



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

FACULTAD DE CIENCIAS
CAMPO DE CONOCIMIENTO: BIOLOGÍA

**Recursos Didácticos para un Aprendizaje Significativo de la Teoría Evolutiva en
el Bachillerato UNAM.**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
**MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR
(BIOLOGÍA)**

PRESENTA:

Biól. Roberto Carlos Tufiño Velázquez.

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: Dr. Rafael Chávez López
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

COMITÉ TUTOR:

M. en C. Juan Francisco Barba Torres
Facultad de Ciencias

Dr. Javier Alonso Trujillo
Facultad de Estudios Superiores Iztacala

CDMX, septiembre del 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

Al igual que Eduardo Galeano, yo también tengo una enorme facilidad para cometer errores, de manera que debo agradecer a todos aquellos que se tomaron un poco de su tiempo para corregirme y guiarme. Entre los tantos profesores a quienes debo agradecer su valiosa colaboración y apoyo, siento la imperiosa necesidad de agradecer, en primer lugar, a mi tutor, el maestro Rafael Chávez López, quien siempre estuvo atento de mis avances, pendiente de mis dudas y cercano a mi persona. Su guía y orientación han sido muy importantes en la elaboración de este trabajo.

Gracias también a los profesores de mi comité tutor, los maestros Javier Alonso Trujillo y el maestro Juan Francisco Barba Torres, cuyas correcciones, opiniones y sugerencias enriquecieron el trabajo. Gracias por todo el tiempo que me dedicaron.

Entre los tantos profesores que fortalecieron e hicieron posible esta tesis, debo agradecer la colaboración de las maestras Silvia Toro Badillo, Hilda Claudia Morales Cortés, Diana Margarita Reyes Armella, Marina Ruíz Boites, Rosa María Velázquez y Eliza Picaso, gracias a quienes fue posible la realización de mi práctica docente.

Agradezco profundamente a la Universidad Nacional Autónoma de México y particularmente al posgrado MADEMS la oportunidad de haber llevado a cabo este trabajo, cuya idea me ha apasionado desde siempre.

Finalmente agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de Maestría mediante la Beca Nacional (Tradicional) 2023-1, clave 2023-000002-01NACF.

Dedicatoria.

Este trabajo está dedicado, sin duda, a mis padres y a mis hermanos, a quienes amo profundamente; también está dedicado a todos los amigos y compañeros que tuvieron la amabilidad de orientar y sugerir mejoras tanto de la planeación como de la ejecución de mi práctica docente.

Con muchos de estos compañeros no coincidí en diversas ideas y opiniones y, aun así, tuvieron la paciencia de leer y opinar sobre mi propuesta didáctica, pero sobre todo tuvieron el coraje de alentarme y el cariño para empujarme a seguir trabajando.

La aparición de nuevas formas de pensar y comunicarse hace entre 70.000 y 30.000 años, constituye la revolución cognitiva. ¿Qué la causó? No estamos seguros. La teoría más ampliamente compartida aduce que mutaciones genéticas accidentales cambiaron las conexiones internas del cerebro de los sapiens, lo que les permitió pensar de maneras sin precedentes y comunicarse utilizando un tipo de lenguaje totalmente nuevo. ¿Por qué tuvo lugar en el ADN de los sapiens y no en el de los neandertales? Fue algo totalmente aleatorio hasta donde podemos decir (Pág. 35)

El mundo no gira alrededor de los humanos ni alrededor de ningún otro grupo concreto de seres (Pág. 72)

Yuval Noah Harari, “De animales a dioses”.

ÍNDICE

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN.	11
MARCO TEÓRICO.	14
Marco de Referencia Disciplinar.	14
Marco de Referencia Psicopedagógico.	17
Didáctica constructivista.	17
Las ideas previas o concepciones alternativas.	19
Las concepciones alternativas sobre la Evolución Biológica.	21
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	23
La evolución en México.	26
JUSTIFICACIÓN.	29
El abordaje pedagógico del problema.	29
PREGUNTA Y OBJETIVOS.	34
Objetivo General	34
Objetivos específicos.	34
METODOLOGÍA.	35
1. Intervención docente y planeación didáctica.	35
2. Tipo de investigación.	37
3. Sitio y población de estudio.	38
4. Análisis de la información	40
A) Análisis Cualitativo.	40
B) Análisis cuantitativo.	43
RESULTADOS.	45
1. Sitios y población de estudio.	45
2. Análisis cualitativo de la información.	47
Ideas previas (Dibujo)	47
Ideas previas (cuestionario).	53
Ejercicios explícito, guiado y autónomo.	57
3. Análisis cuantitativo.	63
Evaluación Diagnóstica y Final.	63

Análisis estadístico.	67
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
Dificultades en la enseñanza de la Evolución Biológica	73
Diagnóstico de la población de estudio.	77
La puesta en marcha de la planeación didáctica.	77
El Análisis Cuantitativo.	81
La didáctica constructivista y el aprendizaje significativo	83
CONCLUSIONES	91
LITERATURA CITADA	95
ANEXOS	97
ANEXO 1. PLANEACIÓN DIDÁCTICA. *	97
ANEXO 2. FORMATO DEL CUESTIONARIO PARA RESCATAR LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES.	112
ANEXO 3. FORMATO DEL CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO Y FINAL APLICADO EN LA INTERVENCIÓN DOCENTE.	116
ANEXO 4. FORMATO DEL EJERCICIO GUIADO Y LISTA DE COTEJO PARA SU EVALUACIÓN.	119
ANEXO 5. FORMATO DEL EJERCICIO AUTÓNOMO.	121

RESUMEN

El nivel educativo medio superior que imparte la Universidad Nacional Autónoma de México corresponde al Bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades y de la Escuela Nacional Preparatoria, ambos sistemas educativos colocan a la teoría evolutiva como el *eje central y unificadora* en la enseñanza de la biología, reconociendo que la formación del pensamiento biológico de los estudiantes de bachillerato debe ser sólida, bien estructurada y fundamentada.

Por otro lado, la evolución biológica es uno de los temas que más polémica, controversia y confusión generan en los jóvenes y en el público en general debido a que existen *ideas o concepciones alternativas* en torno a su enseñanza. Bajo un enfoque constructivista, en el presente trabajo se consideraron las dificultades de los alumnos en el aprendizaje de la evolución, como resultado de las ideas alternativas predominantes y se desarrolló e implementó una secuencia didáctica que tuvo como premisas los conceptos claves de la teoría evolutiva por selección natural (*la variación y su origen, el papel del azar y el pensamiento poblacional*).

La propuesta de estrategia didáctica fue implementada en un grupo de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH) Plantel Sur, en uno de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) Plantel No. 6 y en uno de la ENCCH Plantel Oriente, durante el periodo de febrero del 2022 a marzo del 2023. En las listas de los tres grupos hubo un total de 135 alumnos con asistencia y participación irregular.

Un total de 74 alumnos fueron evaluados al inicio y al final de la intervención docente. Las concepciones alternativas o ideas previas sobre el tema de la evolución biológica que se encontraron en los estudiantes, son esencialmente las mismas que se reportan en la literatura: el pensamiento teleológico, lamarckiano y antropomórfico.

Tanto el análisis cualitativo como cuantitativo de la información revelan que, en general, existe un comportamiento que indica una mejoría en la comprensión del tema, después de la intervención docente. El promedio de las evaluaciones diagnóstica y final para los 74 estudiantes fue de 5.58 y 8.31 respectivamente.

La prueba de Wilcoxon arrojó un *p-valor* <0.001 , por lo que se puede afirmar que, con un margen de error del 5%, las calificaciones de los 74 estudiantes del bachillerato UNAM (ENCCH Sur, ENP No 6 y ENCCH Oriente) que participaron en este estudio, tuvieron un incremento significativo como resultado de la intervención docente.

Aunque la mayoría de los estudiantes afirman que sí cambió su idea sobre cómo ocurre el proceso evolutivo por selección natural, es difícil asegurar si el conocimiento que los alumnos adquirieron implica un verdadero cambio conceptual y un aprendizaje significativo, debido a la naturaleza de estos conceptos. Una tarea muy interesante que podría realizarse en un futuro inmediato o de corto plazo, sería volver a evaluar a los mismos estudiantes y determinar la permanencia del cambio conceptual y del aprendizaje significativo.

ABSTRACT

The High School educational level taught by the National Autonomous University of Mexico corresponds to the Baccalaureate of the College of Sciences and Humanities and the National Preparatory School, both educational systems place evolutionary theory as the central and unifying axis in the teaching of biology, recognizing that the formation of biological thinking of high school students must be solid, well-structured, and substantiated.

On the other hand, biological evolution is one of the topics that generate more controversy and confusion in young students and in the public because there are alternative ideas or conceptions around its teaching. Under a constructivist approach, in the present work the difficulties of the students in the learning of evolution were considered, as a result of the predominant alternative ideas and a didactic sequence was developed and implemented that had as premises the key concepts of the evolutionary theory by natural selection (variation and its origin, the role of random events and population thinking).

The didactic strategy proposal was implemented in a group of the National School College of Sciences and Humanities (ENCCH) Plantel Sur, in one of the National Preparatory School (ENP) Plantel No. 6 and in one of the ENCCH Plantel Oriente, during the period from February 2022 to March 2023. In the lists of the three groups there were a total of 135 students with irregular attendance and participation.

A total of 74 students were evaluated at the beginning and end of the teaching intervention. The alternative conceptions or previous ideas on the subject of biological evolution that were found in the students are essentially the same as those reported in the literature: teleological, Lamarckian and anthropomorphic thinking.

Both the qualitative and quantitative analysis of the information reveal that, in general, there is a behavior that indicates an improvement in the understanding of the subject, after the teaching intervention. The average diagnostic and final evaluations for the 74 students were 5.58 and 8.31 respectively.

The Wilcoxon test yielded a p-value <0.001 , so it can be affirmed that, with a margin of error of 5%, the grades of the 74 students of the UNAM baccalaureate (ENCCH South, ENP No 6 and ENCCH East) who participated in this study, had a significant increase as an outcome of the teaching intervention.

Although most students claim that they did change their idea about how the evolutionary process occurs by natural selection, it is difficult to be sure whether the knowledge that students acquired implies a true conceptual change and meaningful learning, due to the nature of these concepts. A very interesting task that could be done in the immediate or short-term future would be to re-evaluate the same students and determine the permanence of conceptual change and meaningful learning.

Recursos didácticos para un aprendizaje significativo de la teoría evolutiva en el Bachillerato UNAM.

INTRODUCCIÓN.

La evolución biológica es uno de los temas que más polémica, controversia y confusión generan en los jóvenes y en el público en general. Esto se debe a las fuertes implicaciones que tuvo la teoría de la evolución en su tiempo, y que actualmente perduran. Se considera que la teoría evolutiva es una de las tres grandes revoluciones científicas que han cambiado el pensamiento de la humanidad, las otras dos son la revolución copernicana y la revolución freudiana.

Se puede decir que la relevancia de la teoría de la evolución se debe a este cambio revolucionario que generó para observar, comprender e interpretar a la naturaleza y a las especies vivas y extintas desde una manera diferente al antropocentrismo característico de la visión judeo-cristiana, pues, a diferencia de las implicaciones antropocéntricas, el enfoque evolutivo dio un giro de 180 grados y permitió observar un cambio evidente en la forma en la que explicamos el origen de toda la diversidad de seres vivos que conocemos, y donde el humano, es un resultado más de este proceso. Como argumenta Dupré (2018) la importancia de la evolución radica en que ésta tiene consecuencias sobre la visión de nosotros mismos y de nuestro lugar en el universo.

En este sentido, se considera que la enseñanza de la evolución puede proveer a los estudiantes de argumentos fundamentados en el razonamiento científico que les permita ampliar las representaciones que tienen sobre el entorno. Esto implica que los jóvenes comprendan que diversos fenómenos tienen una explicación natural compleja de causa -efecto, y que, por lo tanto, los procesos biológicos no pueden interpretarse únicamente a partir de explicaciones metafísicas basadas en ideas o creencias que colocan al humano como el centro del universo y propósito final de la creación. Igualmente, el argumento evolutivo puede permitir que los jóvenes cuestionen la visión antropocéntrica y, por consiguiente, proponer bajo una postura

responsable, soluciones a diversos problemas actuales como, la contaminación, el calentamiento global, la explotación sin medida de otras especies y recursos naturales, la discriminación racial entre otros. Por ejemplo, los estudiantes podrían elaborar un argumento evolutivo sólido acerca de las explicaciones “científicas” que defienden la discriminación racial, como aquellas que argumentan la aparición de “desequilibrios genéticos” cuando se mezclan las razas, o bien las que argumentan diferencias raciales en los índices de delincuencia, la inteligencia o la prevalencia de ciertas enfermedades (Tucker, 2013).

En relación con esta postura, Piñero (2009) argumenta que en México la biología debe continuar con los esfuerzos por incorporar los principios evolutivos a su investigación, docencia y labor de divulgación, porque sólo cuando se haya completado “la revolución darwiniana”, es decir, cuando se haya logrado romper con el concepto antropocéntrico del universo, “podremos darnos cuenta de la importancia de sus aplicaciones en la vida diaria”.

Por tanto, no es de sorprender que la evolución biológica sea uno de los temas de la biología que generan mayor confusión en los jóvenes y polémica en el ámbito social. En la educación media superior la enseñanza de este tema ha representado un reto para quienes estructuran el plan de estudio en biología y para los docentes. A través de las generaciones la mayoría de los docentes se han enfrentado a ideas e influencias mediáticas que obstaculizan la comprensión de conceptos evolutivos (Tapia, 2019).

Diversas investigaciones han revelado que existen dificultades en torno a la enseñanza de la teoría de la evolución a nivel medio y medio superior (Jiménez, 2009). Buena parte de esas fallas conceptuales se deben a las *ideas alternativas* de los estudiantes que obstaculizan el aprendizaje, y a deficiencias en la preparación de la temática por parte de los profesores, aunado a su visión sobre la evolución. Si bien, es cierto que es de gran importancia conocer a fondo la visión de los profesores y su repercusión en el aula, *en el presente trabajo únicamente se considerará las*

dificultades de los alumnos en el aprendizaje de la evolución, a raíz de las ideas alternativas predominantes.

En un contexto constructivista, considerando la recuperación de las ideas previas de los estudiantes y su puesta en escena, se considera que sólo a través de la explicitación de las representaciones (Carretero, 1997; Coll *et al.* citado por Linares, 2011) el nuevo conocimiento puede ser incorporado y preservado en el sistema cognitivo. Posteriormente, el nuevo conocimiento encarnado será útil para representar e interpretar el mundo desde una perspectiva diferente a la anterior. De este modo, promover la reestructuración de las representaciones de los alumnos sobre la evolución de los seres vivos, no implica negar o atacar directamente sus creencias o ideas sino proporcionar herramientas que ayuden a ampliar sus capacidades cognitivas y representacionales. Con base en lo anterior, puede considerarse al problema de la enseñanza de la evolución, más que de complejidad conceptual, es un problema de estrategia didáctica (Guillén, 1995). Para ello es pertinente instrumentar estrategias para desarrollar un aprendizaje significativo en los estudiantes de bachillerato sobre el proceso de la evolución biológica por el mecanismo de selección natural y tomando los conceptos centrales de la *variación (y su origen), el pensamiento poblacional y el papel del azar* (Guillén, 1995; Mayr, 2000; Arteaga y Tapia, 2009; Jiménez, 2009; McInerney, 2009).

MARCO TEÓRICO.

Marco de Referencia Disciplinar.

Desde la Edad Media y casi hasta los tiempos de Darwin, se creía que el mundo era constante y que existía desde hacía poco tiempo. Esta visión cristiana del mundo se comenzó a debilitar con los hallazgos de algunos otros campos como la física; por ejemplo, uno de los más importantes fue la revolución copernicana, que sacó a la Tierra y sus habitantes humanos del centro del universo, demostrando que, de paso, no se debía interpretar al pie de la letra todo lo que dice la Biblia (Bueno, 1990). Otro hallazgo vino desde la geología que reveló la gran edad de la Tierra y un hallazgo más fue el descubrimiento de fósiles de animales extintos, que refutaron la idea de que la vida sobre la Tierra no había cambiado desde la Creación.

En el *Origen*, Darwin presentó gran cantidad de evidencias en apoyo a la teoría de que los seres vivos evolucionan con el tiempo y, en las décadas siguientes, los biólogos buscaron y encontraron abundantes evidencias a favor de que, efectivamente, se ha producido una evolución. 162 años después de la publicación de la Teoría Evolutiva, esta evidencia es tan abrumadora que ningún biólogo habla ya de la evolución como una “teoría” (en el sentido coloquial), sino que la consideran un “hecho” tan bien demostrado como que la Tierra gira alrededor del Sol, y que es redonda y no plana. No ocurre lo mismo con el común de la gente y con los estudiantes de nivel medio superior, que aún no consolidan un verdadero pensamiento científico. La mayoría de las personas le atribuye a la palabra “teoría” el significado de algo “aún no comprobado”, un “hecho imperfecto” (Gould, 1981). En su ensayo *“La evolución como un hecho y una teoría”*, el paleontólogo norteamericano, Stephen Jay Gould (1981), debate este malentendido sobre el uso de la palabra teoría que, principalmente los “creacionistas” han intentado utilizar para desacreditar el hecho de la evolución. La evolución es una teoría (científica) y también un hecho. Sin embargo, esta confusión en el uso de la palabra teoría, también puede ser un obstáculo para que los alumnos de bachillerato consoliden la comprensión de este tema. El propósito de este trabajo no es abordar este obstáculo

epistemológico, ya que, llegados a este punto, la formación de los estudiantes de nivel medio superior, ya abordaron, en la misma materia de Biología, así como en Química y Física, la naturaleza de la actividad científica. No obstante, se debe tener presente esta problemática.

En la actualidad, y a pesar de que se discuten algunos aspectos de la teoría evolutiva, prácticamente todos los biólogos aceptan que el principal mecanismo responsable del cambio evolutivo es el proceso de *Selección Natural* que propusieron Darwin (1859) y Wallace (1858); la comprensión de este mecanismo evolutivo es el principal objetivo de esta tesis, en el sentido de que es el mecanismo propuesto para explicar el origen de toda la diversidad biológica del planeta. En opinión de Mayr (2000), y en acuerdo con él, la mejor forma de visualizar el mecanismo de la Selección Natural es como un fenómeno en dos partes: *la variación y la selección propiamente dicha*.

En la primera parte, la variación genética se produce en cada generación de organismos por la recombinación genética, el flujo génico, factores aleatorios y las mutaciones. Vale la pena resaltar que en el proceso de recombinación genética (que ocurre durante la meiosis), lo mismo que durante las mutaciones, *el azar es la fuerza suprema* (Mayr, 2000).

La segunda parte del proceso de la selección natural es la selección propiamente dicha y consiste en la supervivencia y reproducción diferencial de los individuos. En caso todas las especies de organismos, de cada generación solo sobrevive un pequeño porcentaje de individuos; y ciertos individuos, debido a su constitución genética, tienen más posibilidades que otros de sobrevivir y reproducirse en *las circunstancias imperantes en ese momento en particular*. En otras palabras, ciertos genotipos se ven favorecidos entre la enorme variabilidad de la descendencia (Mayr, 2000).

Además del poder explicativo que tiene la teoría evolutiva, su grandeza radica en que Darwin (y Wallace) la elaboró sin tener pruebas de la existencia de la Selección

Natural. La teoría de Darwin se base en *cinco hechos y tres inferencias*. Los tres primeros hechos son: **1.** La posibilidad de crecimiento exponencial de las poblaciones, **2.** La estabilidad observada de dichas poblaciones y **3.** La limitación de los recursos; de esto se infirió que: **A.** debía existir una competencia (lucha por la existencia) entre los individuos. Los siguientes hechos son: **4.** Cada individuo tiene una constitución genética única y **5.** Los individuos heredan gran parte de su variación individual. Estos hechos conducen a la segunda inferencia: **B.** La sobrevivencia diferencial (es decir, la Selección Natural). La tercer y última inferencia es: **C.** la continuación de este proceso a lo largo de muchas generaciones da como resultado la evolución (Mayr, 2000).

Para explicar y comprender el proceso de Evolución por Selección Natural, anteriormente descrito, se debe considerar que los conceptos claves son: *la variación biológica (y su origen), el pensamiento poblacional y el papel del azar*; esto dará pie a la comprensión sobre el origen a la diversidad biológica actual.

La importancia de que la Teoría de la Evolución Biológica por Selección Natural sea bien comprendida por los estudiantes del nivel medio superior, radica, entre otras cosas, en que es el elemento integrador de la Biología. Tal como dijo Dobzhansky (1973) *“Nothing in Biology Makes Sense Except in the Light of Evolution”*. La evolución es una disciplina unificadora de todas las ramas de la Biología y también incide de manera importante en otras áreas como la medicina, la veterinaria, la psicología, etc. Su comprensión plena proporcionará a los estudiantes y al público en general, herramientas poderosas para argumentar, discutir y comprender el mundo vivo.

Marco de Referencia Psicopedagógico.

Didáctica constructivista.

El término constructivismo se empezó a utilizar en los años ochenta del siglo pasado con autores como Resnick (1996) que lo usaron para fundamentar sus concepciones sobre cómo aprendemos y conocemos, y dejar de lado el concepto de procesamiento de información (Hernández, 2006 *en* Linares, 2011).

Linares (*op. cit*) señala que diferentes autores (Baquero, 1998; Carretero, 2001; Cubero, 2005) coinciden en que el constructivismo es producto de los principios extraídos desde Ausubel, pasando por Piaget y Vigotsky, la psicología genética, así como de la reforma curricular establecida en España en 1989 y de los trabajos de Coll en 1985–1989 (Oaxaca, 2011); todos estos autores y trabajos comparten la noción de que el conocimiento no es copia de la realidad, enfatizan la existencia de un conjunto de ideas previas en los aprendices y reconocen que los estudiantes tienen una participación activa en la elaboración del conocimiento.

Lo fundamental de este enfoque es que el individuo hace una construcción propia, que se produce como resultado de la interacción de su interior con el medio ambiente, y su conocimiento no es copia sino una construcción que hace el mismo, esto significa que el aprendizaje no es un asunto sencillo de transmisión, internalización y acumulación de conocimientos, sino un proceso activo de parte del alumno de construir conocimientos desde la experiencia y la información que recibe (Oaxaca, 2011).

El aprendizaje constructivista requiere que los alumnos manipulen activamente la información que va a ser aprendida, pensando y actuando sobre ella para revisarla, analizarla y asimilarla. En este enfoque el alumno analiza la información y construye estructuras a través de la interacción de los procesos de aprendizaje con su medio. Por lo tanto, los docentes, los psicopedagogos, los diseñadores de currículos y de materiales educativos deben de trabajar para estimular el desarrollo de estas estructuras (Oaxaca, 2011).

Bajo el enfoque constructivista, el conocimiento que se construye en cualquier situación de aprendizaje debe estar estructurado no sólo en sí mismo, sino con respecto al conocimiento que ya posee el alumno. Por tanto, la organización y secuenciación de contenidos docentes debe tener en cuenta los *conocimientos previos* del alumno. En este sentido la principal aportación de Ausubel (1976) ha consistido en la concepción de que el aprendizaje debe ser una actividad significativa (*aprendizaje significativo*) para la persona que aprende y dicha significatividad está directamente relacionada con la existencia de *relaciones entre el conocimiento nuevo y el que ya posee el alumno*, quien estructura el nuevo conocimiento formando un todo relacionado. Esto sólo será posible si el estudiante utiliza los conocimientos que ya posee, aunque éstos no sean totalmente correctos. Por tanto, resulta fundamental para el profesor no sólo conocer las representaciones que poseen los alumnos sobre lo que se les va a enseñar, sino también analizar el proceso de interacción entre el conocimiento nuevo y el que ya poseen (Carretero, 1997).

Basados en el *enfoque constructivista* y con la finalidad de que los estudiantes comprendan este tema, es necesario que estén preparados en la búsqueda de contenidos y que desarrollen habilidades, actitudes y valores en un proceso donde el profesor deberá guiarlos para que diseñen, lleven a cabo y comuniquen los resultados de sus diversas actividades.

