ideas previas es mucho más amplia y compleja, el análisis horizontal o simultáneo de estos tres criterios permite introducir iniciativas para conocer y ampliar los conocimientos iniciales. Todo este análisis nos posibilita en un primer momento tener una impresión sobre el grado de dificultad que ha de enfrentarse en el aprendizaje. Si aceptamos que uno de los propósitos fundamentales de la educación formal es cambiar, a través de la enseñanza, las concepciones ingenuas o del sentido común que los alumnos tienen del mundo que les rodea, por las explicaciones emanadas del conocimiento científico, entonces podríamos preguntarnos ¿en qué grado logran las escuelas este cambio conceptual? La “comprensión” genuina o disciplinar es clave para la valoración de los resultados de aprendizaje producidos por la escuela y se refiere al grado en el que los estudiantes son capaces de utilizar,

apropiadamente, los conceptos, principios, leyes o teorías disciplinarios a la solución de problemas, en diversos contextos y cuando éstos son planteados en términos diferentes a las formas canónicas de las aulas. Las fallas en comprensión, es decir, malentendidos, o distorsiones ocurren después de que los estudiantes han cursado, exitosamente, las asignaturas disciplinarias. Esta idea de la comprensión disciplinaria la comparte Ruiz (1996:22) quien sostiene que:

La prueba de que un alumno ha comprendido un concepto científico, es que demuestre su capacidad para aplicarlo atinadamente, resolviendo problemas o explicando fenómenos mediante procedimientos cuya validez es asunto común. Se trata de que sus logros explicativos suministren la confirmación más inmediata y directa posible de que ha comprendido la significación del concepto, esto es, su papel corriente en la disciplina implicada. Sólo cuando es capaz de utilizar el concepto operativamente en la explicación de los fenómenos relacionados que observa puede decirse que ha aprendido el concepto, que ha logrado un aprendizaje significativo. Fisher y Lipson (1986), se preguntan ¿por qué los estudiantes “fallan” en entender, a pesar de que “disponen” del conocimiento correcto, las explicaciones científicas de los fenómenos? Estos investigadores sostienen que los “errores” se deben a que los estudiantes organizan su conocimiento en una forma que les “crea sentido” a sí mismos, aun cuando entren en contradicción con las concepciones científicas, que previamente se les habían “enseñado”.

A modo de ejemplo, Kornblihtt (2009) destaca que “la mayoría de los docentes que enseñan evolución en nivel secundaria - y esto ocurre en todos los países- incurren en el error de considerar que el medio ambiente promueve los cambios genéticos dirigidos en los animales y las plantas que los vuelven más adaptados a ese medio, cuando en realidad el medio ambiente sólo selecciona aquellas variantes genéticas ya preexistentes, las cuales por dejar más descendientes que las otras en ese medio, terminan colonizándolo y desplazando a las otras. Así, la forma más frecuente y popularizada de enseñar Evolución parte de supuestos científicamente

incorrectos.” Asimismo, el investigador considera que a lo anteriormente mencionado hay que agregarle otros mitos urbanos como el de que la "lucha por la existencia" o la "sobrevivencia del más apto" implican luchas reales feroces entre individuos y que gana el más fuerte. “Un último aspecto que dificulta la enseñanza es creer que todo lo que se sabe en Evolución es lo que sabía Darwin en el siglo XIX, desconociendo que hubo 150 años de acumulación de evidencias y experimentos que hicieron que lo que en la época de Darwin fuera una teoría, hoy sea considerado casi un hecho incontestable”, subraya

CONCLUSIÓN

Pero es claro también que en la escuela secundaria no podemos enseñar todos los modelos de la biología evolutiva, esto no es posible ni deseable; no estamos formando biólogos evolucionistas. Como siempre, tenemos que decidir qué modelos priorizar y es en este sentido en el que sostenemos que el Modelo de Evolución por Selección Natural ocupa un lugar central que reclama la prioridad de su enseñanza (Galli, Meinardi, 2009).