Para esto, la formulación de problemas y preguntas tiene la función de iniciar el proceso de indagación por parte de los alumnos. Los problemas planteados deben, idealmente, definirse a partir de una experiencia cercana a la vida cotidiana, de un hecho novedoso que contradiga sus ideas y represente un reto, de manera que exija la búsqueda de respuestas, bajo la supervisión del profesor, quien a lo largo de las actividades reforzará, cuestionará y comentará las conclusiones que obtengan, y resaltarán la importancia de la comunicación y el diálogo en el proceso de resolución de problemas, lo que involucra el manejo de conceptos, principios y habilidades para buscar respuestas.

De esta forma se promoverá el *aprendizaje significativo* a través de preguntas, respuestas, contrastación de explicaciones y nuevas preguntas, lo que, basado en la búsqueda, la reflexión y el análisis de la información obtenida, contribuirá al logro de los aprendizajes (López, 2018).

Las ideas previas o concepciones alternativas.

Uno de los grandes problemas a los que se enfrenta la enseñanza de las ciencias es la existencia en los estudiantes de fuertes concepciones alternativas a los conceptos científicos y que resultan muy difíciles de modificar y, en algunos casos, sobreviven a largos años de instrucción científica (Bello, 2004). Para el constructivismo es un imperativo que el profesor rescate información sobre lo que los alumnos saben antes de iniciar un tema. Los estudiantes con frecuencia tienen sus propios puntos de vista y explicaciones sobre diversos fenómenos del mundo que nos rodea. De hecho, Trinidad-Velasco y Garritz (2003) mencionan que Osborne y Bell (1983) hacen una distinción entre lo que llaman *ciencia de los estudiantes* y *ciencia de los científicos*. La ciencia de los estudiantes son precisamente sus ideas o puntos de vista acerca del mundo, así como los significados de las palabras que se adquieren antes de que se reciba una enseñanza formal de la ciencia.

Podemos decir entonces que para el constructivismo es muy importante no ignorar la ciencia del estudiante. En lugar de pensar que los estudiantes no tienen conocimiento de los temas (llegan con la mente en blanco para ser llenada) o bien que sus puntos de vista carecen de significación y pueden ser reemplazados fácilmente, se debe adoptar una postura que reconozca que sus ideas son suficientemente fuertes para permanecer y, más importante aún, que tendrán una interacción con la enseñanza de la ciencia. En otras palabras, la enseñanza de la ciencia debe considerar la reestructuración de las ideas previas del estudiante (Trinidad-Velasco y Garritz (2003).

A este conocimiento con el cual los alumnos interpretan y explican los hechos y fenómenos naturales, se les ha asignado una gran variedad de términos, tales como: nociones, ideas previas, concepciones o creencias de los alumnos, conceptos

erróneos, fallos de comprensión, errores conceptuales, preconcepciones, ciencia de los niños, creencias ingenuas, ideas erróneas, teorías culturales, modelos personales de la realidad, etc. (Trinidad-Velasco y Garritz (2003).

El término “concepciones alternativas” ha sido adoptado por la mayoría de los autores, debido a que no solo se refiere a las explicaciones construidas por los estudiantes, basadas en su experiencia, sino que también expresa respeto al estudiante, ya que implica que las concepciones alternativas son contextualmente válidas y racionales. Además, el término *concepción* es neutral e indica cómo el sujeto construye una representación mental del mundo que le permite entender el entorno y actuar de forma apropiada. Por último, es un término que indica que se puede transitar hacia concepciones más fructíferas, por ejemplo, las concepciones científicas (Trinidad-Velasco y Garritz (2003).

De hecho, Silvia Bello (2004) explica que desde los años 80's del siglo pasado, los investigadores en educación se refieren a la transformación de las ideas previas de los estudiantes hacia concepciones científicas como un *cambio conceptual* y señala que hay un acuerdo general entre los investigadores en la necesidad de esta transformación. Lo más radical sería pensar en un modelo de cambio conceptual en el cual las ideas previas de los estudiantes son totalmente sustituidas por los conceptos científicos, en el otro extremo tendríamos un modelo en el que se considera la coexistencia dual o múltiple de las concepciones del estudiante con el conocimiento científico.

La interrogante que emerge de manera muy clara es ¿cómo transformar las ideas previas de los estudiantes en concepciones científicas? Muchos docentes adoptaron el modelo del *conflicto cognitivo* para llevar a cabo esta transformación, sin embargo, está documentado que las experiencias en el aula no siempre conducían al cambio conceptual (Bello, 2004), atribuyendo, entre otras cosas, el fracaso de este modelo al hecho de que con frecuencia existe un fuerte vínculo emocional con las explicaciones del mundo y la confrontación con otra explicación opuesta provoca más emoción que análisis racional.

Mortimer (1995 citado por Bello, 2004) fue uno de los primeros que planteó la necesidad de reconocer que el cambio conceptual es un proceso complejo, de larga duración, no lineal y como meta en la educación, muy difícil de alcanzar.

Las concepciones alternativas sobre la Evolución Biológica.

En la literatura existe una gran cantidad de trabajos que analizan las concepciones alternativas o ideas previas que tienen los estudiantes de nivel medio superior (y superior) sobre el tema de la Evolución Biológica (Jiménez, 1991; Sánchez, 2000; Grau y de Manuel, 2002; González-Galli y Meinardi, 2015 Rosas, 2012; Marrero-Delgado, 2016; González-Galli y Meinardi, 2017; López, 2019)

Sánchez (2000) resume estas ideas previas de la siguiente manera:

- Las explicaciones teleológicas, lamarckianas y antropomórficas
- El problema en la comprensión del concepto de variación genética y su origen
- La dificultad en diferenciar los niveles de individuo, población y de especie
- La idea de que la evolución ocurre en todos los miembros de una población
- La idea de adaptación como sinónimo de aclimatación
- Creer que el ambiente es el responsable directo de los cambios en los organismos
- La interpretación errónea del término “lucha por la existencia”
- El uso inadecuado del concepto “necesidad” para indicar un cambio en los caracteres como proceso adaptativo
- La suposición de que la naturaleza NO cambia al azar (la idea de cambio dirigido)

Grau y de Manuel (2002) presentan un listado de las influencias que contribuyen a generar estas concepciones alternativas:

- Utilización de reglas simplificadoras: pensamiento causal simple (ideas lamarckistas, adquisición de nuevas características por medio del uso y el desuso)

- Empirismo: credibilidad de un hecho según nuestra experiencia; asumir que una modificación adquirida se puede transmitir a la descendencia.
- Visión teleológica: intención de mejora o supervivencia.
- Pensamiento antropocéntrico: respuesta consciente del organismo a los cambios ambientales, que provoca una modificación del comportamiento o un cambio anatómico o morfológico.
- Manifestaciones culturales: distorsiones de términos como “mutación”, que suele relacionarse con “mutante, extraño, deforme”. O que la Selección Natural consiste en supervivencia del más fuerte; que el chimpancé es un antepasado de los humanos; que procedemos de los monos.
- Considerar a la evolución biológica como una teoría y no como un hecho.
- La concepción de que la especie humana se encuentra en la cúspide la evolución. La inteligencia humana es la cumbre del proceso evolutivo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En México, durante la formación en ciencias de un estudiante, el tema de la Evolución aparece en diferentes momentos en el currículo. En la educación secundaria, durante la materia de Ciencias, Biología (primer año), el tema se restringe al *Bloque I La Biodiversidad: resultado de la evolución*, abordado en el subtema: *“Importancia de las aportaciones de Darwin”*. En la educación secundaria, la SEP (2021) únicamente señala un propósito y dos aprendizajes esperados relacionados con la evolución en la formación de los estudiantes.

Los estudiantes que terminan la secundaria, inician el bachillerato sin los conocimientos necesarios para entender el lugar del hombre en la naturaleza y su historia evolutiva, con pocos o nulos fundamentos sobre evolución (Torrens y Barahona, 2017 en Cruz, 2021), de hecho, después de cursar el primer año de secundaria, no vuelven a retomar el tema de la evolución hasta tres años después, cuando cursan el tercer semestre o segundo año del bachillerato en donde se incluye la materia de Biología.

En los programas de Biología I y II de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (ENCCH o simplemente CCH) (nivel medio superior), *la evolución es considerada como fundamental* para estructurar los contenidos disciplinarios y como *un eje* para construir el conocimiento en biología y se propone desarrollar el pensamiento evolutivo de manera que el estudiante tenga un panorama de la vida en el planeta y pueda comprender la naturaleza y el proceder de la vida (ENCCH-UNAM, 2016).

Las materias de Biología I y II, se imparten en el CCH, en tercer y cuarto semestre, respectivamente. Los alumnos interesados en las licenciaturas afines al área de las matemáticas y de las ciencias experimentales, deben conformar su esquema de materias de quinto y sexto semestre con asignaturas de las opciones primera y segunda pero no necesariamente deben seleccionar la materia de Biología III y IV.

De esta manera, se estima que el número de estudiantes que continúan con su formación biológica terminal es muy reducido.

El CCH imparte el tema de evolución en la *Unidad I* de los contenidos temáticos de Biología II (Tabla 1), titulándola “¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?” y tiene el propósito de que los alumnos “identifiquen a la evolución como el proceso por el que los sistemas biológicos cambian en el tiempo y cuyo resultado es la diversidad biológica” (ENCCH-UNAM, 2016).

Por otra parte, la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) imparte el tema de Evolución en la materia de Biología IV en el quinto año de su bachillerato, o segundo año de la preparatoria (Tabla 2). El plan de estudios 1996 de la materia de Biología IV ubica el tema de evolución en la Unidad II, titulada *Pérdida de la biodiversidad, una problemática en México y el mundo*. El contenido conceptual 2.4 indica que se aborda “La evolución como generadora de la biodiversidad” y que se estudiarán los “mecanismos de la evolución: selección natural, deriva génica, mutación y migración, así como los “procesos de especiación: alopátrica y simpátrica”. Por último, dentro de los contenidos actitudinales, el 2.16 indica que se espera que el alumno “valore el papel de los procesos evolutivos en el origen de la biodiversidad”. El programa de la materia considera que los ejes conductores de esta disciplina son la biología celular, la genética, la ecología y *la evolución*; de esta manera se asume una concepción amplia de la biología, contribuyendo a desarrollar una cultura científica sólida en el perfil de egreso de los estudiantes.

Tabla 1. Contenidos temáticos de Biología II (Cuarto semestre) en el plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM (ENCCH-UNAM, 2016).

Unidad	Nombre de la Unidad	Horas
I	<i>¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?</i>	40
II	<i>¿Cómo interactúan los sistemas vivos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?</i>	40

Tabla 2. Contenidos temáticos de Biología IV (Quinto año) en el plan de estudios de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP, 1996)

Unidad	Nombre de la Unidad
I	Los seres vivos y el cambio climático.
II	<i>Pérdida de la biodiversidad, una problemática en México y el mundo.</i>
III	La investigación biológica y sus aportaciones para la comprensión de alteraciones en los procesos celulares.

Por un lado, se reconoce que la formación del pensamiento biológico de los estudiantes de bachillerato debe ser sólida, bien estructurada y fundamentada, con un buen nivel de comprensión y la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades y la Escuela Nacional Preparatoria reconocen esta importancia al colocar la teoría evolutiva como *eje central y unificadora* en la enseñanza de la biología. Sin embargo, numerosos estudios (Cruz, 2021; González-Galli, 2011; González-Galli y Meinardi, 2017; Guillén, 1995; Jiménez, 2009; Sánchez, 2000) han resaltado la presencia de fuertes “ideas previas” o “concepciones alternativas” que tienen los estudiantes y que imposibilitan la comprensión de la teoría evolutiva. Dichas ideas ya han sido mencionadas en páginas anteriores.

Recurrentemente, diversas encuestas en todo el mundo (p. e. INEGI, 2013; Miller, Scott y Okamoto. 2006; Ruvalcaba, 2017) han dejado de manifiesto una

comprensión muy pobre de la teoría evolutiva o bien, un rechazo abierto al pensamiento evolutivo en contraste con las ideas creacionistas. En Estados Unidos no es sorprendente que, desde 1983, las encuestas, consistentemente, muestran que solo un pequeño porcentaje de estadounidenses tiene una visión secular del mundo, en comparación con el 40% de la población que cree en el creacionismo bíblico estricto (Lazcano, 2005; Miller, Scott y Okamoto, 2006; Brooks, 2007; Brennan, 2019).

La evolución en México.

Aunque somos un país sumamente religioso y “guadalupano”, la verdad es que en México el debate creacionista no ha tomado las dimensiones de nuestro país vecino del norte. En los planteles de educación básica y educación media superior nunca ha habido una introducción clara de las ideas religiosas. No obstante, ha habido algunos eventos locales, sin fuerza, como el que se suscitó en el 2009, cuando la Secretaría de Educación Pública mutiló la parte correspondiente a la teoría de la evolución en sus libros de texto para la materia de ciencias naturales de primaria. En esa mutilación, el evolucionismo tiene un abordaje confuso, erróneo e incompleto, por decir lo menos (Rubio, 2009).

Podemos echar un vistazo a los resultados de algunas encuestas ENPECYT (Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología) que cada año lleva a cabo el Conacyt y aplica el Inegi en nuestro país. Estas encuestas han reflejado que la percepción social de la ciencia y de la naturaleza del conocimiento científico en la sociedad mexicana es muy pobre (Ruíz *et al.*, 2012). En la ENPECYT 2009 (publicada en 2010) se pueden encontrar los siguientes datos: 83.6% confía más en la fe que en la ciencia, 57.5% cree que los científicos tienen un poder que los hace peligrosos, 38.6% cree que la Astrología es una ciencia y 34% cree que la Teología es una ciencia (Conacyt, 2010).

Por otro lado, algunos datos de la ENPECYT 2015 citados por Ruvalcaba (2017) indican lo siguiente: 49% califica como peligrosos a los científicos, 37.46% piensa que algunas personas poseen poderes psíquicos, 32.57% cree en los números de la

suerte, 41.25% atribuye los ovnis a civilizaciones extraterrestres, 52.35% considera que el ser humano produce toda la radioactividad y 45.56% cree que los primeros seres humanos convivieron con los dinosaurios; por último la ENPECYT (2011) publicada en 2013 (Inegi, 2013) afirma que 59.6% de las personas confía demasiado en la fe y muy poco en la ciencia, 38.8% piensan que la evolución y la presencia de un ser supremo están relacionadas, 33.8% opinan que todas las especies de seres vivos fueron creados por un ser supremo y solo 23.12% cree que todo ser vivo ha evolucionado mediante selección natural.

Entre los múltiples problemas que se presentan en la enseñanza y comprensión de la evolución en México, encontramos concepciones y/o creencias muy arraigadas, cuya carga ideológica está muy presente y que son muy difíciles de erradicar. Como primera instancia tenemos la idea de considerar a la evolución como una teoría y no como un hecho. En general, se suele tener la comprensión de que la teoría evolutiva aún no está comprobada (véase la portada de *Nature*, 2005) y es solamente eso, una teoría y no un cuerpo de conocimientos que consiste en una serie de postulados que conducen a la explicación de un hecho contundente (López, 2019). Es importante que los estudiantes comprendan en qué consiste el método científico para entender que el término teoría utilizado coloquialmente no corresponde con el utilizado en ciencia (teoría científica) (Lombrozo, Thanukos y Weisberg, 2008; Gould, 1981). Aunque, por supuesto, considerar la evolución una teoría científica no implica que no pueda ser cuestionada.

En segunda instancia, es muy común que los estudiantes (y el público en general) vean al humano como la cúspide de la evolución y, en este sentido, se piensa que la evolución tiene una dirección, una tendencia y una consciencia hacia “la perfección”, razón por la cual, la inteligencia humana sería la cumbre del proceso evolutivo (López, 2019). En promedio, un estudiante del nivel medio superior suele creer que los seres vivos pueden responder conscientemente a un cambio ambiental y desarrollar un cambio anatómico, morfológico o fisiológico para hacerle frente. Podríamos resumir estas ideas de la siguiente manera:

En la materia de Biología, con relación al tema de evolución, los alumnos piensan que la evolución es un proceso basado en la necesidad, que es progresiva, una emergencia de una forma subdesarrollada, que implica un esfuerzo orientado hacia formas superiores, que actúa en individuos, no en poblaciones, que la aptitud evolutiva se refiere a la salud, la fuerza o la inteligencia de un organismo, que la evolución propone que el ser humano viene del chimpancé, que los seres vivos pueden responder conscientemente a un cambio ambiental, que los seres vivos pueden desarrollar un cambio anatómico, morfológico o fisiológico para hacerle frente a una necesidad, ubican a la humanidad como la cúspide de la evolución, que la inteligencia humana sería la cumbre del proceso evolutivo y que la evolución tiene una dirección, una tendencia y una consciencia hacia la perfección (Smith, 2010).

Así, entre otras dificultades, además de las previamente descritas, un alumno de bachillerato se encuentra ante ellas como los principales obstáculos que le imposibilitan tener una plena comprensión de la Evolución Biológica. Por tal motivo, es importante, en primer lugar, explorar el origen de esas ideas que obstaculizan el aprendizaje, analizarlas, cuestionarlas y, posteriormente, implementar estrategias didácticas y materiales que sumen una comprensión plena de los mecanismos básicos que rigen el proceso evolutivo de los seres vivos. De lo contrario, se corre el riesgo de formar estudiantes que continúen perpetuando ideas equivocadas, contribuyendo a tener profesionales de las ciencias químico-biológicas, y una sociedad en general, débilmente formada en términos de ciencia básica.

JUSTIFICACIÓN.

En primer lugar, se reconoce que la teoría de la evolución biológica es el pilar que sostiene la estructura de toda la Biología. La evolución biológica unifica a todas las ramas de la biología y, además, tiene importantes implicaciones para áreas disciplinares más allá de la biología como la medicina, la psicología, la agronomía, la veterinaria, etc. (González-Galli y Meinardi, 2017). Más allá de que el conocimiento evolutivo proporcione cierto bagaje cultural, una parte sustancial de su importancia, radica en que proporciona a los estudiantes y público en general una cierta capacidad para interpretar, comprender y proponer soluciones a diversos fenómenos como la resistencia bacteriana a los antibióticos, la actual diversidad humana, las variedades entre las especies domésticas o de interés comercial, problemáticas como la eugenesia, el darwinismo social, el racismo, etc. (Ruíz *et al.* 2012; Equihua y Hernández, s/f).

Es cierto que, según la “*Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico*” (Unesco, 1999), el pensamiento evolutivo forma uno de los saberes fundamentales que toda persona tiene derecho de conocer, pero además de eso, provee a los estudiantes de argumentos fundamentados en el razonamiento científico para explicarse fenómenos del entorno (Tapia, 2019).

El abordaje pedagógico del problema.

La problemática fundamental del aprendizaje de la teoría evolutiva ha sido abordada por diversos estudios desde hace varias décadas. A continuación, se presenta un breve resumen de algunos de los trabajos recientes que se consideran importantes al respecto.

La tesis de Rosas (2012), “Análisis de los conceptos erróneos en la enseñanza de la teoría de la evolución a nivel de enseñanza media superior” tuvo el objetivo de: “Analizar los conceptos erróneos que los alumnos del nivel medio superior tienen

sobre el tema de evolución en el bachillerato y su persistencia después del proceso de enseñanza-aprendizaje.” Este estudio se llevó a cabo con más de 200 alumnos del bachillerato UNAM (CCH y ENP). Encontró en los alumnos encuestados que es notorio que consideren a la evolución como un cambio dirigido o como un proceso que tiene una finalidad (¿Qué es evolución?: *“es un proceso por el que deben pasar todos los seres vivos como en nuestro caso”*; *“es para ser mejor”*; *“son cambios a beneficio”*; *“son para mejorar algunas habilidades”*); también se reporta que hay un desconocimiento total del tema (¿Cuál es el mecanismo de evolución?: *“necesidad de cambiar”*; *“sus necesidades de evolución”*); la autora menciona que los alumnos tienen una visión antropocéntrica y algunos de ellos incluso manifestaron que el creacionismo (o una creencia religiosa) es una alternativa a la evolución biológica.

Incluso después de haber estudiado el tema de evolución en la materia de Biología, Rosas (2012) señala que los alumnos continúan viendo a la evolución como un proceso que tiene un propósito y con una visión antropocéntrica. Los alumnos siguen manifestando que hay una “necesidad” en los seres vivos y que “responden” para adaptarse. Incluso algunos alumnos siguen viendo al creacionismo como una alternativa a la evolución biológica.

En general, después de abordar el tema de evolución en la materia, los alumnos utilizan términos como adaptación, mutación, genética, entre otros, pero siguen viendo a la evolución en términos de un proceso finalista y antropocéntrico, o bien siguen teniendo ideas lamarckianas en términos de que existe una necesidad.

Por otro lado, tomando como base los problemas conceptuales sobre evolución biológica y los “conceptos erróneos” que tienen los estudiantes de todos los niveles de educación básica e incluso los estudiantes de nivel superior del área de ciencias biológicas, López (2019), se pregunta si las TIC’s favorecen la motivación y mejoran el desempeño académico sobre este tema en estudiantes de cuarto semestre de bachillerato. Este trabajo también evaluó las preconcepciones alternativas en los estudiantes, entre las cuales se encontraron el pensamiento causal (*“los seres vivos evolucionan porque tienen una necesidad”*), la visión teleológica (*“el ser humano es el más evolucionado y ocupa la cima de la escala evolutiva”*) y el impacto cultural y

la religión (“*solo es una teoría*”). En opinión del autor, identificar los errores conceptuales de los alumnos es útil para llevar a cabo una didáctica adecuada al abordar el tema.

Un trabajo en el que se manifiesta la preocupación por la preparación de los profesores y la forma en la que abordan el tema de evolución, es la tesis de Hernández (2012), titulada *Evaluación del Aprendizaje Significativo en el tema: “La Evolución como proceso que explica la diversidad de los seres vivos en Biología II en el CCH”*. En el trabajo no se implementó ninguna didáctica nueva, sino que se trabajó sobre la ya existente para determinar si se da o no, un aprendizaje significativo del tema de evolución, con la finalidad de que los profesores, al impartir el tema, sean cuidadosos en el diseño y la forma de abordar los contenidos, y de esta forma asegurar un producto que garantice en la mayoría de los estudiantes el paso de un aprendizaje superficial a uno significativo. El trabajo no está centrado en las preconcepciones de los alumnos que les imposibiliten la comprensión del tema, sin embargo, se reconocen básicamente las mismas ideas erróneas que en los trabajos anteriormente señalados. Hernández (2012) hace una invitación a que los docentes reflexionen sobre su labor docente y al final hay una propuesta de 14 actividades que se pueden llevar a cabo.

La tesis de doctorado de Sánchez (2000), *La enseñanza de la Teoría Evolutiva a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*, hace un análisis muy profundo sobre las concepciones alternativas más comunes a la teoría de la evolución, su origen y su clasificación. Un aspecto importante que se discute en la tesis es que el autor considera que las concepciones alternativas suelen construir verdaderas teorías con un fuerte contenido cultural y que resulta muy difícil erradicarlas, como en el caso de la teoría evolutiva, incluso en estudiantes del final de la carrera de Biología, en quienes se supone que ya ha ocurrido un verdadero aprendizaje de la teoría evolutiva.

El trabajo analiza los resultados de estudiantes de nivel medio superior (secundaria y bachillerato) y superior. En relación con los resultados de las pruebas aplicadas,

las preconcepciones de los estudiantes corresponden con las reportadas en prácticamente todos los trabajos revisados hasta el momento. Así, por ejemplo, los alumnos tienen muchos problemas para comprender el concepto de variación en una población y su origen, utilizan respuestas lamarckianas y teleológicas en lugar de darwinianas, se nota la influencia de un ambiente religioso y es muy común encontrar explicaciones en las que se menciona el uso y desuso de ciertos órganos y sobre todo la “necesidad” de adquirir una función como causa de la evolución. Un dato interesante es que el conocimiento general en secundaria y en el nivel medio superior de la teoría evolutiva, fue menor de 3 en escala de diez, lo que indica que los cursos antecedentes de biología o bien no parecen haber influido en la comprensión del tema, o incluso, ejercen una influencia negativa en el aprendizaje posterior.

El trabajo de Cruz (2021), es una tesis que tiene la intención de exponer una reflexión (en torno a los niveles de aprendizaje -que pueden representar creencias falsas) como un ejercicio previo para hacer una propuesta que contribuya a la comprensión de la teoría evolutiva en el aula. El análisis y reflexión se dan en torno a las metáforas visuales, representaciones simplificadas e imágenes diversas sobre el proceso evolutivo que presentan narrativas en conflicto, errores conceptuales, información obsoleta, estereotipos y prejuicios étnicos y de género. Una de las principales imágenes que presentan todos estos tipos de errores es la “marcha del progreso”, considerada un ícono de la evolución y el autor explica que la imagen es un discurso visual que promueve muchas de las ideas equivocadas sobre evolución que resultan en obstáculos. Partiendo del análisis de estos obstáculos visuales Cruz (2021) hace propuesta de actividades muy interesantes en el tema de la evolución biológica para el bachillerato con la finalidad de promover una alfabetización visual, es decir, aprender, pensar y comunicar con imágenes.

En general, los trabajos realizados coinciden en reconocer las ideas previas, preconcepciones, conceptos erróneos o concepciones alternativas que tienen los estudiantes del bachillerato en relación con la teoría evolutiva por selección natural. Los diversos trabajos son, o bien un análisis de los conceptos erróneos para después

proponer (pero no ejecutar) una didáctica determinada (Sánchez, 2000; Urueta, 2005; Rosas, 2012; González-Galli y Meinardi, 2015), un análisis de la eficacia de la didáctica de los profesores en ese momento (Hernández, 2012) o bien tienen un enfoque en las TIC's pero no enfatizan en la didáctica constructivista (López, 2019) o bien, están centrados en los elementos visuales (Cruz, 2021).

De esta forma, en el terreno pedagógico, una conclusión importante, es que, a pesar de los esfuerzos que se están realizando para promover un aprendizaje significativo de la enseñanza de la teoría de la evolución por selección natural en el bachillerato, no se está proporcionando el conocimiento adecuado en un tema tan importante, no solo para los estudiantes que ingresan a la carrera de biología, sino también para aquellos que cursan carreras de contenido biológico, sin mencionar el papel que el tema tiene como parte de la formación cultural. En este sentido, el presente trabajo pretende, en primer lugar, reconocer las ideas previas de los alumnos de bachillerato en torno a la teoría evolutiva y teniendo como base el paradigma constructivista sumarse en el desarrollo de propuestas didácticas que promuevan el aprendizaje significativo del proceso de la Evolución por Selección Natural. Una diferencia importante de esta propuesta, con relación a los trabajos citados, es que se considera que los conceptos claves para lograr este cambio conceptual son: *la variación biológica (y su origen), el pensamiento poblacional y el papel del azar.*

PREGUNTA Y OBJETIVOS.

La pregunta de investigación que se plantea en el presente trabajo es:

¿Considerando las ideas previas de los alumnos del bachillerato CCH-UNAM sobre el proceso de evolución por Selección Natural, la implementación de una didáctica constructivista podrá contribuir a tener un aprendizaje significativo del tema?

Objetivo General

- Evaluar una serie de recursos didácticos diseñados para propiciar un aprendizaje significativo de la Teoría Evolutiva por Selección Natural, tomando en cuenta las ideas previas de los estudiantes de nivel medio superior.

Objetivos específicos.

- Elaborar y aplicar un instrumento para recuperar las concepciones o ideas previas que tienen los alumnos del bachillerato UNAM sobre el proceso de evolución biológica.
- Elaborar y aplicar un instrumento para recuperar los conocimientos previos de los alumnos del bachillerato UNAM sobre el tema de Evolución Biológica.
- Elaborar la estrategia didáctica considerando los conceptos claves del tema.
- Aplicar los recursos didácticos propuestos, para lograr un aprendizaje significativo de la evolución por selección natural.
- Evaluar la eficacia de los recursos didácticos en el aprendizaje de la Teoría Evolutiva.

METODOLOGÍA.

1. Intervención docente y planeación didáctica.

La propuesta de intervención docente que se describe en la planeación didáctica (Anexo 1) tiene como fundamentos conceptuales dos premisas; la primera de ellas es que la enseñanza y el aprendizaje del tema de evolución biológica debe estar cimentada en la comprensión de los conceptos claves de *variación (y su origen)*, *el pensamiento poblacional* y *el papel del azar*. La segunda premisa está basada en la adopción de una estrategia de aprendizaje progresivo (Figura 1), en la que el profesor promueve la construcción del conocimiento aumentando paulatinamente la complejidad de las estrategias, de esta forma, se tiene contemplada una secuencia didáctica de tres momentos.

En el primero, las explicaciones iniciales de los conceptos y la explicación de un ejercicio, son claras, explícitas y se relacionan con conocimientos previos de los estudiantes; el segundo momento se avanza de manera secuencial hacia la resolución de un ejercicio por parte de los estudiantes, únicamente guiados por el maestro, en el que los alumnos analizan la información proporcionada y ejercitan la resolución. Finalmente, el tercer momento de la estrategia consiste en la resolución de un ejercicio con total autonomía por parte de los estudiantes, en el que se incorpora el análisis y reflexión del caso mediante preguntas abiertas. En resumen, la propuesta de esta estrategia implica transitar desde lo explícito hasta lo implícito, desde el acompañamiento hasta la autonomía, desde un proceso dependiente del profesor hasta un trabajo dependiente del estudiante en el cual reflexiona, analiza, contrasta ideas, trabaja colaborativamente y concluye.

Los principios generales que delinean el proceder de la investigación son la adopción del enfoque constructivista como generador de un aprendizaje significativo y el hecho de que los análisis de los resultados serán esencialmente cualitativos.

En resumen, el diseño de la Intervención docente comprende:

- a. Etapa de recuperación de ideas previas.** Esta se llevó a cabo mediante la aplicación de un cuestionario con cinco preguntas de opción múltiple y tres casos sobre alguna estructura o habilidad de un organismo, en los que los estudiantes debían seleccionar la explicación que consideraran adecuada sobre el origen de esta habilidad o estructura; también se recataron ideas previas mediante la elaboración de un dibujo (Anexo 2).
- b. Etapa diagnóstica.** Consistió en la aplicación de un cuestionario de opción múltiple de 5 preguntas (Anexo 3).
- c. Etapa de aplicación de la estrategia didáctica.** El Anexo 1 describe con detalle la secuencia didáctica que se planeó para llevar a cabo la intervención docente. En ella se describen los diversos recursos didácticos utilizados, los instrumentos de evaluación, etc. Al tratarse de una planeación, ésta tuvo algunos ajustes al momento de su ejecución, propias de las eventualidades que se presentan en el ejercicio docente. Por ejemplo, la planeación considera seis sesiones para impartir el tema, sin embargo, solamente se pudieron impartir cuatro sesiones. En la planeación también se describen los momentos (Figura 1) en los que se trabajó el ejercicio explícito con material elaborado por el profesor, el ejercicio guiado (Anexo 4) y el ejercicio autónomo (Anexo 5).
- d. Etapa de evaluación del aprendizaje.** Esta etapa consistió en la aplicación del cuestionario final (Anexo 3), el cuál es idéntico al cuestionario diagnóstico de cinco preguntas, pero además contiene 7 preguntas extras de opción múltiple y cinco de falso y verdadero, que permitieron hacer un análisis más profundo del aprendizaje.



Figura 1. Las premisas de la planeación didáctica son los conceptos claves del tema de evolución biológica por selección natural y la secuencia didáctica en tres momentos.

2. Tipo de investigación.

Este trabajo es una propuesta cuasi experimental; para Fernández-García, Vallejo-Seco, Livacic-Rojas y Tuero-Herrero (2014), el diseño cuasi-experimental es un plan de trabajo con el que se pretende estudiar el impacto de los tratamientos en situaciones donde los sujetos o unidades de observación no han sido asignados de acuerdo con un criterio aleatorio. En el caso de este estudio claramente los grupos de estudio ya estaban conformados antes de la investigación.

También, una de las principales características de las investigaciones cuasi-experimentales es la ausencia de aleatorización de los tratamientos y, por lo tanto, la carencia de un control total sobre la situación, es decir se carece de un pleno control experimental de diversas situaciones sociales. Por lo tanto, al interpretar los resultados de un cuasi-experimento, hay que considerar la posibilidad de que se deban a otros factores no tenidos en cuenta (Cook y Campbell, 1986 citado por Bono, 2012). En efecto, en un diseño cuasi-experimental, en comparación con los experimentales, hay más hipótesis alternativas que pueden ajustarse a los datos. Por ello, es imprescindible que el investigador tenga, en la medida de lo posible, un conocimiento de las variables específicas que el diseño cuasi-experimental utilizado no sea capaz de controlar.

3. Sitio y población de estudio.

Como su título lo indica, este trabajo se desarrolló en los sistemas del bachillerato UNAM, lo cual implica el Colegio de Ciencias y Humanidades y la Escuela Nacional Preparatoria. En el primer caso, el tema de Evolución se imparte en la Unidad I de Biología II (cuarto semestre) y en el segundo caso el tema está comprendido en la Unidad II de Biología IV (quinto año). Independientemente del sistema anual y semestral de ambos sistemas, la *validez interna* está sustentada en el hecho de que en ambos casos el contenido temático de la teoría evolutiva es básicamente el mismo, pues ambos planes de estudio persiguen el fin último de entender a la evolución como generadora de biodiversidad y comprender el mecanismo de la selección natural. De esta forma se espera que la variable independiente (intervención docente) sea la única responsable de los cambios en la variable dependiente (comprensión del tema), aunque sabemos que en los estudios de tipo cuasi experimental son diversas las variables “extrañas” que pueden afectar a la variable dependiente. Incluso se podría decir que el estudio tiene una *validez externa* sólida, pues el grado en que se podrían hacer generalizaciones hacia otros sistemas de bachillerato, se fundamenta en que abordan el mismo contenido temático con el mismo objetivo de comprender el origen de la diversidad biológica (véase por ejemplo el programa de la asignatura de Biología II del Colegio de Bachilleres: <https://www.gob.mx/bachilleres/articulos/programas-de-estudio-vigentes>).

Los alumnos de nivel Medio Superior son adolescentes que se encuentran entre los 15 y 18 o 19 años de edad, cuyo desarrollo psicosocial está en una etapa muy importante, pues se encuentran en una lucha entre la independencia - dependencia, y también en una preocupación por el aspecto corporal, por la pertenencia y aceptación a diversos grupos sociales, así como la integración a grupos de amigos y el desarrollo general de su identidad; como docentes y responsables frente a un grupo, es importante tener siempre en mente estos aspectos, pues los estudiantes están consolidando sus valores morales, religiosos y sexuales, así como sus comportamientos próximos a los del adulto maduro (Iglesias, 2013).

Los estudios de imagen cerebral desde los 5 hasta los 20 años revelan un adelgazamiento progresivo de la sustancia gris que progresa desde las regiones posteriores del cerebro hacia la región frontal, estas regiones que maduran más tardíamente están asociadas con funciones de alto nivel, como la planificación, el razonamiento y el control de impulsos (Iglesias, 2013). La maduración tardía de funciones complejas como la planificación está directamente relacionada con la percepción del tiempo. En el niño y el adolescente el tiempo se percibe y se forma de una manera no constante (Iglesias, 2013).

De acuerdo con la psicoanalista y socióloga Gela Rosenthal (en Ruíz, 2018), el adolescente entra en una “crisis de temporalidad”. Para el niño, la concepción del tiempo es limitada, principalmente porque aún no se consolida como un concepto fenomenológico. El adulto, por su parte, ya cuenta con la noción del infinito espacial y la temporalidad del existir. De acuerdo con Rosenthal, en el adolescente, la vivencia infantil y adulta del tiempo se entremezclan y confunden: “presenta entonces las contradicciones de inmediatez o de relegación infinita [...] es un verdadero estado caótico que por momentos parecería indicar la invasión y predominancia del pensamiento primario.

Muchos de los problemas relacionados con determinadas conductas de riesgo en la adolescencia podrían estar en relación con esta tardía maduración de determinadas funciones cerebrales. Sin embargo, el adolescente de 12 a 14 años generalmente ha sustituido el pensamiento concreto por una mayor capacidad de abstracción que lo va capacitando cognitiva, ética y conductualmente para saber distinguir con claridad los riesgos que puede correr al tomar algunas decisiones arriesgadas, otra cuestión es que el deseo y la posibilidad de experimentar supere a la prudencia. Con todo, el adolescente más joven, por esa restricción del pensamiento abstracto complejo, tiende a tener dificultades para evaluar riesgos a largo plazo para la salud (hipertensión, colesterol en la dieta, etc.) (Iglesias, 2013).

4. Análisis de la información

Las diferentes tradiciones de investigación científica suponen la existencia de dos lógicas: *la cualitativa* -con énfasis en la construcción del objeto de investigación, la inducción analítica y la posibilidad de generar teoría y el objetivo de comprender la realidad- y *la lógica cuantitativa* -con énfasis en la idea de descubrimiento, el énfasis hipotético deductivo y la verificación teórica y el objetivo de explicar la realidad (Sirvent, 2003 citado en García, 2019). Este trabajo se ubica dentro de ambos enfoques, siendo su principal carácter el enfoque cualitativo.

A) Análisis Cualitativo.

El principal carácter de esta investigación es de corte cualitativo, en ese sentido no es una investigación que pretenda comprobar una teoría de la realidad, como lo manifiesta Pérez (2000, citado por Balderas, 2017), sino que es una investigación fenomenológica. Dentro de la lógica cualitativa, que se vale de la inducción analítica y la búsqueda de la generación de teoría, la comprensión y la especificidad, el análisis de una parte de la información que se genera en este trabajo, no busca explicar sino comprender, a través de un cuestionario, de un dibujo, actividades y participaciones de los estudiantes, las ideas que ellos mismos han construido sobre el proceso de evolución biológica, así como determinar la comprensión del tema después de una intervención docente o bien la presencia de una cierta resistencia al cambio de estas ideas iniciales.

La lógica cualitativa se basa en la premisa de que los significados son construidos socialmente por los individuos en interacción con su mundo (García, 2019). Desde esta perspectiva, existen múltiples construcciones e interpretaciones de la realidad y el interés de la investigación cualitativa, por lo tanto, es el entendimiento de esas interpretaciones en determinado momento y en un contexto en particular.

La investigación cualitativa, está orientada al estudio de la compleja realidad social, por lo cual, en el proceso de recolección de datos, el investigador va acumulando

numerosos textos provenientes de diferentes técnicas. El análisis de esta información debe ser abordado de forma sistemática, orientado a generar constructos y establecer relaciones entre ellos, constituyéndose esta metodología, en un camino para llegar de modo coherente a la teorización (Osses, Sánchez e Ibáñez, 2006).

El ordenamiento de la información, que implica una sistematización, se lleva a cabo de acuerdo con ciertas categorías o criterios que pueden ser emergentes o preestablecidos por los investigadores (Osses, Sánchez e Ibáñez, 2006). En el caso de este trabajo, la categorización de la información procederá tanto de elementos emergentes como de esquemas preestablecidos por la naturaleza misma de la investigación. En otras palabras, los sujetos de estudio pueden manifestar información que no se tenía reportada (elementos emergentes) o bien manifestar ideas, conocimientos o posturas preestablecidas y reportadas en la literatura.

En el enfoque cualitativo existen distintos procedimientos analíticos de la información, tales como la construcción o aplicación de sistemas descriptivos, la sugerencia de relaciones entre variables, factores o procesos, formulaciones matriciales, análisis cualitativo en apoyo de la teoría y enfoque semiótico estructural de textos y discursos; los objetivos principales de estos métodos apuntan a la búsqueda de descripciones, explicaciones y /o significados, pero no a la generación de teoría (Valles, 1997 citado por Osses *et al.*, 2006) como si lo hace el método de comparación constante (MCC).

Fundamentar los conceptos en los datos constituye el principal objetivo del MCC y, para ello, se requiere como ingrediente fundamental la creatividad y el pensamiento crítico de los investigadores. Por ello, se recomienda estar abierto a múltiples posibilidades, explorar varias de ellas antes de optar por una, hacer uso de variados medios de expresión tales como el arte y las metáforas que estimulan el pensamiento, no usar maneras lineales de pensar, de modo de tener la posibilidad de volver atrás y dar vueltas alrededor de un tema y, a la vez, tener diferentes perspectivas, mantenerse

fiel al proceso, no tomar atajos sino, más bien, poner esfuerzo en el trabajo y en el disfrute de la investigación (Osses *et al.*, 2006).

Este método ha sido desarrollado por Glaser y Strauss (1967 citado por García, 2019). Supone la puesta en marcha de un conjunto sistemático de procedimientos para desarrollar teoría que se deriva inductivamente de los datos empíricos. Consiste en realizar un análisis de información en espiral donde se combina la obtención de la información y el análisis de la información recolectada (García, 2019).

Para este proyecto, la información que se analizará será recopilada en los siguientes momentos y actividades:

1. Ideas previas
 - a. Dibujo
 - b. Cuestionario para rescatar ideas previas
2. Desarrollo de la secuencia didáctica
 - a. Cuestionario diagnóstico
 - b. Ejercicio explícito
 - c. Ejercicio guiado
 - d. Ejercicio autónomo
3. Evaluación final
 - a. Cuestionario final

Los elementos a categorizar dentro de cada uno de estos momentos son muy diversos y pueden ser preestablecidos o emergentes, estar presentes en todos los momentos o solo en uno de ellos. Su naturaleza es contingente ya que se trata de constructos que los estudiantes han adquirido, reforzado y asimilado desde diversos aspectos de su vida social. Entre ellos tenemos, por ejemplo, los elementos “lamarckistas” de la evolución, como, recurrir a la idea del uso y desuso, la herencia de características adquiridas, la idea de una “necesidad” en los organismos para adaptarse, la idea de

ser “mejores” o de llegar a una cúspide o perfección al final de proceso evolutivo, el pensamiento de que es el humano quien se encuentra en la cúspide de la evolución, la idea de que el proceso evolutivo es consciente y los organismos buscan dirigirse hacia la perfección, la idea lineal de la evolución reflejada en el uso de “la marcha del progreso” como imagen característica de la evolución, entre otros elementos.

B) Análisis cuantitativo.

El análisis cuantitativo que se llevará a cabo en este trabajo implica, el desarrollo, aplicación e interpretación de un modelo estadístico que permita comparar el resultado del cuestionario diagnóstico versus el cuestionario final, que son idénticos (Anexo 2). Dicha comparación se puede realizar en distintos niveles, por ejemplo, se podría hacer una comparación entre los tres grupos de intervención (dos de CCH y uno de la ENP), o bien comparar entre el sistema de bachillerato CCH con el bachillerato ENP, sin embargo, para efectos de los objetivos de esta investigación, el único análisis cuantitativo que se considera es el que compara el cuestionario diagnóstico con el cuestionario final de los tres grupos como una sola población bachillerato UNAM.

El primer paso para el análisis de esta información consistió en llevar a cabo una prueba de normalidad. La prueba de normalidad permitió determinar qué tipo de distribución siguen los datos y, por lo tanto, qué pruebas (paramétricas o no) se pueden llevar a cabo en el contraste estadístico (Romero-Saldaña, 2016).

La prueba de normalidad que se realizó, se determinó siguiendo los criterios de Romero-Saldaña (2016) que indica que las dos pruebas que mayormente se emplean para llevar a cabo el análisis de la normalidad son la Kolmogorov-Smirnov para muestras mayores a 50 datos y la prueba de Shapiro-Wilk para muestras menores o iguales a 50 datos.

Lo anterior permitió elegir el estadístico de prueba para determinar si hay diferencias significativas entre estos dos grupos de datos o tratamientos; si la prueba de normalidad da como resultado el rechazo de la H_0 , entonces se concluye que los datos no siguen una distribución normal, por lo tanto se recurrió a la prueba no paramétrica

de Wilcoxon para determinar si existen diferencias significativas entre las calificaciones de la evaluación diagnóstica y final y, en caso contrario, se puede recurrir a la prueba t-student para muestras relacionadas (Romero-Saldaña, 2016).

Todas las pruebas que se presentan, se llevaron a cabo con el programa estadístico IBM SPSS Versión 29.0.0.0 (241).

RESULTADOS.

1. Sitios y población de estudio.

Se llevaron a cabo tres intervenciones docentes, una en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) Plantel Sur, otra en la Escuela Nacional Preparatoria Plantel (ENP) No. 6 y la tercera en Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente. La Tabla 3 resume los principales elementos de estas intervenciones y las Figuras 2 y 3 muestran la edad y el sexo de las poblaciones de estudio.

Tabla 3. Principales elementos de las intervenciones docentes realizadas en este estudio.			
Elemento/Plantel	CCH Sur	ENP No 6	CCH Oriente*
Grupo	461-B	561	464-B y 468-A
Tipo de intervención	En línea	Presencial	Presencial
Número de sesiones/horas	4 sesiones/7 hrs	4 sesiones/3 hrs 20 min	4 sesiones/7 hrs
Fechas	16, 21, 23 y 25 de febrero del 2022	07, 09, 14 y 16 de noviembre del 2022	07, 10, 16 y 17 de marzo del 2023 24, 28, 30 y 31 de marzo del 2023
Profesor supervisor	Mtra. Marina Ruíz Boites	Mtra. Rosa María Velázquez	Mtra. Elisa Picazo
Turno	Vespertino	Vespertino	Vespertino
Horario	Lunes y miércoles de 15:00 - 17:00 y viernes de 15:00 - 16:00	Lunes de 18:40 - 20:20 y miércoles de 13:40 - 15:20	Martes y jueves de 15:00 a 17:00 y viernes de 16:00 a 18:00 Martes y jueves de 17:00 - 19:00 y viernes de 18:00 - 19:00
Alumnos en lista	24	48	23
Alumnos efectivos	15 - 21	42 - 44	9 – 17 (464-B) 13 – 16 (468-A)

No todos los alumnos que se encuentran en lista, han participado efectivamente en los diversos momentos de la intervención docente; por ejemplo, de los 24 alumnos en lista del grupo 461-B del CCH Sur solo 19 respondieron el cuestionario diagnóstico y al finalizar la intervención docente solo 15 respondieron el cuestionario final. En el caso del grupo 561 de la Escuela Nacional Preparatoria No. 6, solo 44 alumnos de los 48 de la lista respondieron el cuestionario diagnóstico y solo 42 respondieron el cuestionario final. Los grupos del CCH Oriente fueron mucho más irregulares, en el caso del grupo 468-A 16 respondieron el cuestionario inicial y 13 el final; en el grupo 464-B 11 alumnos respondieron el cuestionario inicial y solo 9 el final. De esta forma, se pueden presentar algunos desfases en la cantidad de alumnos cuya información ha sido analizada en los distintos momentos de la intervención.