Es importante reconocer los obstáculos que enfrentan no solo la enseñanza de la Evolución, no es el único tema que en ciencias corre el riesgo de malinterpretarse existen muchos más que desde hace tiempo son puestos en la mesa por los investigadores, pero es imprescindible en este caso apuntar con seriedad que desde que apareció la teoría de Darwin y las investigaciones de Wallace ha pasado mucho tiempo y que las actualizaciones a esta teoría se ha venido generando desde hace algunos años, esto quiere decir que si bien la enseñanza de la evolución la inicia Darwin como precursor de ideas acerca del cambio en los organismos y es la teoría más acogida por los científicos, no es la única, otros científicos han desarrollado nuevas ideas acerca de la evolución de los seres vivos y estas no debe dejarse de lado, el conocer las concepciones previas de los alumnos para diseñar estrategias para la comprensión y aplicación de la evolución solo es el primer paso para que ellos sean capaces de corregir, ampliar o cambiar sus ideas y no quedarse con la enseñanza inicial. La ciencia está en constante cambio, nuevos paradigmas aparecen al desaparecer o ajustarse otros, el reto no es enseñar un tema para siempre, rediseñar un tema por siempre, es enseñar a descubrir nuevos caminos que nos lleven a nuevos paradigmas que serán la base de la restructuración de paradigmas infinitos que nos ofrece la ciencia. Tal como señala Futuyma (2009) “La perspectiva evolutiva ilumina cada tema en biología, desde la biología molecular a la ecología. Así, la evolución es la teoría unificadora de la biología”. Este es el motivo por el cual suele afirmarse, tal como hace Futuyma en la cita precedente, que la teoría de la evolución constituye un principio unificador en biología.

BIBLIOGRAFÍA

Alters, B. y Nelson, C. 2002. Perspective: teaching evolution in higher education. *Revista Evolution*. No.56 (10): 1891-1901.

Ausubel D.P., Novak J.D. y Hanesian H. 2009. Psicología Educativa, un punto de vista cognoscitivo. Editorial Trillas, segunda edición, México. [URL](#)

Audesirk, A. 2001. Biología 3. Evolución y Ecología. Editorial Pearson. Educación en México, México

Ayuso, G. E. 2000. La enseñanza de la Herencia Biológica y la Evolución de los seres vivos. Fundamentación, planificación, aplicación y evaluación de una propuesta didáctica para la Educación secundaria obligatoria. Tesis Doctoral. Murcia: Universidad de Murcia. Murcia. España. [URL](#)

Ayuso, G.E. y Banet, E. 1997. Dificultades de los estudiantes de enseñanza secundaria para resolver problemas sobre la herencia biológica, en Jiménez, R. y Wamba, A.M. (eds.). *Avances en la didáctica de las ciencias experimentales* Huelva: Universidad de Huelva. Pp. 73-82 [URL](#)

Ayuso, G, y Banet, E. 2002. Pienso más como Lamarck que como Darwin: comprender la herencia biológica para entender la evolución. *Revista Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales* Vol. 32 pp. 39-47.

Batalla, M. 1992. Biología 1. Editorial Kapelusz. México.

Banet, E. y Nuñez, F. 1989. Ideas de los alumnos sobre digestión: aspectos anatómicos. *La enseñanza de las ciencias*, Vol. 6, No. 1. pp. 30-30. [URL](#)

Bataloso, J. 1999. ¿Es posible una evaluación democrática? o sobre la necesidad de evaluar democráticamente". Aula de Innovación Educativa. México.