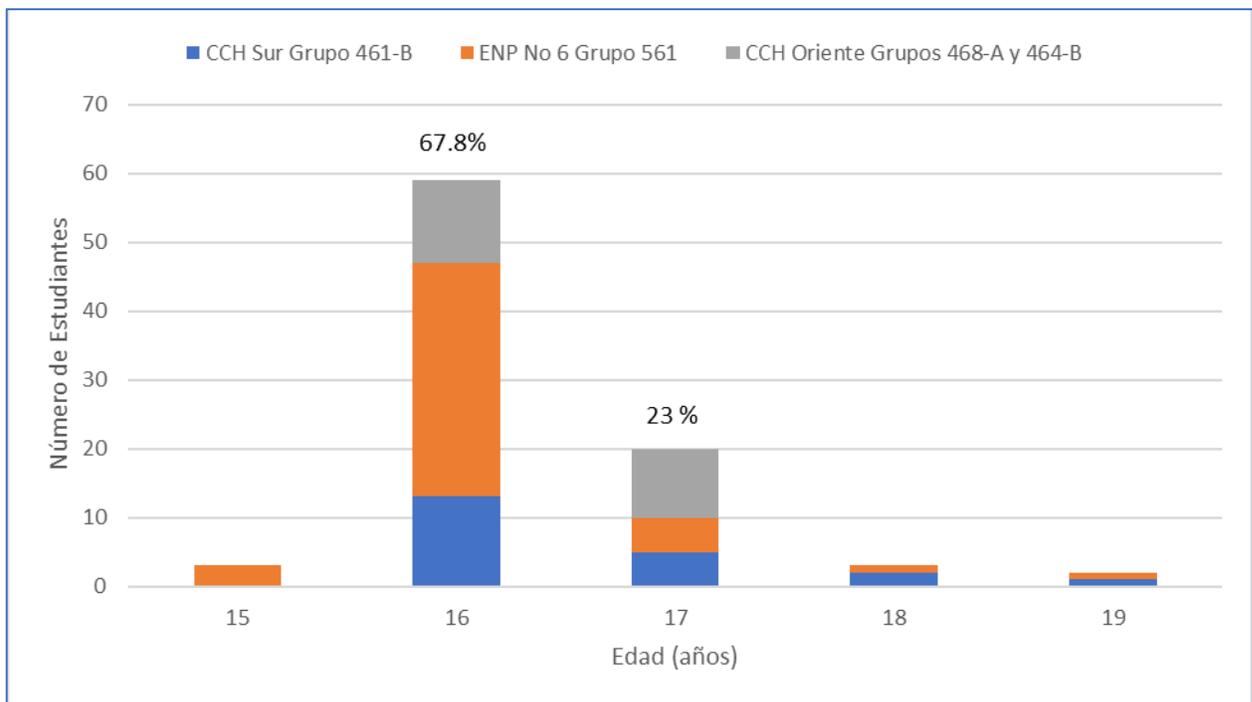


Figura 2. Edades de los estudiantes de los grupos participantes en la intervención docente.

51.4%

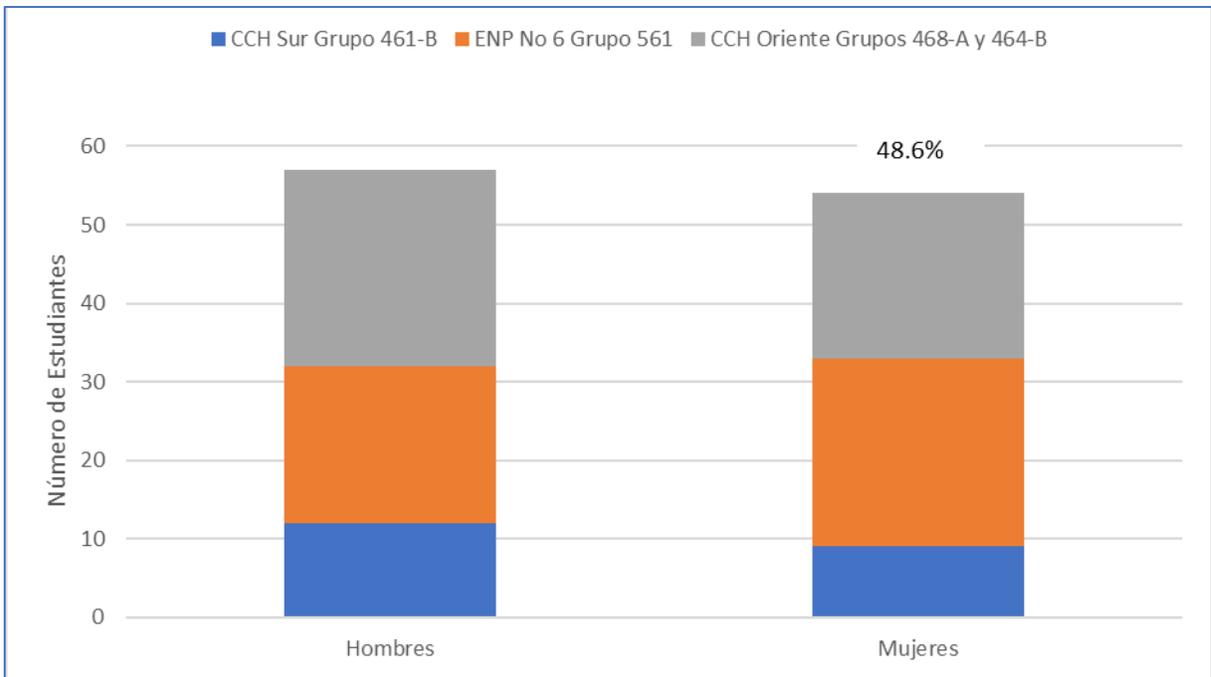


Figura 3. Sexo biológico de los estudiantes de los grupos participantes en la intervención docente.

Como se puede apreciar en la Gráfica 1, casi el 70% del total de los alumnos de las tres instituciones tienen 16 años, y el 23% tienen 17 años; el resto tienen 15, 18 o 19 años, lo cual es un reflejo de que, en su mayoría son alumnos regulares, es decir que están cursando el ciclo escolar que les corresponde de acuerdo con la trayectoria académica que debe estarse cubriendo en esta etapa. En relación al sexo biológico, 51.4% son hombres y 48.6% mujeres (Figura 3).

2. Análisis cualitativo de la información.

Ideas previas (Dibujo)

Los dibujos que los estudiantes realizaron sobre su percepción de cómo se lleva a cabo el proceso evolutivo (Figura 4), pueden categorizarse en tres tipos:

1. Dibujos que claramente rescatan las ideas lamarckistas y retoman el ejemplo de las jirafas,

2. Dibujo que representa la idea de “la marcha del progreso” o alguna idea de progresión evolutiva hacia una finalidad y

3. Dibujos que pueden considerarse de autoría propia y/o reflejan o usan alguna idea “darwiniana”, como los pinzones, las tortugas, un árbol evolutivo o relaciones evolutivas.

El número de dibujos según esta categorización se resume en la Tabla 4 y un resumen de las principales explicaciones que acompañan a los dibujos se presenta en la Tabla 5.

Tabla 4. Tipos de dibujos con los que se expresan las ideas previas del tema de evolución biológica

Colegio	Tipo de dibujo			TOTAL
	“Lamackianos”	“Marcha del Progreso”	“Darwinianos” o de Idea propia	
CCH Sur	2	5	20	27
ENP 6	10	10	18	38
CCH Oriente	2	3	9	14
TOTAL	14 (17.7%)	18 (22.8%)	47 (59.5%)	79 (100%)

Tipo de dibujo.	Tabla 5. Principales ideas de los alumnos en las explicaciones de los dibujos sobre el proceso de evolución biológica
Dibujos “Lamarckianos”	<p>Los organismos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Tuvieron que evolucionar y hacer más largo su cuello” • “Mantienen sus cuellos estirados, y comienza a hacerse largo”. • “Mi dibujo representa la teoría de Lamarck; evolucionan dependiendo de sus condiciones y necesidades” • “Yo me basé en la teoría de Lamarck... .. por lo tanto, estos esfuerzos modifican sus cuerpos físicamente, y estos cambios físicos son heredados” • “La evolución del cuello de la jirafa para poder alcanzar los frutos de los árboles y satisfacer sus necesidades”

	<p>También incorporan los siguientes pensamientos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Una característica se pasó de una generación a otra” • “Modificación en el ambiente” • “Generaciones” • “Variación, sobrevivencia, reproducción” • “Escasez de alimento” • “Proceso a través del tiempo” • “En una población existe mucha diversidad” • “Los procesos biológicos han producido la biodiversidad”
<p>Dibujos de la “Marcha del progreso”</p>	<p>Muchos dibujos no tienen explicación, como si el dibujo en sí mismo, lo explicará todo. Se expresan ideas del tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Bastante tiempo” • “... con el fin de sobrevivir” • “Cambios genéticos” • “... es el cambio necesario” • “Se adquieren cambios dependiendo del hábitat” • “... me baso en lo que he visto incluyendo películas y la ley del uso y desuso” • “Se adapta a sus necesidades; se hizo más grande” • “... con la finalidad de alcanzar la mejor versión de sí mismo”
<p>Dibujos “Darwinianos”</p>	<p>En estos casos las explicaciones están mejor elaboradas y parecen propias, aunque algunas parecen buscadas en la web. Se expresan ideas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • “Se dan cambios genéticos en la población a lo largo del tiempo” • “Hay interacciones depredador-presa” • “Especializarse para convivir con el ambiente” • “Convertirse en algo más complejo” • “Mi dibujo representa relaciones evolutivas” • “Usan evidencias embriológicas”. • “Así poco a poco la población evoluciona” • “Supongo que el propósito era tener una fuente mayor de alimento y ser menos víctima de sus depredadores terrestres” • “Yo pienso que la evolución ocurre cuando un individuo adquiere o modifica su anatomía para bien o para mal, según sea el caso, pero <i>aprende</i> a adaptarse o se extingue”. • “Yo creo existe un creador que hizo a las especies con ciertas características para que se adaptaran y se mantuvieran en equilibrio” • “Tuvo que aprender a ser más rápido” • “Acompañado de creencias en diferentes religiones y distintas deidades” • “Generan la capacidad de camuflarse para su supervivencia” • “Para que existiera el león que conocemos hoy en día primero debió adaptarse a las necesidades que debía satisfacer” • “La necesidad en las especies es una de las causas para que la vida evolucione”

Dentro de la variedad de dibujos que realizaron los estudiantes, es importante resaltar que, en menor proporción podemos encontrar dibujos contrastantes. Por una parte, se presentaron al menos dos dibujos que abiertamente hacen referencia a las ideas creacionistas (Figura 5) y, por otro lado, al menos tres estudiantes presentaron dibujos y explicaciones que reflejan un conocimiento previo acertado sobre el proceso de evolución biológica por el mecanismo de selección natural (Figura 6).

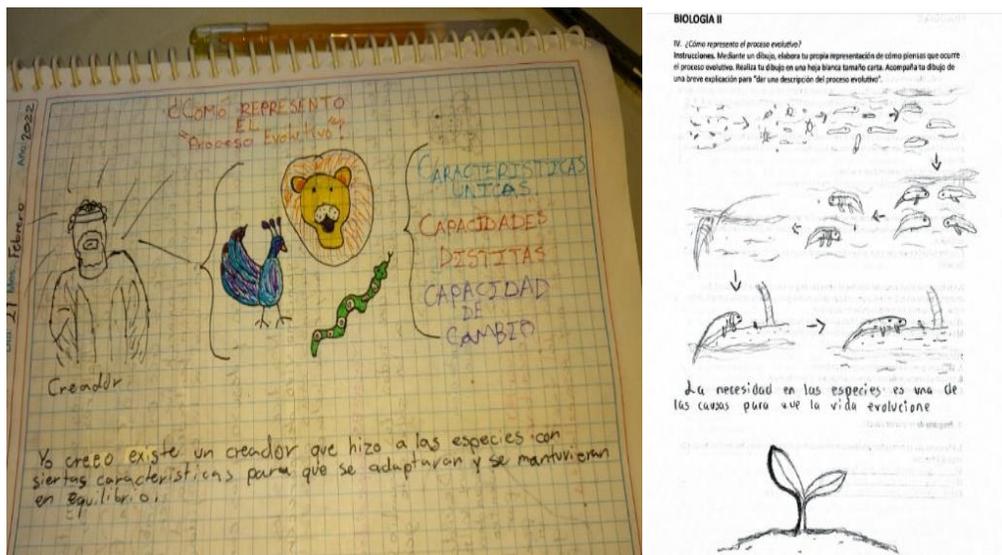


Figura 5. Dibujos con ideas previas Lamarckistas o creacionistas. La explicación el pide del dibujo de la izquierda dice: “Yo creo existe un creador que hizo a las especies con ciertas (sic.) características para que se adaptaran y se mantuvieran en equilibrio”, mientras que el dibujo de la derecha explica: “La necesidad en las especies es una de las causas para que la vida evolucione”.

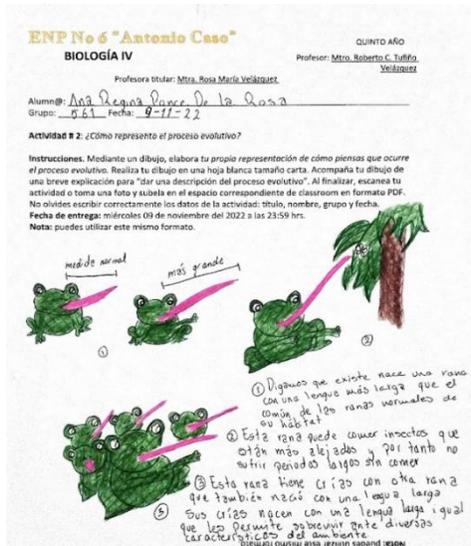


Figura 6. Ejemplos de dibujos con ideas previas que expresan correctamente el proceso evolutivo. En el dibujo de la izquierda puede leerse: *“Digamos que existe una rana que nace con una lengua más larga... .. Esta rana puede comer insectos que están más alejados... .. Esta rana tiene crías... .. Sus crías nacen con una lengua larga que les permite sobrevivir ante diversas características del ambiente”*. Mientras que el dibujo de la derecha explica: *“Existe una población. Al azar se da una mutación. Se desarrollan nuevas variantes. Pueden ocurrir cambios en ambiente. Los cambios pueden beneficiar o perjudicar a variantes de la especie. Sobrevivirán y aumentarán aquellas variantes a quienes beneficie el entorno. Las variantes a las que más beneficie el entorno serán las predominantes”*.

Ideas previas (cuestionario).

El cuestionario que se aplicó para rescatar las ideas previas de los alumnos (Anexo 2) consistió en cinco preguntas de opción múltiple y tres casos que describen una estructura o habilidad de un organismo a un determinado ambiente y los alumnos debían dar una explicación a cada caso.

Las principales respuestas o ideas expresadas por los estudiantes se resumen a continuación en la Tabla 6 (secciones A-D).

Porcentaje de Estudiantes			TABLA 6 A IDEAS PREVIAS EXPRESADAS POR LOS ESTUDIANTES DEL BACHILLERATO UNAM EN EL CUESTIONARIO
CCH Sur	ENP No. 6	CCH Oriente	
28.6	18.1	11.1	No saben cómo se originó la diversidad biológica o piensan que surgió en los 6 días de la creación y después evolucionó
18.5% del TOTAL			
38.1	18.2	22.2	La teoría de la evolución es una teoría, pero no un hecho y se complementa con el génesis bíblico ; no saben mucho al respecto
24 % del TOTAL			
42.9	20.4	26	Es imposible que los humanos y los primates estén relacionados evolutivamente; una deidad ha guiado el desarrollo de los humanos
27.2% del TOTAL			

Porcentaje de Estudiantes			TABLA 6 B. IDEAS PREVIAS EXPRESADAS POR LOS ESTUDIANTES DEL BACHILLERATO UNAM EN EL CUESTIONARIO. FOCAS
CCH Sur	ENP No. 6	CCH Oriente	
			Las focas tienen una capa de grasa muy gruesa bajo la piel por
61.9	72.7	88	La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa engrosara
74.4 % DEL TOTAL			
			Esta característica se pudo haber adquirido porque:
19	29.5	40	Las focas querían adaptarse a su medio ambiente
30 % DEL TOTAL			
14.3	22.7	4	Las crías heredaron de sus padres una capa más gruesa de grasa.
15.5 % DEL TOTAL			

Porcentaje de Estudiantes			TABLA 6 C. IDEAS PREVIAS EXPRESADAS POR LOS ESTUDIANTES DEL BACHILLERATO UNAM EN EL CUESTIONARIO. TIBURONES
CCH Sur	ENP No. 6	CCH Oriente	
			En los tiburones, la habilidad de nadar más rápido probablemente se debió a que:
42.9	50	24	Surgió en los tiburones en poco tiempo .
41.1 % DEL TOTAL			
			Esta característica se pudo haber adquirido porque:
9.5	13.6	16	Mientras los tiburones usaban más sus músculos, más veloces se volvieron y eran mejores cazadores
10 % DEL TOTAL			
62	34	80	La necesidad de atrapar a sus presas, hizo que nadaran más rápido y las alcanzaran con mayor facilidad.
53.3 % DEL TOTAL			

Porcentaje de Estudiantes			TABLA 6 D. IDEAS PREVIAS EXPRESADAS POR LOS ESTUDIANTES DEL BACHILLERATO UNAM EN EL CUESTIONARIO. SAPOS
CCH Sur	ENP No. 6	CCH Oriente	
			La habilidad para saltar tan lejos en los sapos, probablemente:
43	47.7	N/A	Se desarrolló para todos los sapos en unas cuantas generaciones
46 % DEL TOTAL			
			Esta característica se pudo haber adquirido porque:
14.3	11.3	N/A	Mientras más usaban sus músculos , los sapos podían efectuar saltos cada vez más lejanos
12.3 % DEL TOTAL			
43	66.6	N/A	La necesidad de evitar ser atrapados por sus depredadores hizo que saltaran más lejos.
35.4 % DEL TOTAL			

Ejercicios explícito, guiado y autónomo.

El ejercicio explícito consistió en explicar el caso “*Melanismo Industrial*” con ayuda de material didáctico elaborado por el profesor (Figura 7). No existió una entrega de trabajos para ser evaluados. Durante el desarrollo del ejercicio se enfatizó en la importancia de la variación en las poblaciones y se hicieron las siguientes preguntas para reflexionar: *¿cómo surgen las variantes en las poblaciones?, ¿cómo surgió una polilla de coloración oscura?, ¿qué está evolucionando, un individuo o la población?* Las principales ideas que se expresaron antes estas preguntas se resumen en la Tabla 7.

El ejercicio explícito dio paso a la ejecución del ejercicio guiado que consistió en proporcionar a los alumnos el formato del ejercicio (Anexo 4) para que trabajaran en equipos. El formato presentaba un escenario biológico en el que los estudiantes debían proponer las variantes en la población, la interacción de esas variantes con el ambiente, un cambio en el ambiente y la nueva conformación de las variantes debida al cambio ambiental. Al final los estudiantes continuaron reflexionando y respondiendo: *¿tienen alguna idea sobre cómo surgen las nuevas variantes en las poblaciones?, ¿las nuevas variantes en la población tienen alguna intención o finalidad?, ¿qué evoluciona, los individuos o las poblaciones?* El número de trabajos y las ideas que se rescatan de los mismos se resume en la Tabla 7.

Por último, el ejercicio autónomo se tituló “*Enfermedades emergentes, ¿por qué no me curo?*” (Anexo 5). Se trató de un caso de la interacción entre las bacterias y los antibióticos en el humano. De igual forma se trabajó en parejas y en este caso, además de consolidar cómo surgen las variantes y si surgen con alguna intención o finalidad, se agregó la valoración del conocimiento de la teoría evolutiva por selección natural en nuestra vida cotidiana, pues se preguntaba *¿cuál es la importancia de conocer este proceso? y ¿cómo le explicarías a un familiar o conocido por qué es importante seguir y concluir los tratamientos médicos y no automedicarse?* También se agregó la cuestión del tiempo evolutivo ya que se trata de organismo (las bacterias) en donde

estos cambios pueden ser registrados en periodos de tiempo muy cortos. Este ejercicio se titula "autónomo" debido a que justamente se dio autonomía a los alumnos en su ejecución y se les indicó que únicamente se aclararían dudas sobre las instrucciones del mismo, lo que permitió evaluar la comprensión del tema. Los alumnos continuaron reflexionando con las siguientes preguntas: *¿evoluciona una bacteria o una población de bacterias?, ¿el antibiótico hizo que surgieran bacterias resistentes o cómo surgen las variantes de las bacterias?, ¿consideras que es importante conocer las bases o fundamentos de la evolución biológica?, ¿cómo le explicarías a algún integrante de tu familia por qué es importante no automedicarse y cumplir con los tratamientos que nos recetan los médicos?, ¿en qué casos podría ocurrir el proceso de evolución biológica en periodos de tiempo relativamente cortos?* De igual manera las respuestas a este ejercicio se resumen en la Tabla 7.

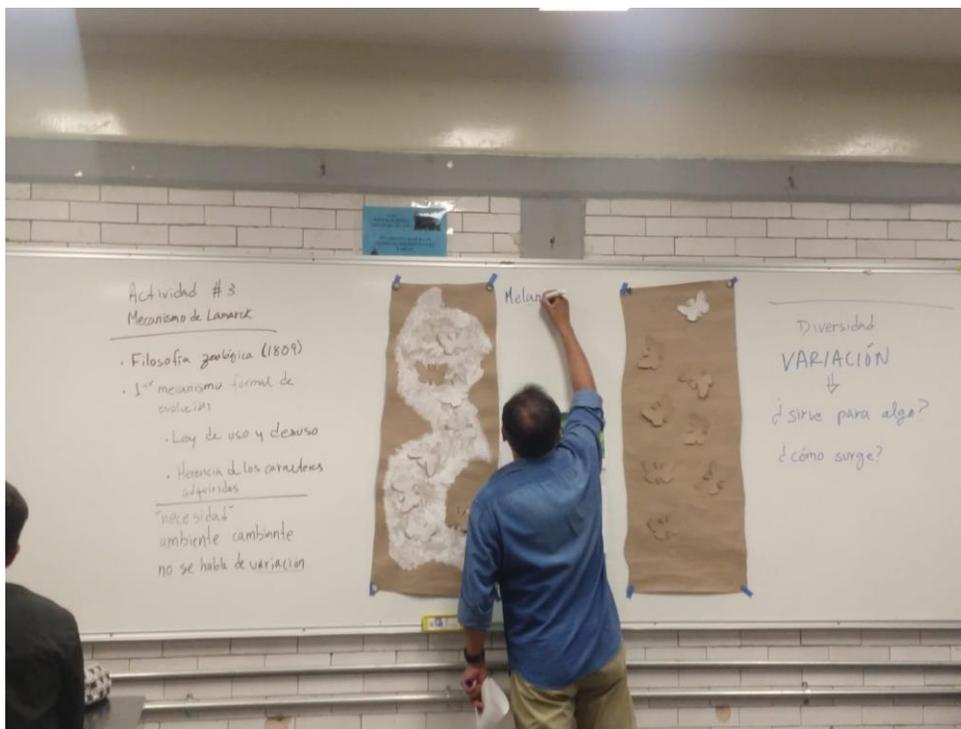


Figura 7. Material didáctico utilizado para el desarrollo del Ejercicio explícito.

Tabla 7. Principales ideas expresadas por los estudiantes en distintos momentos de la Intervención Docente.

N/A = No Aplica

	COLEGIO		
Momentos de la Intervención	CCH Sur	ENP 6	CCH Oriente
# de trabajos	No hubo entregables		
Ejercicio Explícito	<p>Cuando se preguntaba “¿cómo surgió la polilla negra?” En esencia la respuesta, en ocasiones inmediata, era que había surgido debido a la contaminación o como respuesta a la contaminación. De igual forma cuando se cuestionó sobre “la intención” de la polilla negra, es decir, si ésta había surgido con alguna finalidad, la respuesta fue que surgió para poder camuflajearse. Y, por último, ante la pregunta de “¿qué evoluciona”, los estudiantes respondían que había evolucionado una polilla.</p>		
# de trabajos	6	12	5
Ejercicio Guiado	<p>En relación cuál es la “intención o finalidad” del proceso evolutivo, algunas ideas expresadas son:</p> <p>“Si, poderse esconder ante su depredador el correccaminos”.</p> <p>“Si, pues es sobrevivir y perdurar en el ambiente donde se encuentran”.</p> <p>“Si, adaptarse para poder seguir huyendo del depredador”</p> <p>“Si, siempre traer un beneficio o alguna necesidad presentada”</p> <p>“Si, quizá una mejora o una mejor adaptación para su ambiente”</p> <p>“Si, pienso que un objetivo podría ser vivir en un ambiente determinado y poder realizar sus actividades de la mejor forma”</p> <p>“Sí, alcanzar el néctar de las flores largas para así alimentarse”</p>		
# de trabajos	N/A	21	12

<p>Ejercicio Autónomo</p>		<p>Las principales ideas en torno al tiempo evolutivo y a la valoración del proceso son:</p> <p>“El proceso de evolución está determinado en tiempo por la duración de sus generaciones, así que no siempre es el mismo periodo o tiempo...”</p> <p>“Considero importante el conocimiento de este tema y el por qué las especies evolucionan. Un ejemplo sería el no automedicarse y cumplir con el tratamiento que nos otorga el médico ya que al no cumplirlo las bacterias se van adaptando a ese medio mediante la mutación de estos...”</p> <p>“Si, la importancia de no automedicarse sería no interrumpir el tratamiento, ya que las bacterias mutarían y podría surgir una resistente por azar”.</p> <p>Aún se encuentran reminiscencias lamarckistas: “Le comentaría que en ocasiones cuando nos automedicamos, las bacterias suelen volverse más resistentes a los antibióticos...”</p>
-------------------------------	--	---

En cada uno de los principales momentos de la intervención docente (ejercicios explícitos, guiado y autónomo y en la evaluación final, se hizo énfasis en los principales componentes de la teoría evolutiva (Mayr, 2000): la importancia de la variación y su origen, el papel del azar y el pensamiento poblacional.

El seguimiento de la evaluación de estos componentes puede verse en la Tabla 8. La Tabla 8 muestra tanto los porcentajes de respuestas acertadas como los porcentajes de respuestas incorrectas. Para una mejor visualización de estos resultados se presentan en la Tabla 9, únicamente los porcentajes de las respuestas correctas y en la Figura 8 se representa el comportamiento de estos porcentajes en los distintos momentos de la intervención docente.

Tabla 8. Evaluación global de los principales componentes de la Teoría Evolutiva en los distintos momentos de la Intervención Docente. Los porcentajes están calculados para los tres colegios donde se realizó la Intervención.

N/A= No Aplica

MOMENTOS DE LA INTERVENCIÓN DOCENTE					
<i>Elementos relevantes de la Teoría Evolutiva para su Evaluación</i>		EJERCICIO EXPLÍCITO	EJERCICIO GUIADO	EJERCICIO AUTÓNOMO	EVALUACIÓN FINAL
<i>¿Cómo surge una nueva variante?</i>	Por interacción con el ambiente	La respuesta generalizada es que por interacción con el ambiente (el ambiente es el responsable)	8.7%	18%	5%
	Por Herencia		21.7%	3%	0%
	Por Selección Natural		8.7%	0%	16%
	Por mutaciones al azar		52%	75%	79%
					75%
<i>¿La evolución tiene alguna intención o finalidad?</i>	Si	La respuesta generalizada es que si tiene una intención.	65%	N/A	10%
	No		30%	N/A	90%
<i>¿Qué evoluciona?</i>	El individuo	No hay una respuesta inmediata; los alumnos la reflexionan y al final, en su mayoría responden que evoluciona una población	17.4%	9%	26.2%
	La población		39%	84.9%	66.2%
	Ambos		39%	3%	N/A

Tabla 9. Análisis de la evaluación de los conceptos en los distintos momentos de la Intervención docente. N/A= No Aplica.

MOMENTOS DE LA INTERVENCIÓN DOCENTE				
<i>Elementos relevantes de la Teoría Evolutiva</i>	EJERCICIO EXPLÍCITO	EJERCICIO GUIADO	EJERCICIO AUTÓNOMO	EVALUACIÓN FINAL
<i>¿Cómo surge una nueva variante?</i>	POR MUTACIONES AL AZAR			
	0% En general se responde que el ambiente es el responsable	52%	75%	79%
<i>¿La evolución tiene alguna intención o finalidad?</i>	NO			
	0% En general se responde que si tiene una intención	30%	N/A	90%
<i>¿Qué evoluciona?</i>	LA POBLACIÓN			
	0% En general responde que evoluciona una polilla (individuo)	39%	84.9%	66.2%

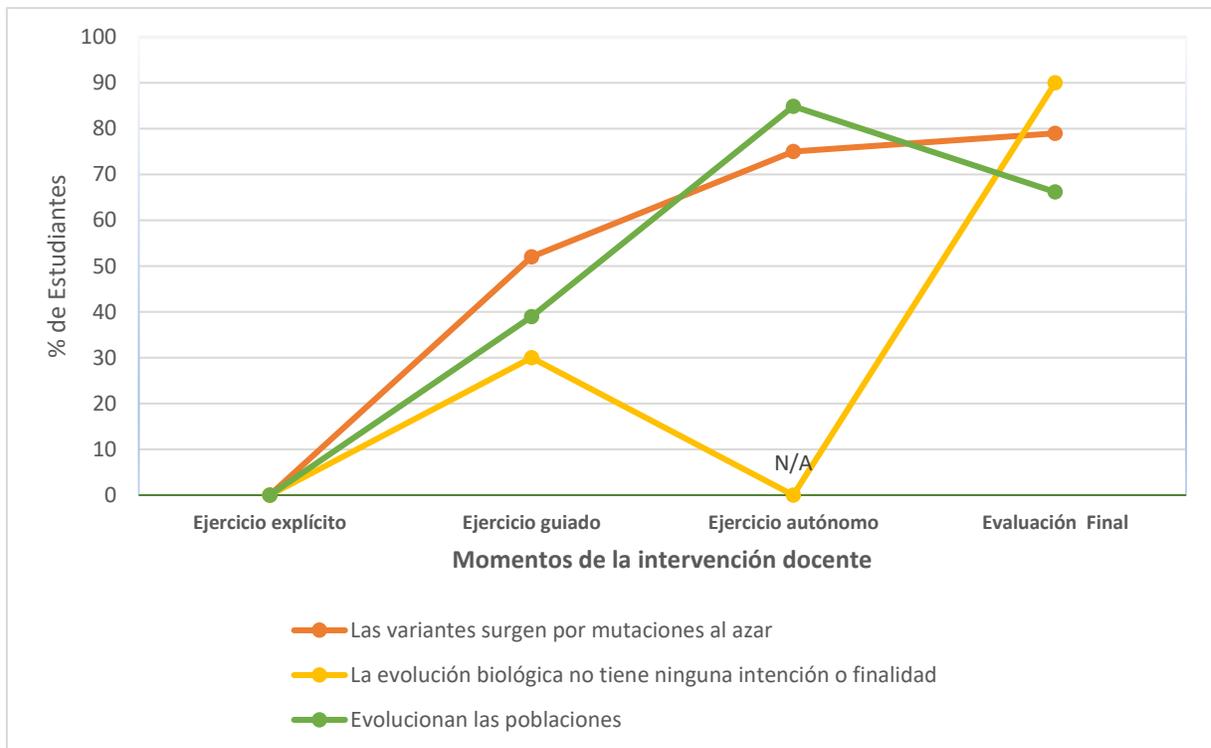


Figura 8. Desempeño de los estudiantes en distintos momentos de la intervención docente con relación a los conceptos claves del tema de Evolución Biológica por el mecanismo de Selección Natural (N/A = No Aplica debido a que no fue evaluado en ese momento).

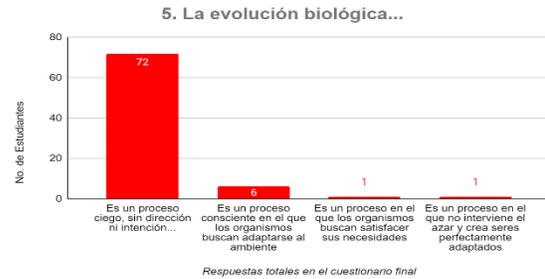
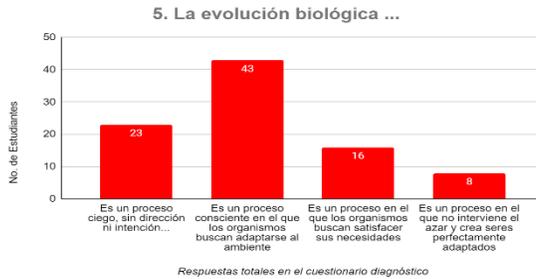
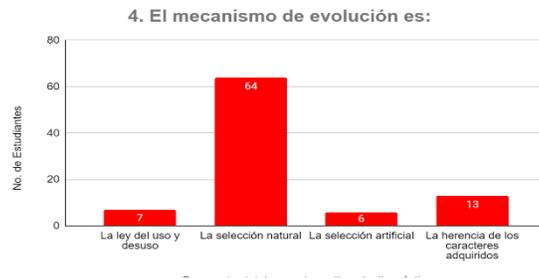
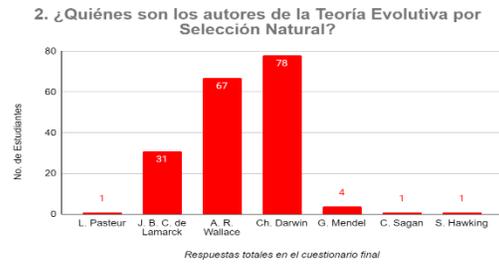
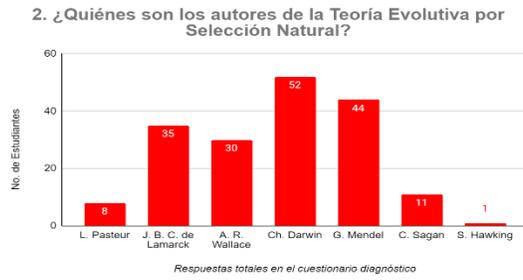
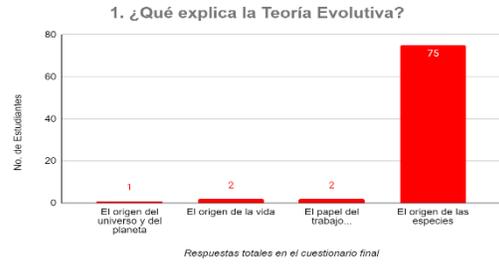
3. Análisis cuantitativo.

Evaluación Diagnóstica y Final.

El cuestionario diagnóstico y final fue exactamente el mismo (Anexo 3) y se trató de un instrumento de opción múltiple con 5 reactivos (equivalentes a 6 puntos). El cuestionario final incluye, además, algunas preguntas extra.

Las Figuras 9 – 13 (preguntas 1 – 5 respectivamente) muestran una comparación entre las respuestas de los estudiantes en el instrumento diagnóstico y la aplicación de la evaluación final. La Tabla 10 resume, además, los porcentajes de respuestas correctas en ambos instrumentos.

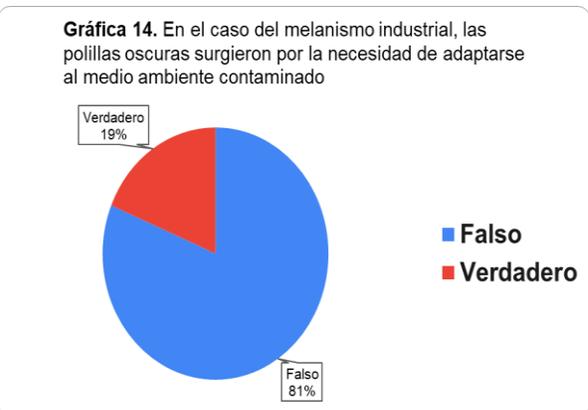
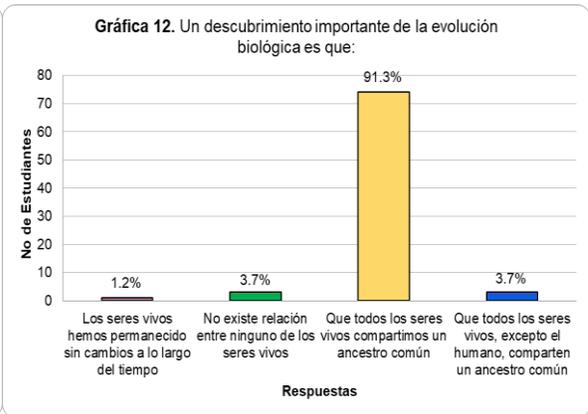
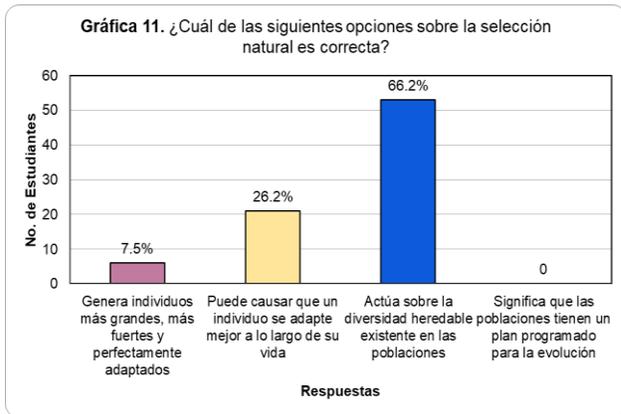
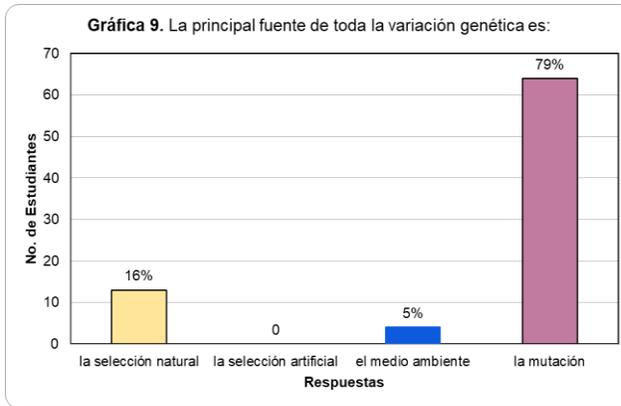
Las Figuras 14 – 19 muestran las respuestas de algunas de las preguntas extras que se formularon en el cuestionario final.



Figuras 9-13. Respuestas de los estudiantes en la evaluación diagnóstica y final. A la izquierda las gráficas de las preguntas 1-5 en el momento inicial y a la derecha las gráficas correspondientes del momento final.

Tabla 10. Porcentajes de respuestas correctas obtenidas en el cuestionario diagnóstico y final. La pregunta dos incluye además el porcentaje de una respuesta incorrecta.

Reactivo	Porcentajes de Respuesta		RESPUESTAS
	Diagnóstico	Final	
1	67	93.7	Explica el origen de las especies
2	39	36	Lamarck
	57	92	Darwin
	33.3	78	Wallace
3	48.8	83.7	La mutación es un cambio azaroso en el ADN
4	71.1	88.7	La Selección Natural es el Mecanismo de Evolución
5	25.5	90	La Evolución Biológica es un proceso ciego, sin ninguna intención ni dirección



Figuras 14-19. Respuestas de los estudiantes a preguntas extra de la evaluación final; estas preguntas se estructuraron con mayor nivel de profundidad sobre los temas variantes de una población, el pensamiento poblacional y el carácter teleológico de la evolución biológica.

Análisis estadístico.

La comparación de la calificación numérica que se obtuvo se resume en la Tabla 11 y ésta fue parte del único análisis cuantitativo que se llevó a cabo en el estudio con la finalidad de comparar el “antes y el después” de la intervención docente para determinar el efecto de la misma.

Tabla 11. Calificaciones diagnósticas y finales para cada uno de los estudiantes de la intervención docente

CCH Sur. Grupo 461 Calificación			ENP No. 6 Grupo 561 Calificación			CCH Oriente. Grupo 468-A y 464-B Calificación		
#	Diagnóstico	Final	#	Diagnóstico	Final	#	Diagnóstico	Final
1	10	8.3	1	3.3	6.6	1	8.3	10
2	5	6.6	2	3.3	8.3	2	6.6	10
3	6.6	10	3	5	8.3	3	6.6	8.3
4	10	8.3	4	5	8.3	4	6.6	10
5	5	5	5	6.6	10	5	5	8.3
6	5	6.6	6	5	8.3	6	5	10
7	3.3	10	7	5	8.3	7	5	6.6
8	6.6	10	8	6.6	6.6	8	3.3	6.6
9	5	10	9	6.6	8.3	9	6.6	10
10	5	6.6	10	3.3	8.3	10	5	10
11	3.3	8.3	11	6.6	10	11	8.3	10
12	1.6	6.6	12	3.3	8.3	12	5	10

13	5	6.6	13	6.6	10	13	5	10
14	5	6.6	14	10	8.3	14	3.3	10
15	6.6	6.6	15	6.6	10	15	5	10
			16	6.6	8.3	16	6.6	10
			17	3.3	8.3	17	3.3	6.6
			18	10	10			
			19	5	8.3			
			20	6.6	8.3			
			21	5	8.3			
			22	8.3	8.3			
			23	5	3.3			
			24	5	6.6			
			25	6.6	10			
			26	5	8.3			
			27	10	8.3			
			28	6.6	10			
			29	3.3	6.6			
			30	5	3.3			
			31	6.6	8.3			
			32	6.6	8.3			
			33	8.3	8.3			

			34	6.6	8.3			
			35	3.3	5			
			36	5	8.3			
			37	6.6	10			
			38	6.6	8.3			
			39	3.3	8.3			
			40	3.3	8.3			
			41	5	8.3			
			42	0	8.3			

El primer paso para el análisis de esta información consistió en llevar a cabo una prueba de normalidad para uno de los tres grupos y de esta manera comprobar si las variables “calificación diagnóstica y final” tienen un comportamiento normal. También se realizó la prueba de normalidad para todo el conjunto de datos considerando que conforman un grupo llamado “bachillerato unam”.

Lo anterior permitió elegir el estadístico de prueba para determinar si hay diferencias significativas entre estos dos grupos de datos o tratamientos.

A continuación, se presenta Tabla 12 que resume los principales descriptivos de cada uno de los conjuntos de datos que se consideran en el análisis.

Tabla 12. Principales descriptivos para las evaluaciones diagnóstica y final de la intervención docente.

DESCRIPTIVOS.						
Grupo	Momento	n	Media	Mediana	Desv. Est.	Rango
CCH Sur	Diagnóstico	15	5.53	5.00	2.24	8.40
	Final		7.74	6.60	1.64	5.00
ENP No. 6	Diagnóstico	42	5.60	5.0	2.04	10
	Final		8.14	8.3	1.51	6.7
CCH Oriente	Diagnóstico	17	5.56	5	1.54	5
	Final		9.20	10	1.36	3.4
TOTAL Bachillerato UNAM	Diagnóstico	74	5.58	5	1.96	10
	Final		8.31	8.3	1.58	6.7

A) Pruebas de Normalidad

La Tabla 13 resume los resultados de *p-valor* para las pruebas de normalidad de la evaluación diagnóstica, final y para la diferencia (Final – Diagnóstico). En los dos primeros casos la prueba que se aplicó fue la de Shapiro-Wilk (*n* menor o igual 50) y en el caso de la diferencia se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnof (*n*>50) (Romero-Saldaña, 2016).

B) Prueba o hipótesis de diferencias (Prueba de Wilcoxon).

La Tabla 13 presenta también los resultados (*p-valor*) de la prueba de Wilcoxon para los valores de la diferencia entre la evaluación final y la diagnóstica para el CCH Sur, la ENP 6, el CCH Oriente y para el conjunto de todos los datos (Bachillerato UNAM); este último resultado es el que ha sido considerado en los análisis (Romero-Saldaña,

2016). En el caso de la diferencia (F-D) para el CCH Oriente y Sur el comportamiento de los datos resultó normal (p -valor >0.05), por lo que, en estos casos se realizó la prueba de *t-Student* para muestras relacionadas.

Tabla 13. Resultados de p -valor para las pruebas de normalidad y la hipótesis de diferencia para las evaluaciones diagnóstica y final. El p -valor para la diferencia (Final - Diagnóstico) de la prueba de normalidad y el p -valor para el mismo conjunto de datos del estadístico de Wilcoxon, son los valores considerados en el análisis y conclusión de este trabajo.

GRUPOS	CCH Sur	ENP 6	CCH Oriente	Bachillerato UNAM
Tamaño de muestra (n)	15	42	17	74
	PRUEBA DE NORMALIDAD (Shapiro-Wilk)			
	p-valor			
Diagnóstico (D)	0.044	0.003	0.048	< 0.001*
Final (F)	0.012	< 0.001	< 0.001	< 0.001*
Diferencia (F – D)	0.399	0.002	0.052	< 0.001*
	HIPÓTESIS DE DIFERENCIA (Estadístico de Wilcoxon)			
	p-valor			
	0.004**	< 0.001	< 0.001**	< 0.001

* Kolmogorov-Smirnov; ** Prueba de *t-Student* para muestras relacionadas

El programa estadístico SPSS, también arrojó como resultado la siguiente tabla de Rangos, en la que se puede apreciar que existieron 6 estudiantes en los que la intervención docente tuvo un efecto negativo, 62 casos más en los que no hubo efecto (empate) y 62 casos con un efecto positivo.

Rangos

		N	Rango promedio	Suma de rangos
Calificación Final - Calificación Diagnóstica	Rangos negativos	6 ^a	16,00	96,00
	Rangos positivos	62 ^b	36,29	2250,00
	Empates	6 ^c		
	Total	74		

a. Calificación Final < Calificación Diagnóstica

b. Calificación Final > Calificación Diagnóstica

c. Calificación Final = Calificación Diagnóstica

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Dificultades en la enseñanza de la Evolución Biológica

Al igual que los trabajos de Jiménez (1991), Sánchez (2000), Grau y de Manuel (2002), González-Galli (2011), Rosas (2012), Marrero-Delgado (2016) González-Galli y Meinardi (2017), Sánchez, Conde y Zapata (2017), López (2019), entre otros, en este trabajo se reconocen el común de las ideas previas o concepciones alternativas que tienen los estudiantes de nivel medio superior, relacionadas con el tema de la evolución biológica. Aunque la mayoría de los dibujos realizados por los estudiantes para representar cómo piensan que ocurre el proceso evolutivo son de tipo “Darwiniano” (véase la Tabla 4 y la Figura 4) en la mayoría de ellos se reconocen explicaciones lamarckistas, teleológicas e incluso se encuentran explicaciones que son abiertamente creacionistas. Como lo indican Sánchez, Conde y Zapata (2017) estos resultados se han venido reportando en distintos trabajos desde hace más de treinta años, siendo la explicación teleológica sobre la evolución como proceso, la visión que más persiste.

Independientemente del tipo de dibujo, en muchos casos los alumnos hacen referencia en sus explicaciones a cuestiones como *“la necesidad”* de los organismos (12.6% de los trabajos la mencionan), *“la intención de ser mejor o alcanzar la perfección”*, el hecho de que los organismos *“tuvieron que modificar (una estructura)”*, o bien que *“los organismos tuvieron que aprender a generar la capacidad”* (de mejorar alguna función por ejemplo camuflajearse). Estas últimas ideas teleológicas son expresadas en el 20% de los trabajos. Incluso se presentaron dos trabajos en donde abiertamente se hace referencia a la existencia de un *“creador o una deidad”*. La Figura 6 muestra dos ejemplos de este tipo de dibujos, en los que se explica el proceso evolutivo recurriendo a la necesidad y a un creador.

En otras palabras, las explicaciones de los dibujos no son necesariamente correctas por el hecho de ser un dibujo “Darwiniano” pero también es posible que contengan elementos correctos, aunque se trate de un dibujo “lamarckista” o de “la marcha del progreso”, es decir no hay una correspondencia correcta entre la mayoría de los dibujos y sus explicaciones (Tabla 5).

Se considera que la visión antropomórfica y el hecho de considerar que la especie humana se encuentra en la cúspide la evolución, se encuentra bien representada en todos los dibujos del tipo “la marcha del progreso” en los que abiertamente se explica, simplemente, que “*en el dibujo anterior se muestra la evolución del hombre*” o se dice que la evolución es “*... con la finalidad de alcanzar la mejor versión de sí mismo*”.

Un elemento importante de discusión, radica en el hecho de que los estudiantes del CCH Sur y de la ENP No 6, realizaron esta actividad (el dibujo) en su casa, como tarea, motivo por el cual pudieron haber buscado información en los libros o en internet, a pesar de haber dado la instrucción de no hacerlo (Anexo 2).

Estos dibujos están acompañados de explicaciones que parecen haber sido buscadas o copiadas en la web o en algún otro tipo de recursos. Algunas explicaciones utilizan términos que se corresponden con la teoría evolutiva por selección natural, como *variación, mutación, azar, sobrevivencia, reproducción, tiempo o generaciones, descendencia o herencia y cambios en el ambiente*.