- Bello, S. y Valdez, S. 2003 “Las ideas previas en la enseñanza y aprendizaje de la Química”. Taller T-20 realizado en las III Jornadas Internacionales y VI Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química, La Plata, Argentina.
- Bishop, B. A. 1990. Student conceptions of natural selection and its role in Evolution. *Journal of research in science teaching*. Vol. 27 (5) p.p. 415-27.
- Brumbi, M. 1984. Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science education*. No. 68 (4), pp. 493-503. URL
- Buskes, C. (2009). La herencia de Darwin. Editorial. Herder. 544pp.
- Campos, H. S.-H. 1999. La organización conceptual del niño de primaria acerca del concepto de evolución. (U. IIMAS, Ed.) Reporte de Investigación. URL
- Campos, M.A., Sánchez C.A. Gaspar, S. y Paz, V. 1999. La organización conceptual de los alumnos de sexto grado de educación básica acerca del concepto de evolución. *Revista Intercontinental de Psicología y Educación* No. 1(1-2): 39-55. URL
- Candela, A. 1990. Cómo se aprende y se puede enseñar Ciencias Naturales. Sugerencias para el maestro. *Revista Cero en Conducta*. No.20. México.
- Caponi, G. 2009. Entrevista al Doctor Gustavo Caponi). *Revista Bio-grafía: escritos sobre la Biología y su enseñanza*. No.2(1): p.p. 2027-1034.
- Castelanos, J. 1998. Ciencias Naturales 1. Editorial Esfinge. México.
- CONABIO. 1998. La diversidad biológica de México: Estudio de país. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México.
- Coll, C. 1994. El constructivismo en el aula. Ediorial Graó. Barcelona. España.
- Conacyt. 2010. Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología. México.

Cook, K.A. 2009. Suggested project- based Evolution unit for High School: Teaching Content Trough Application. *The American Biology Teacher*, 71 (2): 95.

D, Q. 1999. Modelos y enfoques sobre la evaluación el modelo comunicativo. Aula de Innovación Educativa.

D., P. 1996. De las bacterias a la Evolución. Fondo de Cultura Económica. Ciencia y Tecnología. México. 113pp.

Darwin, C. El origen de las Especies. Fragmentos del prólogo de la obra. (J. P.Marco, Trad.) México: Planeta Agostini.

De Caro Martins, C. y de Moura Braga, S. 2002. As explicacoes dos estudantes sobre o proceso de adaptacao dos seres vivos. Memorias del VIII Encontro Perspectivas do Ensino de Biologia. Tomado de Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza Vol. 5 No 9. Monográfico de Evolución. ISSN 2027-1034. Julio a Diciembre del 2012 P. p.1-3Dr. Leonardo González Galli (Editor) Instituto de Investigaciones CEFIEC Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires Argentina.

De la Gándara, M. Y. 2002. El aprendizaje de la adaptación. *Revista Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales.* Vol. 32.

Díaz, B. y Hernández, D. 2002. Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación constructivista. Segunda Edición. Mc. Graw Hill. México. Pp.

Dobzhansky, T. 2002. Nothing in biology makes sense in the light of evolution. *Amer, Biol, Tech.*

Ehrlich, E. y. 1995. Extinción: la desaparición de las especies vivientes en el planeta. Enciclopedia científica Salvat. Vol.98 y 99

Fernández, J. 2002. Algunas consideraciones para la utilización de las ideas previas en la enseñanza de las ciencias morfológicas veterinarias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, Nº 3, 141-152 (2002) 143.

Fernández, J. y San José, V. 2007. Permanencia de ideas alternativas sobre Evolución de las Especies en la población culta no especializada. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, Vol. 21. 119-128 pp.

Fisher, K. 1992. Teaching of evolution, in proceedings of the Evolution Education. Research Conference. Louisiana State University: Baton.

Fisher, K. M., Lipson, I. J. 1986. "Twenty questions about students errors". *Journal of Research in Science Education*.23 (9), pp. 783-803. Rouge.

Flores. F. et al. (2002). <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>.

Futuyma, D. 2009. *Evolution*. Sunderland: Sinauer. Tomado de González; Martín 2011. Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural.

Giordán, A. 1997.Los nuevos modelos de aprendizaje: ¿Mas allá del constructivismo? *Revista Educación*. Vol. 6

González Galli.2009. El pensamiento finalista como obstáculo epistemológico pata la enseñanza del modelo darwiniano. (*Número extra VIII Congreso Internacional sobre investigación en Didáctica de las ciencias.*) pp. 1274-1276.

González; Martín 2011. Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires. Argentina. 727pp.

González Galli. 2012. Obstáculos para el aprendizaje de la teoría de la evolución: aportes de la investigación en didáctica. En Massarini, A., Hasson, E. y col. (Eds.), *Darwin en el Sur, ayer y hoy*. Contribuciones de la I° Reunión de Biología Evolutiva del Cono Sur. 2010, p. 198-206. Buenos Aires: Editorial Centro Cultural Ricardo Rojas, Universidad de Buenos Aires.