Nos encontramos aquí, ante una variable propia de un estudio cuasiexperimental, es decir una variable muy difícil de controlar por parte del investigador, en este caso el docente. Si los alumnos buscaron información, por ejemplo, en internet, es muy probable que su búsqueda les haya arrojado información sobre la teoría de Lamarck (como una introducción) o bien la tan común imagen de la marcha del progreso que se utiliza para ejemplificar el proceso de evolución biológica. Las explicaciones de los dibujos son un reflejo de que esto haya ocurrido. De otra manera cómo se explicaría que el estudiante haya realizado un dibujo llamémoslo adecuado (“darwiniano”) pero una explicación equivocada, digamos “lamarckista” o teleológica.

Por supuesto, no se descarta que los estudiantes tengan un conocimiento previo correcto sobre el tema, por ejemplo, existen al menos 3 trabajos que presentan un dibujo de autoría propia, cuya explicación está muy bien elaborada y es correcta (Figura 5).

En contraste, en el CCH Oriente, el dibujo se realizó en el salón de clase, de manera que se supervisó que los alumnos no buscaran información. Hay un 100% de certeza

de que estos dibujos son de autoría propia y reflejan lo que los alumnos, creen, se imaginan o saben sobre el tema. Estos trabajos contienen menos elementos “darwinianos” y las explicaciones son propias de los estudiantes.

Después del dibujo, los estudiantes respondieron un cuestionario de cinco preguntas (Número I del Anexo 2) para continuar rescatando las ideas previas. Lo más relevante en esta parte es que hay una correspondencia con los alumnos que en sus dibujos recurrieron a explicaciones creacionistas, ya que el 18.5% de los alumnos dicen no saber cómo se originó la diversidad biológica o piensan que se originó en los seis días de la creación. De igual forma el 24% manifiestan que la Teoría de la evolución se complementa con el génesis bíblico y que es “una teoría” y no un hecho, es decir, no han consolidado el carácter científico de la Biología y piensan que la Teoría evolutiva que estudiaran o estudiaron es una hipótesis o un hecho aún no comprobado o imperfecto (Gould, 1981). No es un dato tan sorprendente si pensamos que en la ENPECYT 2011 publicada por el INEGI en 2013 (INEGI 2013) el 33.8% de los encuestados manifestó que todas las especies de seres vivos han sido creadas por un ser supremo. De igual forma en la ENPECYT 2009 (Conacyt, 2010) el 83.6% de las personas encuestadas dijo confiar más en la fe que en la ciencia. Llegados a este punto es importante señalar que este trabajo no tuvo el objetivo de abordar el carácter científico de la Biología y la naturaleza de la ciencia, ya que es un tema que se aborda al inicio del curso ya sea de Biología IV en la ENP o de Biología I en el CCH, sin embargo, sería muy importante que, al inicio del tema de la Teoría de la Evolución Biológica por el mecanismo de selección natural, se hiciera alguna actividad introductoria para reforzar y consolidar este conocimiento.

Por último, la actividad número II del Anexo 2 para continuar rescatando las ideas previas, consistió en proponer a los alumnos tres casos en los que debían ofrecer una explicación a la estructura (capa de grasa) o habilidad de un organismo (saltar más lejos o nadar más rápido) (véase la Tabla 6 secciones A-D). Los resultados son interesantes. Por ejemplo, 74.4% de los estudiantes dan una explicación “lamarckista” (la necesidad) a la existencia de una estructura en las focas y cuando se pide profundizar en el caso, 30% dan una explicación teleológica (querían adaptarse) y solamente 15.5% de los alumnos piensan en términos del componente hereditario. En

los otros ejercicios, el 41.1% y el 46% de los estudiantes piensa en términos de que una habilidad en los organismos (nadar rápido y saltar más lejos respectivamente) puede surgir en poco tiempo y sobre la aparición de la habilidad, el 53.3% y el 35.4% vuelve a recurrir a la “necesidad” para explicar la característica (nadar más rápido y saltar más lejos respectivamente).

En resumen, es claro que los estudiantes que participaron en este estudio siguen la pauta de las principales ideas previas reportadas no solo en los estudiantes de nivel medio superior sino también en el público en general: que se adquieren nuevas características por medio del uso y desuso, la intención o propósito del proceso evolutivo ya que los organismos mejoran y se perfeccionan, en otras palabras pensar que el cambio es dirigido y no al azar, que los organismos pueden responder conscientemente a los cambios ambientales, que la necesidad los hace cambiar, que la cúspide de la evolución es la inteligencia humana o que humano este en la cumbre del proceso evolutivo. Implícitamente, en estas concepciones sobre el mecanismo evolutivo, también es claro que los alumnos no saben, no conocen o no logran incorporar elementos como la variación biológica (ni su origen), que el papel del azar y el pensamiento poblacional son prácticamente nulos.

No obstante, existe un porcentaje mínimo de estudiantes que sí parecen tener claridad sobre cómo ocurre el proceso de evolución biológica por el mecanismo de selección natural. Al menos 3 de los 79 trabajos que se recibieron (esto es el 3.8%) realizaron dibujos en los que expresan con claridad los elementos de la selección natural (Figura 5): la variación en las poblaciones, la interacción con el ambiente, el papel del azar en el origen de la variación (mutaciones), la herencia, la sobrevivencia y la reproducción diferencial. Quizá el elemento más difícil de entender e incorporar para este 3.8% de estudiantes sea el pensamiento poblacional. Entonces aquí tenemos pendiente la tarea de averiguar qué tipo de enseñanza recibieron estos alumnos, cómo fue la didáctica a la que se enfrentaron, qué actividades y ejercicios realizaron para que hayan consolidado una comprensión plena del tema, cuando lo estudiaron en el primer año de la secundaria.

Diagnosic de la población de estudio.

El cuestionario diagnóstico estuvo conformado por 5 preguntas de opción múltiple (Anexo 3). Los resultados indican que el 67% de los estudiantes sabe que la teoría evolutiva explica el origen de las especies y 71.1% sabe que el mecanismo involucrado es la selección natural (Tabla 10). Esto refleja un conocimiento superficial del tema ya que cuando se pregunta a los alumnos si la evolución biológica por el mecanismo de selección natural es un proceso que tiene una dirección, intención o finalidad el 74.5 responde que sí, que hay una dirección, que satisface una necesidad, que es un proceso consciente, que no interviene el azar y que el resultado son organismos perfectamente adaptados a su entorno. Solamente el 25.5% respondió que la evolución y su mecanismo de acción es un proceso “ciego”.

En concordancia con las ideas previas de los alumnos, hay una presencia considerable de las explicaciones teleológicas en los estudiantes. Esto también se reafirma cuando responden sobre el origen de la variación, ya que menos de la mitad (48.8%) saben que la mutación es una fuente azarosa (papel del azar) de variación en las poblaciones y el resto piensa en la mutación como un cambio consciente en los organismos y que sirve para mejorar. En la Tabla 10, para la pregunta dos se incluyen los porcentajes de las opciones correctas, más la opción “Lamarck”, que corresponde a los autores de la teoría evolutiva y podemos advertir que el 39% de los alumnos identifica a Lamarck como autor de la teoría evolutiva por selección natural (en contraste solo el 33.3% reconoce a Wallace) lo cual explica la presencia de los dibujos (con jirafas) y explicaciones lamarckistas (*“La evolución del cuello de la jirafa para poder alcanzar los frutos de los árboles y satisfacer sus necesidades”*). El 57% de los estudiantes sabe que el autor de la teoría evolutiva por el mecanismo de selección natural es Ch. Darwin.

La puesta en marcha de la planeación didáctica.

Como ya se mencionó, la planeación didáctica tuvo dos premisas principales. Por un lado, está fundamentada en enfatizar los conceptos claves del tema de evolución biológica por el mecanismo de selección natural (variación -y su origen-, el papel del azar y el pensamiento poblacional) y, por otro, está diseñada en tres momentos

(ejercicio explícito, guiado y autónomo) que paulatinamente fueron dando a los estudiantes autonomía en el análisis y resolución de los ejercicios.

De esta forma podemos analizar los resultados en función del desempeño de los estudiantes en estos tres momentos de la intervención con relación a la comprensión del origen de la variación y su origen (mutación y papel del azar), al hecho de que en el proceso de la evolución biológica no hay una dirección, finalidad o intención por parte de los organismos y, por último, también con respecto a si los estudiantes analizan correctamente si evoluciona un individuo o una población. A este análisis sumaremos un cuarto momento de la intervención docente que corresponde a la evaluación final (Análisis cuantitativo).

La Tabla 9 es un resumen y un análisis de los resultados de la Tabla 8 y en ella se muestra la evaluación cualitativa y cuantitativa de los cuatro momentos de la intervención docente mencionados para cada uno de los conceptos claves del tema. En ella únicamente se presenta el resultado (en porcentaje) de las respuestas correctas de todos los estudiantes que participaron en el estudio. La Figura 8 muestra el comportamiento de estos mismos resultados a lo largo de la intervención docente. Podemos darnos cuenta que los estudiantes aumentaron su comprensión de los tres conceptos clave del tema conforme avanzamos en la intervención docente. Por ejemplo, al inicio de la intervención docente, en el cuestionario diagnóstico, solamente el 25.5% sabía que la evolución biológica no tiene ninguna dirección ni intención (Tabla 10), es decir 74.5% de los alumnos creían que la evolución tiene una finalidad como crear seres perfectos, mejores o bien que los organismos buscan satisfacer sus necesidades. Al final de la intervención el 90% de los alumnos logró reconocer que la evolución es un proceso ciego.

En el ejercicio explícito (melanismo industrial) se considera que no hubo ningún estudiante que respondiera correctamente sobre ninguno de los conceptos claves. En este momento no hubo una actividad entregable o registro de las respuestas, sino que, conforme se avanzaba en la explicación del ejercicio se cuestionaba a los alumnos y se solicitaba su participación. Ante la pregunta *¿cómo surgió una polilla de coloración*

oscura?, la respuesta casi inmediata de los alumnos fue que surgió “*como respuesta al ambiente*” o “*surgió para poder camuflajearse*”. Cuando se pidió a los alumnos que analizarán bien la información y el material utilizado en el pizarrón, advirtieron que las polillas oscuras estaban presentes desde antes de que ocurriera el cambio en el ambiente y en ese momento se dan cuenta de que no surgieron como resultado de la contaminación ambiental y por lo tanto tampoco surgieron para satisfacer una “necesidad” que aún no existía. Sin embargo, en este momento los estudiantes aún no tienen el conocimiento de que una mutación genera nuevos alelos para la coloración de las polillas y tampoco se hizo explícito por parte del docente.

No obstante, al menos un alumno en cada uno de los grupos que participaron, tiene nociones de que el material genético está involucrado en esta variación (recordemos que 48.8% de los estudiantes respondieron en el cuestionario diagnóstico que la mutación es un cambio azaroso en el material genético). Estas nociones se reflejaron en el ejercicio guiado, en donde en el 52% de los trabajos entregados se respondió que las nuevas variantes en una población surgen por mutaciones en el material genético, aunque en ningún caso incorporaron que se trata de mutaciones al azar. Antes de continuar con el ejercicio autónomo se realizó una retroalimentación del ejercicio guiado señalando que algunos equipos habían respondido correctamente que las variantes surgen por mutaciones en el ADN, esta pudo haber sido la razón de que en el ejercicio autónomo el 75% de los trabajos expresan que las nuevas variantes (en este caso variantes de bacterias resistentes a los antibióticos) surgen por mutaciones en el material genético. También es probable que algunos alumnos, que desde el inicio tenían estas nociones sobre las mutaciones como fuente de variación hayan acordado con sus compañeros de equipo responder de esta forma.

Fue hasta la realización de un ejercicio para explicar la “Teoría Sintética de la Evolución” que se hizo explícito el hecho de que la mutación al azar es la principal fuente de nuevos alelos en las poblaciones y al parecer los alumnos incorporaron este conocimiento, ya que en la evaluación final se hicieron dos preguntas extras relacionadas con el origen de la variación en las poblaciones y en ellas un 75% y 79% de los alumnos responden que ésta surge por mutaciones al azar.

Respecto al propósito o finalidad de la evolución biológica, nuevamente tenemos que, en el ejercicio explícito todos los alumnos responden que una polilla oscura surgió por “la necesidad” de camuflajearse o al menos eso es lo que la generalidad del grupo responde, sin embargo, recordemos que en el cuestionario diagnóstico el 25.5% de los alumnos respondió que la evolución es un proceso ciego, sin intención ni dirección alguna. Estas nociones se vuelven a manifestar en el ejercicio guiado, en el cual el 30% de los trabajos responde que la evolución biológica no tiene ningún propósito. Un aspecto a corregir en la planeación docente es que este concepto clave no fue evaluado en el ejercicio autónomo (N/A en la Figura 8). Por último, en el cuestionario final el 90% de los estudiantes respondió que la evolución no tiene ninguna finalidad.

En las preguntas extra del cuestionario final, el 91.3% de los alumnos, reconoce que todos los seres vivos compartimos un ancestro común, el 97% considera “Falso” que la evolución biológica es un proceso que puede predecirse y que, por lo tanto los humanos seremos más inteligentes en el futuro y, por último, el 81% de los estudiantes considera “Falso” que las polillas oscuras hayan surgido por la “necesidad” de adaptarse al medio ambiente contaminado durante la revolución industrial en el caso del melanismo industrial (Figuras 14-19), lo cual es relevante, ya que en el ejercicio explícito, la respuesta generalizada de los alumnos fue que una polilla oscura había surgido por causa de la contaminación para camuflajearse. Estos tres últimos porcentajes de respuestas de los estudiantes, indican que hubo un cambio en el sentido de ya no considerar que la evolución tiene un carácter teleológico: todos los seres vivos estamos relacionados, el humano no es una finalidad, una variante no surge por “necesidad” y, finalmente, la evolución es un proceso ciego.

El tercer concepto clave (el pensamiento poblacional) en la enseñanza de la teoría evolutiva por el mecanismo de selección natural, parece ser el más complicado de transmitir. Nuevamente, en el ejercicio explícito, los alumnos responden casi de manera automática que lo que evoluciona es una polilla (individuo). Este aspecto no fue evaluado en el cuestionario diagnóstico, sin embargo, se asume que los

estudiantes también tienen alguna noción al respecto, pues en el ejercicio guiado el 39% de los trabajos mencionan que lo que evoluciona es un individuo. Además, la retroalimentación durante la explicación del ejercicio explícito y el uso del material didáctico fueron de mucha utilidad para reflexionar y advertir que no es un individuo lo que se está transformando.

En el ejercicio autónomo el 84.9% de los trabajos responden que lo que evoluciona es una población, sin embargo, en la evaluación final este porcentaje disminuye a un 66.2% (pregunta extra; Figuras 14-19). La pregunta extra que se formuló en el cuestionario final fue *¿Cuál de las siguientes opciones sobre la selección natural es la correcta?* El nivel de análisis de la información para seleccionar la respuesta correcta fue un poco más elevado; entre las opciones de respuestas se encontraban: *“Actúa sobre la diversidad heredable existente en las poblaciones”* y *“Puede causar que un individuo se adapte mejor a lo largo de su vida”*. Para los alumnos fue complicado analizar que la evolución actúa sobre la variación existente en una población. Y es que, como lo señalan Alters y Nelson (2002), los estudiantes visualizan el cambio evolutivo como un cambio gradual y progresivo en las características (de un individuo) y no como un cambio en la proporción de individuos de una población con características discretas.

En resumen, como lo muestra la Figura 8 existe un aumento en la comprensión de los conceptos clave del tema de evolución biológica por el mecanismo de selección natural, resultado de la intervención docente que se llevó a cabo. No se trata de resultados contundentes, pero si marcan una tendencia clara. La gran pregunta que surge entonces es si esta comprensión del tema, significa que ha habido un aprendizaje significativo y un cambio conceptual en los estudiantes.

El Análisis Cuantitativo.

Una visión general de la comparación entre el cuestionario diagnóstico y el final (Anexo 3) nos indica que hay una mejoría en la comprensión del tema al final de la intervención, por ejemplo, resalta la respuesta a la pregunta 2 de estos cuestionarios

debido a que el 57% de los alumnos sabían que Darwin es el autor de la teoría evolutiva, pero solamente el 33.3% ubicaba a A. R. Wallace como autor de la misma (Tabla 10); de hecho el 44% respondió que Mendel es autor de la Teoría Evolutiva por Selección Natural (Figuras 9-13). Al final, 78% reconoce a Wallace como autor de la Teoría Evolutiva y 92% reconoce a Darwin, sin embargo, lo que llama la atención es que se reflejan algunas reminiscencias lamarckistas, ya que del 39% que ubicaban a Lamarck como autor de esta Teoría, aún lo sigue haciendo el 36% al final de la intervención. Esto quizá sea un reflejo de la dificultad de erradicar las ideas previas de los estudiantes (Sánchez, 2000).

De la misma forma para la pregunta ¿Qué explica la teoría evolutiva?, hubo un aumento del 67% al 93.7% en el cuestionario final. Al inicio de la intervención docente solamente el 48.8% sabían que la mutación es un cambio azaroso en el material genético y al final de la intervención el 83.7% de los estudiantes lo sabía. El 25.5% de los estudiantes respondieron en el cuestionario diagnóstico que la evolución es un proceso ciego, sin ninguna finalidad y en el cuestionario final este porcentaje aumentó a un 90%.

En general, cuando comparamos las calificaciones diagnóstica y final de los estudiantes de este trabajo, tenemos un promedio de 5.58 y 8.31 respectivamente. El resto de los descriptivos estadísticos de las calificaciones (por grupo y totales) puede verse en la Tabla 12. En general, existe un comportamiento que indica una mejoría en la comprensión del tema.

La pregunta es entonces si estas diferencias en los resultados entre el cuestionario diagnóstico y final son significativas, es decir si se deben a el ejercicio de la intervención docente o bien al azar y con la finalidad de averiguarlo se llevó a cabo el análisis estadístico

El análisis estadístico comprende dos partes, en la primera se evaluó el comportamiento de los datos (prueba de normalidad); las únicas pruebas que dieron como resultado un comportamiento normal de los datos fue para la diferencia (Final – Diagnóstico) en el caso del CCH Sur y CCH Oriente (*p-valor* igual a 0.399 y 0.052 respectivamente). El resto de las pruebas de normalidad dieron como resultado el

rechazo de la H_0 , entonces se concluye que los datos no siguen una distribución normal. La segunda parte del análisis corresponde a la realización de la prueba no paramétrica de Wilcoxon para determinar si existen diferencias significativas entre las calificaciones de la evaluación diagnóstica y final. El único resultado considerado para el análisis de la prueba de hipótesis o prueba de diferencias, fue la que se obtuvo de la diferencia del conjunto total de datos (diagnóstico menos final), es decir, lo que se considera bachillerato UNAM, cuyo *p-valor* tanto para la prueba de normalidad como para el test de Wilcoxon (Sokal y Rohlf, 1995) fue < 0.001 (Tabla 13).

Recordemos que si *p-valor* es menor que alfa (0.05) se rechaza H_0 (la diferencia de $\bar{X} = 0$) y entonces podemos afirmar que **existen diferencias** significativas entre los tratamientos y, por lo tanto, podemos decir que, con un margen de error del 5%, las calificaciones de los 74 estudiantes del bachillerato UNAM (CCH Sur, ENP No 6 y CCH Oriente) que participaron en este estudio, tuvieron un incremento significativo gracias a la intervención docente.

La didáctica constructivista y el aprendizaje significativo

Uno de los principales elementos del constructivismo es el reconocimiento de la importancia de los conocimientos o ideas previas de los estudiantes (Carretero, 1997), debido a que estos representan los cimientos sobre los cuales se comenzará a construir el nuevo conocimiento. Además, entre otras características que ya han sido señaladas en el apartado de Marco Teórico, bajo este enfoque el alumno toma un papel activo en la construcción de su aprendizaje. Para ello, el rol del docente es el de promotor no solo de la autonomía de los alumnos, sino que también fomenta el análisis y reflexión de la información y situaciones de las diversas actividades (Oaxaca, 2011).

Las ideas previas de los estudiantes que fueron rescatadas resultaron sumamente valiosas y conforman una base conceptual sobre la cual se trabajó a lo largo de los distintos momentos de la intervención docente, cuestionando y solicitando el análisis principalmente de los conceptos clave del tema: el carácter teleológico de la evolución (*¿la evolución tiene un fin?*), la importancia de la variación biológica y el papel de azar

(¿cómo surge la variación, tiene alguna finalidad?; ¿si no hubiera variación en las poblaciones, habría evolución?) y el pensamiento poblacional (¿qué evoluciona, un individuo o una población?; ¿qué fue lo que cambió, un individuo a lo largo de su vida o la proporción de individuos con ciertas características en una población?).

La planeación didáctica en tres momentos que paulatinamente fueron dando autonomía a los estudiantes en el análisis, reflexión y ejecución de los ejercicios, fue un elemento que precisamente fomentó eso, la autonomía en los alumnos, para que de manera activa se promoviera un nuevo aprendizaje.

Analizando crudamente los resultados (véanse las Tablas 8-13 y las Figuras 8-19) podemos afirmar que se ha logrado, sino un cambio conceptual en los alumnos, si un aumento en el porcentaje de estudiantes que comprendieron los conceptos claves del tema de evolución biológica por el mecanismo de selección natural. Incluso el análisis cuantitativo permite afirmar con un margen de error del 5%, que las calificaciones de los 74 estudiantes del bachillerato UNAM de este estudio, tuvieron un incremento significativo gracias a la intervención docente. Sin embargo, dada la naturaleza de los estudios cuasi-experimentales, resulta complicado afirmar que efectivamente, los resultados indican que se dio un cambio conceptual.

El mismo enfoque constructivista reconoce que el aprendizaje toma tiempo y que no se construyen conocimientos de forma instantánea ya que se necesita repetir, reflexionar y practicar lo aprendido para que los conocimientos sean más permanentes (Oaxaca, 2011). Además, diversos autores reconocen que el cambio conceptual (cambiar una idea previa por una concepción científica) es un proceso largo, complejo y no lineal, que implica avances, regresiones, titubeos y que está fuertemente determinado por cuestiones emocionales y sociales (Bello, 2004).

De hecho, Tapia (2019) señala que más que un cambio conceptual, podría presentarse solamente una reestructuración o ampliación de las representaciones que manifiestan los estudiantes en sus ideas previas. En otras palabras, resulta muy arriesgado afirmar que, con los resultados obtenidos, se ha logrado un cambio conceptual pleno en los estudiantes involucrados en el estudio y para acercarnos a esa aseveración, entre otras cosas, tendríamos que esperar uno, dos, tres o quizá más años y volver a

enfrentar a los mismos estudiantes a escenarios biológicos en los que analicen casos de evolución por selección natural y evaluar la permanencia de ideas previas, el reemplazo de la idea previa por una concepción científica o la coexistencia de ambas. Incluso se podría evaluar el entorno cultural, social y emocional como un factor de influencia en estos cambios.

Otras posturas (González-Galli y Meinardi, 2015) sugieren que, de hecho, no es posible ni deseable eliminar y reemplazar las concepciones alternativas para alcanzar un cambio conceptual y se sugiere que el principal objetivo sea que los estudiantes pudieran identificar su propio razonamiento y tomar conciencia de sus limitaciones, promoviendo una especie de vigilancia metacognitiva. A partir de esta toma de conciencia, sobre la forma de pensar (y de los obstáculos) se piensa que se podrían diseñar e implementar estrategias didácticas que faciliten la comprensión, en este caso, de los principios del modelo de evolución por selección natural. De esta forma tenemos aún un terreno por explorar en este tipo de estudios.

Respecto a si el aprendizaje fue significativo, tenemos que recordar que dicha significatividad está directamente relacionada con la existencia de relaciones entre el conocimiento nuevo y el que ya posee el alumno, quien estructura el nuevo conocimiento formando un todo relacionado (Carretero, 1997); de hecho, la característica más importante del aprendizaje significativo es precisamente, que, produce una interacción entre los conocimientos más relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones y no una simple asociación. Puede decirse que el aprendizaje significativo surge cuando el alumno, como constructor de su propio conocimiento, relaciona los conceptos a aprender y les da un sentido a partir de la estructura conceptual que ya posee. Dicho de otro modo, construye nuevos conocimientos a partir de los conocimientos que ha adquirido anteriormente (Oaxaca, 2011). Entonces ¿cómo podemos evaluar si existen estas relaciones entre el conocimiento previo y el nuevo, si ocurrió una interacción profunda y no una simple asociación?

Los estudiantes involucrados en el estudio, realizaron un dibujo en el que plasmaron y explicaron sus ideas sobre cómo creían que ocurre el proceso de evolución biológica y los resultados ya han sido detallados en páginas anteriores, pero básicamente se trata de un conjunto de concepciones alternativas con una visión lamarckista y teleológica o determinista del proceso evolutivo.

En el caso de los estudiantes de la ENP No. 6 y del CCH Oriente, se preguntó a los alumnos en el cuestionario final: *“Considerando el dibujo de evolución que hiciste al inicio de estas sesiones (Actividad 1), ¿cambió tu idea sobre cómo ocurre la evolución biológica? ¿de qué manera modificarías tu dibujo? Explica”*. Estas son algunas de las respuestas (sic):

- *No hice la actividad, pero si cambió mi idea sobre como ocurre la evolución biológica, ya que al principio creía que los seres vivos nos adaptabamos al ambiente según lo requería, sin embargo, no es así porque la evolución se genera a partir de una mutación aleatoria, y aquellos que sobreviven y se reproducen hacen evolucionar a las poblaciones.*
- *Ese día falte a la clase y no pude realizar la actividad (🙄), sin embargo a las ideas que tenia sobre la evolución biológica, si cambiaron totalmente ya que no sabia nada al respecto de la mutación y creia que los seres cambiaban solo para poder sobrevivir, ahora me doy cuenta que no, ya que intervienen otros factores.*
- *Si, sobre qué hay muchos factores que influyen en esto no solo en el ambiente sino podría ser por mutación o incluso por la población:))*
- *Si cambio la idea que tenía sobre lo que era la evolución biológica, ya que desconocía que era un fenómeno que ocurría al azar y sin ningún objetivo establecido, el dibujo no lo cambiaría, si no que agregaría una etapa en la que todas las plantas mueren pero crece una con mayor resistencia, agregando que con el tiempo podrían salir más con la misma capacidad de supervivencia, haciendo que aparezca una población resistente es decir, que la población evolucioné, siendo esta la etapa final.*
- *No tuve oportunidad de realizar la actividad uno, pero con la clases que proporcionó el profesor he comprendido que la evolución biología se crea a partir de las mutaciones que se generan en el ADN de las especies y no en las necesidades que éstas necesitan para sobrevivir.*
- *No pude asistir a esa clase pero diría que la evolución biológica puede ocurrir por diversos factores como un cambio de ADN que se puede heredar a las siguientes generaciones que son mutaciones.*
- *Sí, noté que yo tenía una idea errónea de cómo era que las especies evolucionaban.*
- *Pensaba que era por la necesidad y que era con algún objeto, ahora comprendo que es al azar.*

- *Creo que mi idea cambio pero no mucho por así decirlo solo mejore algunos detalles.*
- *Sí lo hizo, pero muy poco, porque yo tenía una idea parecida a lo que realmente era o se explicó. Así que no cambió mucho, sin embargo, quedó más clara la explicación de cómo ocurre la evolución biológica:)*
- *Cambio bastante, ya que yo dibuje un ejemplo de Lamarck, el cual era el del cuello creciente de las jirafas para satisfacer sus necesidades, pero realmente no es así, vienen otras propuestas de Darwin o Wallace que explican la selección natural y sus postulados de manera que intervienen factores en la especie como su adaptación, la supervivencia, el ambiente cambiante o incluso la modificación de su material genético para poder mutar algunas características en su organismo, el cual lo beneficie para sobrevivir.*
- *Si cambio, pues tenía una idea básica del como surgen nuevas especies y que no se trata de un proceso lineal, si no que es azaroso, ramificado y qué tiene un ancestro común. Pero ahora tengo más claro el por qué y cómo ocurre eso. Claro ahora tengo más dudas, pero pues ya entiendo mejor.*
- *Sí, ya qué tenía en mente la ley de uso y desuso, no tenía buen conocimiento de este tema y por lo tanto me di cuenta de mis errores al finalizar estas nuevas actividades.*
- *Sí, en mi dibujo no supe poner o explicar bien la evolución, lo puse cómo un proceso en el que se crean seres perfectos para poder sobrevivir en cierto ambiente, pero ahora se que la evolución no crea seres completamente perfectos.*
- *Si ya que el dibujo que hice al principio no es como realmente es la evolución biología ya que como ocurre por qué hay variación azarosa en las poblaciones y se va heredando pero sin ningún objetivo en el proceso.*
- *Mi idea si cambio con relación a mi dibujo, debido a que antes tenía la idea sobre que los seres vivos evolucionaban por las necesidades que tenían o por el uso y desuso que tenían en sus cuerpos y por esa razón los seres vivos evolucionaban, al ser la evolución un proceso conciente, ahora me doy cuenta que la evolución es un proceso ciego y sin dirección, con requisitos muy complejos y extensos.*
- *No, la idea que tenía sobre la evolución causada por mutaciones al azar que pueden o no servir al organismo no ha cambiado*
- *La verdad es que si, ya que siempre creí que el hombre, conforme pasaba el tiempo tenia uno o dos cambios físicos, y estoy iban haciendo que mejoráramos tanto físicamente como mentalmente, además de que pensaba que quizás nosotros en algún momento llegaríamos a tener un cambio tan drástico como mi dibujo y toda la humanidad cambiaria. Pero en realidad no es así, pude comprender que los cambios llevan a veces muchos años y no siempre se da en todas las poblaciones, también, comprendí que no se dan por arte de magia, sino que hay una mutación dentro de nuestro cuerpo y esto hará que evolucionemos paulatinamente.*
- *Si, ya que pensaba que los seres vivos tenían que tener una necesidad o una intención para poder evolucionar. Pero con lo visto en la clase, ya comprendo que es una mutación al azar*

- *sí, el proceso de evolución natural no es algo programable o con un fin en específico, sino que resulta ser un proceso ciego y azaroso*
- *No, no ha cambiado, realmente ya tenía presente esto, pero fue interesante volver a tocarlo en clase*
- ***Si, pienso que se lleva a cabo mediante las necesidades que cada ser vivo necesita en cierto tiempo y de acuerdo a su entorno h lo que lo rodea.***
- *Sí. Comprendí que la evolución es un proceso al azar, sin propósito, que ocurre por una mutación en los genes de un individuo generando una característica que en caso de sobrevivir, hereda a su descendencia y que sobre todo el individuo NO muta consientemente.*
- *Si, ahora se entiende que una evolución es porceso al azar, que no está planeado adaptarse por necesidad, ya que es un proceso ciego en donde interviene la mutacion, y como se comentó en clase. . . "Sin mutacion no hay variación"*
- *No, mi idea sigue siendo la misma pues ya contaba con estos conocimientos previos que me guiaron a dibujar a la rana que nació con la característica de tener una lengua mas larga (de manera azarosa) esto le permitió sobrevivir de mejor manera y reproducirse, causando que más ranas nacieran con esta característica. Pero aún así aprendí bastante sobre el proceso de selección natural y evolución 🐸🐸*
- *Mi dibujo fue de cómo las jirafas que se adaptaron al ambiente conforme a las características que poseían y lograban cubrir sus necesidades, sería el tipo de jirafas que sobreviviría. No tenía una idea muy clara acerca de la evolución biológica y tomé la idea de lo que había entendido en la primera clase de este tema. Ahora el concepto de evolución biológica que tengo, es de como dentro de una misma especie, existen variaciones que les proporcionan características diferentes a los organismos y que dependiendo de qué tan beneficiante sea para estos, logran sobrevivir y reproducirse o disminuir su población o extinguirse.*
- *Creo que no mucho, en sí mi manera de ver la evolución biológica era muy parecida a lo que entiendo ahora: una especie habita en un entorno, en un azar nace un individuo con mejores características, éste individuo tiene ventajas de sobrevivir, se reproduce y hereda sus características a sus descendientes, después de mucho tiempo sólo los individuos con mejores características sobreviven y se reproducen, por lo tanto hay más cantidad de esta especie "mejorada".*
- *Si, porque entendí que la selección natural es algo que ocurre sin intención y no es porque los seres vivos buscan adaptarse*
- *Si, yo creía que la evolución se basaba en una necesidad de algo y jamás consideré el azar, no obstante, este último es el primer encargado de que ocurra dicha evolución*
- *Si, cambio bastante, al principio tenia la idea que la evolución era un proceso que su principal objetivo era adaptarse a las condiciones en la que se desarrollaba el organismo para sobrevivir, ahora se que el proceso evolutivo es azaroso y que puede generar mutaciones a través del*

tiempo y la constante reproducción, no tiene un fin específico, siendo así que algunos organismos pueden salir beneficiados.

- *si, ya que la evolución no es lineal y es un proceso mucho más complejo que ocurre al azar y el hecho de que la variabilidad este presente en todas las especies, quiere decir que con el tiempo cambiamos al azar a base de nuestro entorno dando una mejor diversidad de especies y el equilibrio en el ecosistema.*
- *si cambió, ya que lo que tenía entendido es que las especies evolucionaban debido a los cambios externos en el ambiente, y esto los hacía ir cambiando algunas características para poder sobrevivir en sus ambientes a lo largo de varias generaciones. Ahora se que estos cambios son totalmente al azar y a los que les tocó el cambio que les da esa fortaleza son los que sobreviven, y estos las heredan a su descendencia.*

La gran mayoría de las respuestas de los alumnos, afirman que sí cambió su idea sobre cómo ocurre el proceso evolutivo y describen en qué sentido lo hizo (*pensaba en las jirafas de Lamarck, en el uso y desuso, en que había una necesidad, en que había una dirección, etc., y ahora ya sé que interviene el azar, que las mutaciones generan variación, que no hay una intención, etc.*), en muy pocas reflexiones se siguen advirtiendo pensamientos lamarckistas, como en la opinión en azul y varias otras reafirman también que algunos alumnos ya tenían un conocimiento previo correcto.

Al menos en la adquisición de conocimientos de tipo conceptual y declarativo, podemos afirmar que la intervención docente tuvo un efecto positivo en la adquisición de un aprendizaje significativo del mecanismo evolutivo de la selección natural en los estudiantes de este trabajo. Sin embargo, otra característica de los contenidos que se aprenden significativamente es que estos deben ser más estables, menos vulnerables al olvido y que deben permitir la transferencia de lo aprendido (Díaz-Barriga y Hernández, 2010). Por tal motivo, nuevamente es arriesgado afirmar que el conocimiento que los alumnos adquirieron es totalmente significativo en sus vidas ya que habría que volver a evaluarlos en un futuro cercano, confrontarlos a situaciones donde deban aplicar estos mismos conocimientos y determinar la estabilidad y permanencia de los mismos. Además, no debemos dejar de lado que el tema de la evolución biológica es un tema controversial para distintos sectores de la sociedad, por lo que los alumnos y el público en general, seguramente verán afectado el

desarrollo de este conocimiento (para bien o para mal) en función de diversas influencias sociales y culturales.

CONCLUSIONES

Las concepciones alternativas o ideas previas sobre el tema de la evolución biológica que se encontraron en los estudiantes del bachillerato UNAM de los grupos 461-B del CCH Sur, 561 de la ENP 6 y 468-A y 464-B del CCH Oriente, son esencialmente las mismas que se reportan en la literatura; en ellas, los alumnos expresaron que el proceso evolutivo es finalista, que el fin último es ser mejor y/o alcanzar una perfección; la visión antropomórfica está bien representada en los dibujos de “la marcha del progreso”; con independencia del tipo de dibujo realizado, las ideas “lamarckistas” son abundantes en las concepciones alternativas de los estudiantes. Únicamente el 3.8% de los dibujos y explicaciones contienen una explicación correcta sobre el proceso evolutivo por el mecanismo de selección natural.

Este trabajo tuvo como principales elementos la consideración de que la enseñanza de la teoría evolutiva es muy importante en la formación de los estudiantes de nivel medio superior, pues la teoría evolutiva es un eje estructurante, no solo en la Biología sino también para otras disciplinas; otro elemento relevante que se considera en esta tesis son los conceptos estructurantes de la teoría evolutiva: la importancia de la variación (y su origen), el papel del azar y el pensamiento poblacional.

Partiendo de esto, y de las ideas previas que se detectaron en los estudiantes, el diseño de la estrategia didáctica en tres momentos, que paulatinamente aumentaron la complejidad de los ejercicios y promovieron la autonomía de los alumnos, dio como resultado un efecto positivo en la comprensión del tema por parte de los mismos.

Se aprecia un avance en la adquisición del conocimiento de la evaluación diagnóstica con un promedio grupal de 5.58 y, después de realizar las actividades de aprendizaje, en el examen final se obtuvo un promedio de 8.31. Esta diferencia tiene el respaldo del test de Wilcoxon ($p\text{-valor} < 0.001$) por lo que podemos decir que, con un margen de error del 5%, las calificaciones de los 74 estudiantes del bachillerato UNAM (CCH Sur, ENP No 6 y CCH Oriente) que participaron en este estudio, tuvieron un incremento significativo gracias a la intervención docente.

En otras palabras, después de la implementación de la intervención, se encontró una respuesta positiva al tema impartido, es decir, hubo un cambio de las concepciones

alternativas “lamarckistas” y “teleológicas” a una mejor comprensión de la evolución biológica por el mecanismo de selección natural.

Entre los resultados más notables, se encuentra el que los estudiantes incluyeron a Wallace como autor de la teoría evolutiva por selección natural, ya que solo 33.3% de los alumnos lo sabía y al final el 78% alcanzó este conocimiento. No obstante, también se presentan algunas reminiscencias lamarckistas, ya que al inicio de la intervención el 39% de los alumnos pensaba que Lamarck es autor de la teoría evolutiva por selección natural y al final lo seguía pensando el 36%.

Al inicio de la intervención solo el 48.8% de los alumnos sabía que la mutación es un cambio azaroso en el material genético y este porcentaje aumento a 83.7% en la evaluación final, además, en el ejercicio guiado solamente el 52% respondió que la mutación es la principal fuente de variación en las poblaciones y en el cuestionario final lo hizo el 79%.

Respecto al carácter finalista de la evolución, solo el 25.5% de los alumnos sabía que la evolución no tiene ninguna intención o finalidad y en el cuestionario final este porcentaje aumento a un 90%.

El componente de la teoría evolutiva por el mecanismo de selección natural que resultó más difícil de comprender por parte de los alumnos, fue el pensamiento poblacional. En el ejercicio explícito, la respuesta generalizada que dan prácticamente todos (100%) los estudiantes, es que evoluciona una polilla (individuo), este porcentaje disminuye a 39% en el ejercicio guiado, aumenta nuevamente a 84.9% en el ejercicio autónomo y vuelve a disminuir a 66.2% en la evaluación final. Sin duda, para los alumnos fue complicado analizar que la evolución actúa sobre la variación existente en una población y no como un cambio en la proporción de individuos de una población con características discretas. Este es un aspecto sobre el cual se debe trabajar, diseñando actividades que presenten un panorama amplio de las variantes en una población y de cómo éstas van siendo seleccionadas.

En el contexto de que las ideas lamarckistas son muy recurrentes en los estudiantes de nivel medio superior, como lo reflejan los resultados de este trabajo, resulta muy

importante tomarlas en cuenta en el contexto educativo. Entre las razones por las que estas ideas están muy arraigadas tenemos que se recurre a la “necesidad” (los organismos desarrollan nuevas características porque las necesitan para sobrevivir) y al “uso y desuso” (una especie cambia porque sus miembros usan más o dejan de usar ciertos órganos o habilidades). Cuando se aborda la enseñanza de la teoría evolutiva es probable que se entienda el pensamiento de Lamarck como la antítesis del pensamiento de Darwin-Wallace; este escenario debería ser aprovechado para rescatar que el pensamiento de Lamarck como el primer antecedente científico de una teoría de la evolución, así como para dar información confiable sobre “Lamarck y la epigenética”, y con ello también rescatar la importancia de sus aportaciones, lo cual a su vez sería muy importante para regresar al hecho de que la ciencia es un campo en constante construcción.

Es difícil asegurar si el conocimiento que los alumnos adquirieron, reflejado en la evaluación final, implica un verdadero cambio conceptual y un aprendizaje significativo, debido a la misma naturaleza de estos conceptos. Una tarea muy interesante que podría realizarse en un futuro inmediato o de corto plazo, sería volver a evaluar a los mismos estudiantes y determinar la permanencia del cambio conceptual y del aprendizaje significativo. No obstante, también podemos decir que la comparación explícita entre las ideas antiguas y las nuevas, que se llevó a cabo en la evaluación final, es un reflejo de que hubo una comprensión plena del tema y que muchos de los alumnos expresan con claridad un cambio en sus ideas originales.

Por último, es importante mencionar que existen diversos factores involucrados en la enseñanza-aprendizaje de la teoría evolutiva que no fueron objeto de estudio de este trabajo, pero que resultaría muy importante abordarlos e incorporarlos en un estudio más completo. Por ejemplo, resulta muy interesante averiguar la forma en cómo los profesores están enseñando la evolución biológica en el nivel medio superior y si ellos mismo tienen una comprensión plena del tema. Y no solo el cómo, sino también el qué, es decir, qué están enseñando los profesores acerca de la teoría evolutiva.

Sin duda, existen diversas problemáticas que aún deben ser estudiadas en torno a la enseñanza y aprendizaje de la teoría evolutiva. Los enfoques actuales muestran que es fundamental tanto para los estudiantes como para los profesores de ciencias comprender la evolución biológica, su historia y su estrecha relación con la naturaleza de las ciencias, para poder así utilizar la evolución como principio explicativo fundamental dentro de las ciencias de la vida.

LITERATURA CITADA.

- Alters, B. J. y C. E. Nelson. 2002. **Perspective: teaching evolution in Higer education.** *Evolution.* 56(10): 1891 – 1901.
- Arteaga, Y. y Tapia, F. 2009. **Núcleos problemáticos en la enseñanza de la biología.** *Educere.* 13 (45): 719-724
- Ausubel, D. P. 1976. **Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo.** Ed. Trillas. México.
- Balderas, I. 2017. **Aportes de la Investigación Cualitativa a la Investigación en Educación.** Congreso Nacional de Investigación Educativa. San Luis Potosí. Recuperado de: <https://www.comie.org.mx/congreso/memoriaelectronica/v14/doc/0503.pdf>
- Bello, S. 2004. **Ideas previas y cambio conceptual.** *Educación Química* 15(3): 60-67
- Bono C., R. 2012. Diseños cuasi experimentales y longitudinales. Universidad de Barcelona. Recuperado de: <https://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/30783>
- Brenan. M. 2019. **40% of Americans Believe in Creationism.** Recuperado de: <https://news.gallup.com/poll/261680/americans-believe-creationism.aspx>
- Brooks, D. 2007. **Dios y Darwin, en contienda electoral.** *La Jornada. Sociedad y justicia.* 16 de junio.
- Bueno, H. A. 1990. **Centro de Origen. Historia de un concepto.** *Ciencias* 18: 41-46.
- Carretero, M. 1997. **¿Qué es el constructivismo?** Recuperado de <https://educacionucuenca.webnode.es/news/que-es-el-constructivismo/#:~:text=B%C3%A1sicamente%20puede%20decirse%20que%20es,produciendo%20d%C3%ADa%20a%20d%C3%ADa%20como>
- Conacyt. 2010. **Informe General del Estado de la Ciencia y la Tecnología.** México.
- Cruz, C. J. W. 2021. **La enseñanza de la teoría evolutiva en el bachillerato partiendo de los obstáculos en las representaciones visuales.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Darwin, C. R. 1859. **The origin of species.** John Murray. London.
- Díaz-Barriga, A. F. y G. Hernández. 2010. **Estrategias docentes para un aprendizaje significativo . Una interpretación constructivista.** McGraw-Hill/Interamericana. México. 405 pp.
- Dobzhansky, T. 1973. **Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution.** *American Biology Teacher* 35: 125-129.
- Duprè, J. 2018. **El legado de Darwin. ¿Qué significa la evolución hoy?** Epublibre.
- ENCCH-UNAM. 2016. **Programa de Estudio, Biología I y II.** Recuperado de: <https://www.cch.unam.mx/programasestudio>
- ENP. UNAM. 1996. Programa de Estudios de Biología IV. Recuperado de: <https://www.dgire.unam.mx/webdgire/planes-de-estudio-y-programas-operativos/plan-y-programas-indicativos-escuela-nacional-preparatoria/>
- Equihua, M. y Hernández, A. (s/f). **¿Por qué es importante para México mantener su biodiversidad?** Recuperado de: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/344-por-que-es-importante-para-mexico-mantener-su-biodiversidad>
- Fernández-García, P., Vallejo-Secco, G., Livacic-Rojas, P. E., y Tuero-Herrero, E. 2014. **Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales.** *Anales de Psicología,* 30(2), 756-771. Recuperado de : <https://dx.doi.org/10.6018/analesps.30.2.166911>
- García, P. D. 2019. **El método comparativo constante y sus potencialidades para el estudio de políticas educativas para la escuela secundaria en Latinoamérica.** *Revista Latinoamericana de Educación Comparada,* 10 (15): 27-43.
- González-Galli, L. y E. Meinardi. 2015. **Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina.** *Ciência & Educação (Bauru),* vol. 21, núm. 1, enero-marzo, pp. 101-122.
- González-Galli. L. M. 2011. **Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural.** Tomo I. (Tesis de Doctorado). Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Gonzalez-Galli. L. y E. Meinardi. 2017. **Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología.** *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.* 14 (3): 435-449
- Gould, S. J. 1981. **La evolución como un hecho y como una teoría** (Traducción de Malcom Cartagena). Recuperado de <http://www.ibiologia.unam.mx/pdf/directorio/z/filosofia/Posdarwin/evoluci.pdf>
- Grau, R. y J. de Manuel. 2002. **Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos.** *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales.* 32. 56-64.
- Guillén, F. 1995. **Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en secundaria.** *Ciencia.* 46: 23-31
- Hernández. O. A. 2012. **Evaluación del Aprendizaje Significativo en el tema: "La Evolución como proceso que explica la diversidad de los seres vivos" en la asignatura de Biología II del Colegio de Ciencias y Humanidades, UNAM.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Iglesias D. J. L. 2013. **Desarrollo del adolescente: aspectos físicos, psicológicos y sociales.** *Pediatría Integral;* XVII (2): 88-93.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. -INEGI. 2013. **Encuesta sobre la Percepción Pública de la Ciencia y la Tecnología en México 2011.** 131 pp.
- Jiménez, M. P. 1991. **Cambiando las ideas sobre el cambio biológico.** *Investigación y experiencias didácticas. Enseñanza de las ciencias,* 9(3). 248-256.
- Jiménez, M.P. 2009. **Los conceptos de población y de especie en la enseñanza de la biología. Concepciones, dificultades y perspectivas.** (Tesis de doctorado). Universidad de Granada, Granada.
- Lazcano, A. 2005. **Teaching Evolution in Mexico: Preaching to the Choir.** *Science* 310: 787-789.