González Galli, L. y Meinardi, E. 2009. El pensamiento finalista como obstáculo epistemológico para la enseñanza del modelo darwiniano. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, p.1275.1277. ISSN 0212-4521.

Griffith, J. y Brem, S. 2004. Teaching Evolutionary Biology: Pressures, Stress, and Coping. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (8), p. 791-809.

Grau, D. M. 2002. Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Revista Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales* (32), 56-64.

Guillén, F. 1997. Construcción de un modelo de enseñanza para la Biología. Tesis de Doctorado en ciencias. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. Pp.

Guillén, F. 1994. El nuevo enfoque en la enseñanza de la biología en secundaria Vol. 5. Ciencias. México

Guillén, F. 1994. Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria; algunas sugerencias. *Ciencia*, 45 (3), 53-64.

Guillen, F. 1996. ¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución? en Campos, H.M Y R.

Hofmann, J. W. (2003). The fact of Evolution: Implications for Science Education. 12, 729-760.

Izquierdo, A. M. 2005. Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Revista Alambique. La enseñanza de las ciencias experimentales*. 23 (1), p. 111-122.

Jacob, F. 1997. El juego de lo posible. Ediciones Grijalbo Mondadori. Barcelona. 92pp.

Jiménez, A. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. Enseñanza de las ciencias. (Vol. 3). México.

Jiménez, A. 1994. Teaching evolution and natural selection. A look at textbooks and teachers (Vol. 5). *J.Res. Sci. Teach.*

Kallery, M. y Psillos, D. 2004. Anthropomorphism and Animism in Early Years Science: Why Teachers Use Them, how They Conceptualise Them and What

Are Their Views on Their Use. *Research in Science Education*, 34 (3), p. 291–311.

Kornblihtt, A. citado en Massarini (2011) ¿Creacionismo o evolución? Un debate que brilla por su ausencia en las aulas. www.oei.es/divulgacioncientifica/reportajes154.htm

Lazcano, A. (2005). Enseñando Evolución en México. Predicando el coro. *Science*. 310. *Science* 4, 787-789. [DOI:10.1126/science.1115180]

Lerner, L. 2004. Good Science, Bad science: Teaching Evolution in the States. (versión electrónica) extraído de <http://www.edexcellence.net/library/lerner/gsbsteits.html>.

Lucas, A. M. 1971. The teaching of adaptation. *Journal of biological education*. 5, pp.86-90.

U.N.A.M. Mayr, E. 1982. "The Growth of Biological Thought": Diversity, Evolution and Inheritance. Cambridge M.A.: Belknap Press.

Mayr, E. (1998). Así es la Biología. Madrid, España: Debate, S.A. Colección Pensamiento.

Massarini, A; Schnek, A.; Piccinali, R. y G. Folguera. Democratizar el conocimiento científico: criterios y estrategias para un cambio en la enseñanza de las ciencias. IV Congreso Comunicación Social de la Ciencia. Cultura Científica y Cultura democrática. MEyC de España, CSIC y FECYT. 21 al 23 de noviembre de 2007. Madrid. España. http://www.csciencia2007.csic.es/actas/co_a3_01.pdf.

Massarini, A. "La teoría evolutiva como hilo conductor en la enseñanza de la biología. Su tardía incorporación a la educación básica y media en Argentina". I Reunión de Biología Evolutiva del Cono Sur. A 150 años de la publicación de "El Origen de las Especies" de Charles Darwin. Simposio: Evolución y Educación. 23-25 de Noviembre de 2009. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Medin, D. L., y Wattenmaker, W. D. (1987). Category cohesiveness, theories and cognitive archeology. In U. Neisser (Ed.), Concepts and conceptual development: Ecological and intellectual factors in categorization (pp. 25-62). Cambridge: Cambridge University Press.

Novak, J. 1978. El proceso de aprendizaje y la efectividad de los métodos de enseñanza. Perfiles educativos 1. (U. CISE, Ed.)

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

Paz, V. 2014. Problemas principales que presenta la enseñanza del tema de la evolución del cambio biológico en la educación básica. *Revista electrónica educ@upn.mx*. 54/ 04, 1-12.

Pozo J.I. 1993. Psicología y Didáctica de las ciencias de la naturaleza, ¿concepciones alternativas? *Infancia y aprendizaje*, 62-63, 187-204.

Raul, C. F. 2004. Las explicaciones de los fenómenos biológicos. *Entre maestros*, 3 (8), 16-25.

Reeve, H. K. 1993. Adaption and the goals of evolutionary research. *Biological*. 1-32.

Rice, A. (1999). *Voyages of Discovery* (Natural Museum). London: Scriptum.

Rojas, R. T. 2003. La enseñanza de las ciencias naturales: Reflexiones y debates. *Entre maestros*, 2 (7), 112-123.

Ruiz G. (23 de Enero de 2009). Debe consolidarse en la educación básica la teoría de la evolución. *La Jornada.pais*

(LA JORNADA 15 DE ENERO DE 2009) México debe reforzar la enseñanza de la biología evolutiva: expertos.

Ruíz G, Á. P. 2012. Enseñar y aprender Biología en el siglo XXI. Escritos sobre Biología y su Enseñanza. Monográfico de Evolución. , 5 (9), 80-88.

Ruíz, R. Y. 2002. De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas. Ediciones Científicas Universitarias.

Ruíz, R. y. 1992. Diferencias entre Lamarckismo y Darwinismo en: Darwinismo y Sociedad en México. *Siglo XX Nueva Época* 12, 87-100.

Ruíz, R. y. 1997. La Construcción de conocimiento científico: Una explicación evolucionista. Facultad de Ciencias U.N.A.M.

Salkind, N. 1999. Métodos de investigación. México. Ed. Prentice Hall. 380pp.

S.E.P. (2003a). Cuadernos de discusión 1 Documentos base. Hacia una política integral para la formación y el desarrollo profesional de los maestros en educación básica. México: SEP.

S.E.P. (1999). Plan de Estudios 1999. Documentos básicos. Licenciatura en Educación Secundaria. Programa para la transformación y el fortalecimiento de las Escuelas Normales. México. S.E.P.

S.E.P. (2006). Plan de estudios para la educación secundaria.

S.E.P. (1993). Plan y programas de educación primaria.

S.E.P. (s.f.). Plan y programas de estudio, educación básica, secundaria. (CNLTG, Ed.).

S.E.P. (2003a). Cuadernos de discusión 1 Documentos base. Hacia una política integral para la formación y el desarrollo profesional de los maestros en educación básica. México. SEP.

S.E.P. (2013). Programas de Estudio. Dirección General de Bachillerato. Biología II.

Sánchez, M. 2000. La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México.

Sequeiros, L. 2000. La evolución biológica: Historia y textos de un debate. Cuadernos de historia de la ciencia No. 1 Secretariado de publicaciones. Universidad de Zaragoza. España.

Settlage, J.A. 1996. Investigating the inconsistencies in College student responses to natural selection test questions. The electronic. Of Sci., 1 (1).

Settlage, J.1994. Conceptions of natural selection a sanps shot of the sense making process. *Journal of research in science teaching*. 31(5): 449-457.

Sharmann, L. 1993. Teachin evolution:Designing succesful instruction. . Am.Bio. Teach: 55, 481-486.

Shayer, M. 1974. Conceptual Demands in the Nuffield O-Level Biology Course. *School Science Review*, 56, 195, 381-388.

Shusheim, V. 1991. El mundo de Darwin. En el viajero incomparable. México: Pangea .89pp

Smith, M. 2010b Current Status of Research in teaching and Learning Evolution: II. Pedagogical Issues. *Science and Education*. 19, (4-8), 523-538.

Solís, C. 1994. La ciencia y la revolución cognitiva. *Ciencia 5*. México.

Viscarro, C. 1998. La evaluación como parte del proceso de enseñanza aprendizaje: La evaluación tradicional y sus alternativas. Nuevas tecnologías para el aprendizaje. Editorial: Pirámide. Madrid.

Vosniadou, S. a. 1992. Mental models of the earth; a study of conceptual in chilhood. *Cognitive Psych*.

Zabala, V. 2008. La práctica Educativa: Cómo enseñar. Editorial, Graó. Barcelona.

Zorrilla, M. 2004. Educación Secundaria en México. Al filo de su reforma.
México.

ANEXO 1

CUESTIONARIO APLICADO A LOS ALUMNOS AL INICIO DEL CICLO ESCOLAR EN LA ASIGNATURA VARIABILIDAD Y ADAPTACIÓN DE LOS SERES VIVOS.

ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MÉXICO

LICENCIATURA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA CON ESPECIALIDAD EN
BIOLOGÍA

De las siguientes afirmaciones subraya la respuesta correcta.

1.- La ley del uso y desuso fue propuesta por:

a) Lamarck b) Darwin c) Aristóteles d) Wallace.

2.- Indica cuál de los siguientes factores es una de las causas de variabilidad en una población

a) medio ambiente b) adaptación c) alimentación d) mutación

3.- Cuando en una comunidad hay escasez de alimento los organismos que van a sobrevivir son:

a) los más aptos b) los más fuertes c) los más grandes d) los más evolucionados

4.- Para que opere la selección natural los individuos necesariamente deben presentar alguna de las siguientes características:

a) uniformidad b) variabilidad c) metabolismo d) energía

5.- El Libro llamado El origen de las especies por selección natura fue escrito por:

- a) Malthus b) Lamarck c) Darwin d) Darwin y Wallace

6.- Cuál es el principal mecanismo por el cual Darwin explica la evolución de los organismos:

- a) Variabilidad b) adaptación c) lucha por la existencia d) selección natural

7.- Una debilidad de la Teoría evolutiva Darwiniana fue la carencia de pruebas de tipo:

- a) paleontológicas b) embriológicas c) zoológicas d) genéticas

8.- El primero que habló sobre ancestría común fue:

- a) Lamarck b) Darwin c) Wallace d) Aristóteles

9.- Algunas de las evidencias en las que Darwin se apoyó para la elaboración de su Teoría.

- a) Citológicas e Histológicas b) Histológicas y Bioquímicas c) Paleontológicas y de Flora y Fauna d) Bioquímicas y Paleontológicas

De la siguiente pregunta escoge la opción correcta:

De acuerdo con Darwin las jirafas llegaron a tener el cuello largo porque---
----- ()

- a) El ambiente forzó al cambio. Las jirafas se adaptaron respondiendo a la necesidad de alcanzar su alimento de las ramas altas de los árboles.
- b) El grupo original presentaba variación en la longitud del cuello y se favoreció la existencia de los cuellos largos.
- c) El ancestro original era de cuello corto y progresivamente fue evolucionando haciéndose cada vez más largo. Heredó los cambios a sus descendientes.

d) El uso constante del cuello y patas para estirarse y alcanzar su alimento permitió el cambio adaptativo paulatino en su estructura a través de muchas generaciones.

NOTICIA DEL DIARIO “LA PRENSA”

INSTRUCCIONES:

Contesta el siguiente problema

“En una zona marginada de la Ciudad de México, aproximadamente del 15 al 20% de escolares se infesta de piojos en la temporada de primavera. No se conocen con exactitud las causas de las recientes epidemias, ya que la higiene ha mejorado, pero todo parece indicar que los insecticidas ya no afectan a los piojos” ¿Por qué?

ANEXO 2

Variabilidad y Adaptación de los Seres Vivos

Licenciatura en Educación Secundaria

Especialidad: Biología

Cuarto semestre

**Programa para la Transformación y el Fortalecimiento Académicos de las
Escuelas Normales**

México, 2001

Subsecretaría de Educación Básica y Normal

TEMARIO:

Bloque I. Importancia de la evolución

Tema 1. Darwin y Wallace Tema 2. La teoría sintética de la evolución.

Bloque II. El esquema evolutivo de Darwin

Tema 1. Selección natural: variabilidad, supervivencia y adaptación. Otras teorías sobre el cambio evolutivo.

Bloque III. Métodos para la enseñanza y el aprendizaje del tema de evolución en la escuela secundaria.

Tema 1. Ideas de los alumnos en torno a la evolución biológica. Recursos y materiales para la enseñanza y el aprendizaje de la evolución en el aula.

ESCUELA NORMAL SUPERIOR DE MÉXICO
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA
PLAN DE ESTUDIOS 1999
MAPA CURRICULAR DE LA ESPECIALIDAD EN BIOLÓGÍA

	PRIMER SEMESTRE	H/C	SEGUNDO SEMESTRE	H/C	TERCER SEMESTRE	H/C	CUARTO SEMESTRE	H/C	QUINTO SEMESTRE	H/C	SEXTO SEMESTRE	H/C	SEPTIMO SEMESTRE	H/C	OCTAVO SEMESTRE	H/C
A	Bases filosóficas, legales y organizativas del sistema educativo mexicano	4/7.0	La educación en el desarrollo histórico de México I	4/7.0	La educación en el desarrollo histórico de México II	4/7.0	Seminario de temas selectos de historia de la pedagogía y la educación I	4/7.0	Seminario de temas selectos de historia de la pedagogía y la educación II	4/7.0	Seminario de temas selectos de historia de las ciencias	4/7.0				
	Estrategias para el estudio y la comunicación I	6/10.5	Estrategias para el estudio y la comunicación II	4/7.0	La ciencia de la vida	4/7.0	Organización molecular y celular de la vida	4/7.0	Los seres vivos y su ambiente: Ecología	4/7.0	Continuidad de la vida. Variación y herencia	4/7.0				
	Problemas y políticas de la educación básica	6/10.5	Introducción a la enseñanza de la Biología	4/7.0	Procesos vitales: Biomolécula y funciones de los seres vivos	4/7.0	Biología I. Diversidad de los microorganismos y los hongos	4/7.0	Biología II. Diversidad de las plantas	4/7.0	Biología III. Diversidad de los animales	4/7.0				
			La enseñanza en la escuela secundaria. Cuestiones básicas I	4/7.0	La enseñanza en la escuela secundaria. Cuestiones básicas II	4/7.0	Variabilidad y adaptación de los seres vivos	4/7.0	Procesos cognitivos y cambio conceptual en las ciencias	4/7.0	Educación ambiental y para la salud	4/7.0				
	Propósitos y contenidos de la educación básica I. (Primaria)	4/7.0	Propósitos y contenidos de la educación básica II. (Secundaria)	4/7.0	La expresión oral y escrita en el proceso de enseñanza y de aprendizaje	4/7.0	Planeación de la enseñanza y evaluación del aprendizaje	4/7.0	Opcional I	4/7.0	Opcional II	4/7.0	Taller de diseño de propuestas didácticas y análisis del trabajo docente I	6/10.5	Taller de diseño de propuestas didácticas y análisis del trabajo docente II	6/10.5
Desarrollo de los adolescentes I. Aspectos generales	6/10.5	Desarrollo de los adolescentes II. Crecimiento y sexualidad	6/10.5	Desarrollo de los adolescentes III. Identidad y relaciones sociales	6/10.5	Desarrollo de los adolescentes IV. Procesos cognitivos	6/10.5	Atención educativa a los adolescentes en situaciones de riesgo	6/10.5	Gestión escolar	6/10.5					
B	Escuela y contexto social	6/10.5	Observación del proceso escolar	6/10.5	Observación y práctica docente I	6/10.5	Observación y práctica docente II	6/10.5	Observación y práctica docente III	6/10.5	Observación y práctica docente IV	6/10.5	Trabajo Docente I	10/17.5	Trabajo Docente II	10/17.5
	Horas/semana	32		32		32		32		32		32		16		16

Área de actividad	
A	Actividades principalmente escolarizadas
B	Actividades de acercamiento a la práctica escolar
C	Práctica intensiva en condiciones reales de trabajo

Campos de formación	
	Formación general para educación básica
	Formación común para todas las especialidades de secundaria
	Formación específica por especialidad

ANEXO 3