- Linares, C. J. del R. 2011. **El constructivismo en la educación.** (Tesina de Licenciatura). Facultad de estudios Superiores Iztacala. UNAM.
- Lombrozo, T.; A. Thanukos y M. Weisberg. 2008. **The importance of Understanding the Nature of Science for Accepting Evolution.** *Evo. Edu. Outreach* 1: 290-298.
- López, F., N., M. 2018. **Comprensión del concepto de evolución por selección natural.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- López, V. H. 2019. **Enseñanza-Aprendizaje de la Teoría Evolutiva a través de las tecnologías de la información y comunicación en el bachillerato.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Marrero-Delgado, G. A. 2016. **Estudio de caso de las concepciones de estudiantes universitarios sobre mutación, selección natural y adaptación.** (Tesis de Doctorado). Universidad de Puerto rico.
- Mayr, E. 2000. **Así es la Biología.** Editorial Debate. México.
- McInerney, J. D. 2009. **La enseñanza de la evolución siglo y medio después de *El origen de las especies*.** *Ciencia Hoy.* 19(113):76-83.
- Miller, J. D.; E. C. Scott y S. Okamoto. 2006. **Public acceptance of evolution.** *Science* 313: 765-766.
- Nature (Editorial). 2005. **Dealing with design.** *Nature* 434: 1053. Recuperado de: <https://doi.org/10.1038/4341053a>
- Oaxaca, A. N. 2011. **El constructivismo como generador de aprendizaje significativo.** (Tesis de Licenciatura). Universidad de Sotavento. Orizaba, ver.
- Osses Bustingorry, S., Sánchez Tapia, I. e Ibañez Mansilla, F. M. 2006. **Investigación cualitativa en educación: Hacia la generación de teoría a través del proceso analítico.** *Estud. pedagóg.* [online]. 2006, vol.32, n.1: 119-133. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07052006000100007&lng=es&nrm=iso
- Piñero, D. 2009. **México debe reforzar la enseñanza de la biología evolutiva: expertos.** *La Jornada. Ciencias.* 15 de enero.
- Resnick, L. y A. Collins 1996. **Cognición y aprendizaje.** *Anuario de Psicología* 69: 189-197.
- Romero-Saldaña, M. 2016. **Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal.** *Revista Enfermería del Trabajo.* 6(3): 105-114.
- Rosas G. B. A. 2012. **Análisis de los conceptos erróneos en la enseñanza de la teoría de la evolución a nivel de enseñanza media superior.** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rubio, M. J. 2009. **La SEP contra la teoría de la evolución.** *La Jornada. Ciencias.* 10 de septiembre.
- Ruiz, F. V. H. 2018. **La percepción del tiempo en los adolescentes.** Centro Eleia. Recuperado de: <https://www.centroeleia.edu.mx/blog/lapercepciondeltiempoenlosadolescentes/#:~:text=Los%20adolescentes%20y%20el%20tiempo&text=El%20tiempo%20se%20percibe%20y,una%20%E2%80%9Ccrisis%20de%20temporalidad%E2%80%9D>.
- Ruiz, R; E. Álvarez; R. Noguera y M. Esparza. 2012. **Enseñar y aprender biología evolutiva en el siglo XXI.** *Bio-grafías,* 5(9): 80-88.
- Ruvalcaba C. J. M. 2017. **Encuesta sobre la percepción pública de la ciencia y la tecnología: Cuando la educación científica no ahuyenta fantasmas.** *Nexos. Distancia por tiempos. Blog de educación.* Recuperado de: <https://educacion.nexos.com.mx/cuando-la-educacion-cientifica-no-ahuyenta-fantasmas/>
- Sánchez, M. M. del C. 2000. **La enseñanza de la Teoría de la Evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes.** (Tesis de Doctorado). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, J. S., M. C. Conde, V. y Zapata. 2017. **Concepciones alternativas sobre evolución. Un estudio en futuros maestros.** X *Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias:* 2219-224 Sevilla.
- Secretaría de Educación Pública. 2021. **Programas de estudio 2021. Ciencias. Biología. Secundaria 1º.** Recuperado de: <https://www.planyprogramasdestudio.sep.gob.mx/secu-intro-explora-ciencias-biologia.html>
- Smith, M. U. 2010. **Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical issues.** *Science & Education.* 19 (6-8): 539-571.
- Sokal, R.R. y Rohlf, F.J. 1995. **Biometry,** 3rd edn. 887 pp, New York: Freeman.
- Tapia, S. M. 2019. **Aprendizaje significativo del concepto de evolución biológica con base en el modelo de cambio conceptual.** (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Trinidad-Velasco, R. y A. Garritz. 2003. **Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia.** *Educación Química* 14(2): 92-105.
- Tucker, W. H. 2013. **La ideología del racismo: El abuso de la ciencia para justificar la discriminación racial.** Crónica ONU. Recuperado de: <https://www.un.org/es/chronicle/article/la-ideologia-del-racismo-el-abuso-de-la-ciencia-para-justificar-la-discriminacion-racial>
- Unesco. 1999. **Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico.** Recuperado de: http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm
- Urueta, O. T. 2005. **De las ideas previas a los protoconceptos: propuesta para la enseñanza de la teoría evolutiva en secundaria.** (Tesis de Licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ciencias.
- Wallace, A. R. 1858. **On the tendency of varieties to depart indefinitely from the original type.** (trabajo presentado en la reunión de la Linnean Society el 1 de Julio, 1858. *Journal of the Linnean Society of London (Zool.)* 3: 45-62. URL: <http://people.wku.edu/charles.smith/wallace/S043.htm>

ANEXOS

ANEXO 1. PLANEACIÓN DIDÁCTICA. *

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

PRÁCTICA DOCENTE I, II y III.

Profesoras: Mtra. Silvia Toro Badillo;

Mtra. Hilda C. Morales Cortés

Mtra. Diana Margarita Reyes Armella

Alumno: Roberto Carlos Tufiño Velázquez

Fechas: 13 de febrero del 2022, 23 de agosto del 2022 y 16 de abril del 2023

* Esta planeación didáctica es el resultado de la guía, orientación y retroalimentación de las tres prácticas docentes; su ejecución tuvo algunos ajustes en cada una de las intervenciones

FORMATO DE PLANEACIÓN DIDÁCTICA.

NOMBRES DE LOS PROFESORES

Profesor supervisor: _____

Profesor Practicante: Mtro. Roberto C. Tufiño Velázquez

DATOS DE LA ASIGNATURA

Plantel:	Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur y Oriente; Escuela Nacional Preparatoria No. 6
Nombre de la asignatura:	Biología II y Biología IV
Clave:	1403/1502
Optativa/obligatoria:	Obligatoria
Semestre:	4 semestre/2º año
Plan de estudios:	96
Grupos:	461-B; 561; 464-B y 468-A
Horario:	
Horas por semana:	5

Colegio de Ciencias y Humanidades. BIOLOGÍA II.

UNIDAD 1. *¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?*

PROPÓSITOS: Al finalizar, el alumno:

- Identificará los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo.
- Identificará la Teoría celular y la Teoría evolutiva por selección natural, como unificadoras para el estudio de la biología.
- Interpretará a la evolución como el proceso por el que los sistemas biológicos cambian en el tiempo y cuyo resultado es la diversidad biológica.

TEMÁTICA

2. Evolución Biológica

- Evolución
- Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo: Lamarck, Darwin-Wallace y Teoría Sintética de la Evolución.

APRENDIZAJES.

- Identifica el concepto de Evolución biológica.
- Reconoce las aportaciones de Lamarck, Darwin-Wallace y Teoría Sintética al desarrollo del pensamiento evolutivo.

Escuela Nacional Preparatoria

BIOLOGÍA IV.

Unidad 2. *Pérdida de la biodiversidad, una problemática en México y el mundo*

Objetivos específicos

El alumno:

- Analizará las causas de la pérdida de biodiversidad en México y el planeta, a través del análisis de lecturas y gráficas, así como del estudio de casos, utilizando las tecnologías de la información y comunicación para entender las repercusiones ambientales de esta problemática.
- Reflexionará sobre las posibles soluciones al problema de la pérdida de la biodiversidad a través del análisis de casos concretos para que valore la importancia de su conservación.

Contenidos conceptuales

2.4 La evolución como generadora de la biodiversidad:

- a. mecanismos de la evolución: selección natural, deriva génica, mutación y migración
- b. procesos de especiación: alopátrica y simpátrica

Contenidos procedimentales

2.11 Elaboración de organizadores gráficos sobre algunos de los mecanismos evolutivos generadores de diversidad biológica, para su descripción e interpretación

2.15 Desarrollo de actividades de laboratorio orientadas al estudio de los aspectos relacionados con la generación y pérdida de la biodiversidad y que propicien la elaboración de hipótesis, el desarrollo experimental y el análisis de resultados

Contenidos actitudinales

2.16 Valoración del papel de los procesos evolutivos en el origen de la Biodiversidad

Profesor practicante: Mtro. Roberto Carlos Tufiño Velázquez Sesión: **1; 2hrs** Fecha: _____

Profesor supervisor: _____ Grupo: _____

Aprendizajes: _____

Objetivo de la sesión: aplicar el cuestionario para rescatar ideas previas del tema de evolución biológica; detectar las ideas previas y los conocimientos de los alumnos acerca del origen y evolución de la diversidad de los sistemas biológicos.

Secuencia didáctica		
Apertura (20 min.)	Desarrollo (40-60 min.)	Cierre (20 min.)
<ul style="list-style-type: none">✓ Presentación✓ Dinámica 2 verdades una mentira✓ Esquema de evaluación✓ Portafolio de evidencias	<p>Aplicación de:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Evaluación diagnóstica✓ Recuperación de ideas previas mediante:<ul style="list-style-type: none">• Dibujo• Cuestionario <p>Presentación y ubicación de la temática:</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Lectura de los objetivos y aprendizajes del programa de la materia.✓ Lectura grupal del organizador avanzado (OA)✓ Presentación del Organizador gráfico (OG) incompleto. Los alumnos lo analizan y completan la información con ayuda de la lectura del OA.	<ul style="list-style-type: none">✓ Mediante preguntas dirigidas se cuestiona:<ul style="list-style-type: none">¿Qué temas se revisarán?¿Qué actividades hicimos el día de hoy y ya pueden registrar en su portafolio de evidencias?¿Qué valor tendrán las actividades y qué valor el cuestionario final?

Materiales y recursos:

Formato de evaluación diagnóstica y formato de cuestionario de ideas previas; formato para el dibujo de evolución. Formatos de OA y OG.

Evaluación:

Evaluación diagnóstica (cuestionario)
Evaluación formativa (Ideas previas: dibujo y cuestionario); elaboración del portafolio de evidencias

Profesor practicante: Mtro. Roberto Carlos Tufiño Velázquez Sesión: **2; 2hrs** Fecha: _____

Profesor supervisor: _____

Grupo: _____

Aprendizajes: Los alumnos son capaces de describir el mecanismo evolutivo propuesto por Lamarck y reconocer su aportación. Los alumnos serán capaces de describir el proceso de selección natural mediante el ejemplo del melanismo industrial.

Objetivo de la sesión: Reconocer la aportación de Lamarck al pensamiento evolutivo; reconocer las aportaciones de Darwin-Wallace al pensamiento evolutivo; reconocer a la variación biológica como uno de los requisitos más importantes de la evolución biológica. Describir el proceso de selección natural mediante un ejemplo.

Secuencia didáctica		
Apertura (20 min.)	Desarrollo (40-60 min.)	Cierre (20 min.)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saludos al grupo, se pregunta a los estudiantes cómo están. ✓ Pase de lista. ✓ Se pregunta de manera dirigida qué tema vamos a revisar. ✓ Se retoman/recuerdan los objetivos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Aportación de Lamarck: Con apoyo de un esquema impreso y de un vídeo de redes sociales se revisa el mecanismo propuesto por Lamarck y sus principios. Se cuestiona y se pide a los alumnos que analicen si el proceso evolutivo puede ocurrir de esa forma. Se resalta la aportación de Lamarck como el primer mecanismo de evolución formalmente propuesto. ✓ Darwin-Wallace: Se hace la siguiente pregunta ¿Entonces cómo ocurre el proceso evolutivo? Primero se proporcionan copias a los alumnos con imágenes de variación y se pide que las describan para que ellos mismo deduzcan que la variación es una característica importante de las poblaciones. Se hacen las siguientes preguntas (sin responderlas): a) ¿Cómo surge esa variación? 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mediante preguntas dirigidas se cuestiona: ¿Qué revisamos el día de hoy? ¿El mecanismo propuesto por Lamarck es válido? ¿Cuál es la principal aportación de Lamarck al pensamiento evolutivo? ¿Cómo se llama el caso de la evolución de la polilla <i>Biston betularia</i>?

	<p>b) ¿Sirve para algo esa variación?</p> <p>Y se inicia la explicación del mecanismo propuesto por Darwin-Wallace mediante:</p> <p>✓ 1. Ejercicio explícito: Con ayuda de un par de cartulinas de color blanco y café y de polillas de papel de color blanco y café, el profesor presenta y explica un caso de Selección Natural (sin darle nombre aún) que se llama “<i>Hagamos un experimento</i>” y que consiste en explicar la selección de la polilla <i>Biston betularia</i> en ciertas condiciones.</p> <p>A lo largo de la presentación se formulan diversas preguntas y los alumnos participarán y discutirán al respecto; de igual forma se fomenta en pensar sobre las posibles hipótesis del experimento.</p> <p>Posteriormente se dice que lo explicado es un <i>caso de la vida real</i> que se llama “Melanismo Industrial” y se proporcionan todos los datos del caso.</p>	
--	--	--

<p>Materiales y recursos: Formato de esquemas sobre el mecanismo de Lamarck Vídeo de redes sociales: https://www.facebook.com/watch/?ref=saved&v=608168213579733 Formato de imágenes de variación Material didáctico del ejercicio explícito (Melanismo industrial)</p>	<p>Evaluación: Formativa: durante el trabajo y participación en parejas, individual y/o en equipos, regulando el aprendizaje con el ejercicio guiado, adaptando o ajustando los conceptos o ideas que sean necesarios.</p>
---	---

Profesor practicante: Mtro. Roberto Carlos Tufiño Velázquez Sesión: **3; 1 hr.** Fecha: _____

Profesor supervisor: _____

Grupo: _____

Aprendizajes: Los alumnos serán capaces de analizar las interacciones entre la variación biológica y las condiciones ambientales; analizan el papel del azar en el proceso, el origen de la variación y si evoluciona la población o el individuo; proponen su propio ejemplo de selección natural; de igual forma serán capaces de enunciar los postulados de la selección natural.

Objetivo de la sesión: reconocer las aportaciones de Darwin-Wallace al pensamiento evolutivo

Secuencia didáctica		
Apertura (20 min.)	Desarrollo (40-60 min.)	Cierre (20 min.)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saludos al grupo. ✓ Pase lista ✓ Se coloca el material didáctico del caso “Melanismo Industrial” en el pizarrón y se pide a los alumnos que pasen a conformar las poblaciones “antes y después”, para retomar el ejemplo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Segundo momento de la explicación del mecanismo de evolución por Selección Natural: ✓ Ejercicio guiado: En parejas, conformadas por el profesor, se asigna un ejercicio en una hoja impresa, el cual contiene las instrucciones y consiste en dar a los equipos un <i>escenario biológico</i>, en el que tendrán que describir y esquematizar las poblaciones y su variación, así como las condiciones del ambiente y cómo cambian las poblaciones después de alguna modificación en el ambiente. Al final de este ejercicio, mediante preguntas, se monitorea si los alumnos pueden responder <i>cómo se originan las variantes de una población, si esas variantes sirven para algo o surgen de manera predeterminada con</i> 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se pide a los alumnos que hagan un resumen de las condiciones que se deben cumplir para que ocurra el mecanismo de evolución por selección natural. ✓ Los alumnos pasan al pizarrón y ahí escriben sus ideas que serán retomadas al inicio de la siguiente clase.

	<p><i>alguna finalidad y qué es lo que evoluciona, si la población o un individuo.</i></p> <p>✓ Mapa Mental.</p> <p>Se pide a las mismas parejas de alumnos, que analicen toda la información que se ha visto hasta el momento del tema y reflexionen y elaboren un mapa mental sobre los “5 puntos o principios importantes que se deben cumplir para que se dé el mecanismo de evolución por selección natural”. Cinco o seis parejas al azar participan leyendo lo que escribieron y se entregan las hojas al profesor.</p>	
--	---	--

<p>Materiales y recursos: Se retoma el material didáctico del “Melanismo Industrial”. Formato de ejercicio guiado con lista de cotejo.</p>	<p>Evaluación: Formativa.</p> <p>Mediante la participación de los alumnos durante la apertura y el desarrollo. Evaluación mediante lista de cotejo del ejercicio guiado. Se evalúa la participación, desempeño y registro del trabajo “los 5 puntos de la Selección Natural”.</p>
---	---

Profesor practicante: Mtro. Roberto Carlos Tufiño Velázquez Sesión: **4; 2hrs** Fecha: _____

Profesor supervisor: _____

Grupo: _____

Aprendizajes: los alumnos son capaces de analizar el papel del azar en el proceso, el origen de la variación y si evoluciona la población o el individuo, así como de formular su propio concepto de evolución biológica.

Objetivo de la sesión: reconocer las aportaciones de Darwin-Wallace al pensamiento evolutivo; Reconocer y enunciar los postulados de la selección natural; Identificar el concepto de Evolución biológica. Los alumnos valoraran el proceso de evolución por selección natural mediante el análisis de un ejemplo aplicado a la vida cotidiana.

Secuencia didáctica		
Apertura (20 min.)	Desarrollo (40-60 min.)	Cierre (20 min.)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saludos al grupo ✓ Pase de lista ✓ Se entrega el ejercicio guiado y de manera general se comentan y retroalimentan los aspectos más importantes respecto a las respuestas sobre, si las variantes en una población tienen alguna intención, sobre su origen y sobre la evolución de la población. ✓ También se entrega el “Mapa Mental” sobre los cinco elementos de la Selección Natural. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se inicia con una retroalimentación del Mapa Mental sobre los cinco puntos de la Selección Natural, formalizando los postulados de la misma. Se hace entrega de un esquema de estos postulados y los alumnos advierten que en esencia los habían identificado. ✓ Tercer momento de la explicación del proceso de evolución por Selección Natural: ✓ Ejercicio autónomo: Los alumnos llevan a cabo un ejercicio en parejas “solos”, únicamente recibiendo la guía y orientación del profesor. El ejercicio se titula “Ejercicio de 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Como primer elemento de cierre se pide a los alumnos que en su cuaderno resuman en frases cortas los postulados de la selección natural y al azar los enuncian. ✓ Se pide también que construyan un concepto de evolución. ✓ Entre todo el grupo formalizamos la definición de evolución biológica.

	<p>Selección Natural_Bacterias: ¿Por qué no me curo?” y trata de ser una aplicación a la vida cotidiana. Las instrucciones del ejercicio se entregan en una hoja impresa indicando los rubros de su evaluación.</p>	
--	---	--

<p>Materiales y recursos: Formato de los postulados de la Selección Natural Formato de ejercicio autónomo</p>	<p>Evaluación: Formativa: Se evalúa el “Ejercicio de SN_Bacterias: ¿Por qué no me curo?” mediante un formato de entrega, indicando rubros de evaluación.</p>
--	--

Profesor practicante: Mtro. Roberto Carlos Tufiño Velázquez Sesión: **5; 2hrs** Fecha: _____

Profesor supervisor: _____

Grupo: _____

Aprendizajes: Los alumnos serán capaces de enunciar las aportaciones de la teoría sintética al pensamiento evolutivo, reconociendo a la mutación como la principal fuente de variación biológica.

Objetivo de la sesión: Identificar a la mutación como una de las principales fuentes de variabilidad en las poblaciones. Reconocer los principales componentes de la Teoría Sintética y sus aportaciones al pensamiento evolutivo.

Secuencia didáctica		
Apertura (20 min.)	Desarrollo (40-60 min.)	Cierre (20 min.)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saludos al grupo, se pregunta cómo han estado. ✓ Pase de lista. ✓ Se pregunta de manera dirigida qué fue lo último que hicimos. <p>Se entrega el ejercicio “Selección Natural en bacterias, ¿por qué no me curo?” junto con una hoja de retroalimentación, comentando de manera general las respuestas de los estudiantes.</p> <p>Se enfatiza los aspectos sobre “qué evoluciona”, cómo surge la variación (en este caso cómo surgió una bacteria resistente al antibiótico) y si evoluciona la población o el individuo.</p>	<p>Se anuncia a los alumnos que veremos ahora el tema de “Neodarwinismo” o “La teoría sintética” o simplemente “La síntesis”.</p> <p>El tema es abordado mediante un juego. Se coloca una mesa al centro del salón con los materiales.</p> <p>Cada alumno pasa al centro y toma de la mesa dos cartas que pueden tener el alelo “B” o “b”, para conformar a un individuo (ratón) que vive en un ecosistema desértico de arena blanca.</p> <p>También se saca otra carta que representa la presencia del depredador (X).</p> <p>Se colocan ratones de papel en el ecosistema (cartulina) para ir conformando a la población (ver formato de la actividad).</p>	<p>Entre todos los alumnos se construye un cuadro comparativo sobre las teorías de Lamarck, Darwin-Wallace y Neodarwinismo, anotando fechas y aspectos relevantes.</p>

	<p>Se conforma una población de 20 individuos, se barajan las cartas restantes y repite el proceso para conformar otra población.</p> <p>Posteriormente se pregunta a los alumnos:</p> <p>¿Qué significan las letras B y b? ¿Por qué dos letras conforman un individuo? ¿Cómo surgieron las letras (alelos) B y b?</p> <p>Se introduce el concepto de mutación y se dan todos los datos relevantes de la Teoría Sintética, anotándolos en el pizarrón.</p>	
--	--	--

<p>Materiales y recursos: Formato de actividad “Teoría sintética”: Cartulinas de colores (blanco, café, amarillo), Cartas con las letras B y b; Cartas con la letra X, ratones de papel color blanco y café.</p>	<p>Evaluación: Formativa: Mediante la correcta participación de todo el grupo durante la práctica y la elaboración del cuadro comparativo.</p>
--	--

Profesor practicante: Mtro. Roberto Carlos Tufiño Velázquez Sesión: **6; 1 hr.** Fecha: _____

Profesor supervisor: _____

Grupo: _____

Aprendizajes: los alumnos serán responsables de la evaluación de su desempeño mediante el análisis y conclusión de su portafolio de evidencias, así como de la presentación del cuestionario final.

Objetivo de la sesión: evaluar la temática mediante la aplicación del cuestionario final.

Secuencia didáctica		
Apertura (20 min.)	Desarrollo (40-60 min.)	Cierre (20 min.)
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saludos a los estudiantes. ✓ Pase de lista. ✓ Se pregunta si existe alguna duda o comentario sobre todo lo visto en clase, ya sea teórico o cuestiones de la dinámica del curso, así como dudas sobre las actividades y la evaluación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Para concluir con el tema de evolución biológica el profesor hace comentarios finales relacionados con: <ul style="list-style-type: none"> • El árbol filogenético • El carácter “ciego” o sin intención del proceso evolutivo. • La imposibilidad de predecir el proceso evolutivo • El papel de azar durante el proceso • La epigenética y Lamarck ✓ Se presenta la tabla de actividades que se realizaron en todas las sesiones para que los alumnos tengan presente lo que se les evaluará (portafolio de evidencias). ✓ Se avisa que recibirán una retroalimentación del cuestionario final 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Se hace la despedida formal y se agradece el hecho de haber podido trabajar con el grupo, deseándoles lo mejor para el futuro.

	<p>vía correo electrónico o presencial, así como la evaluación final del tema.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Se dan las instrucciones para la aplicación del cuestionario final ✓ Los alumnos realizan el cuestionario final en un formulario de google. 	
--	---	--

<p>Materiales y recursos: Liga para el formulario del cuestionario final en google</p>	<p>Evaluación: Formativa mediante la recuperación del portafolio de evidencias. Sumativa con la aplicación del cuestionario finalidad</p>
---	--

ANEXO 2. FORMATO DEL CUESTIONARIO PARA RESCATAR LAS IDEAS PREVIAS DE LOS ESTUDIANTES.

Actividad # ____: Cuestionario inicial sobre el tema de Evolución Biológica.

Alumno: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

Instrucciones.

El presente cuestionario tiene la finalidad de indagar cuáles son tus ideas sobre el tema de la Teoría de la Evolución Biológica. Únicamente será tomado en cuenta como una actividad que presentaste (10) o no presentaste (0) dentro de las actividades del mismo. Te agradeceré *que leas con mucha atención cada pregunta y respondas como se indica.*

I. Opción múltiple. *Lee con atención cada una de las siguientes preguntas y escribe sobre la línea de la izquierda la letra que corresponda a la opción que consideres correcta, eligiendo entre las opciones que se te presentan.*

1. _____ En el planeta existen aproximadamente 2 millones de especies conocidas (más las que ya se extinguieron y las que faltan por conocer). Toda esta diversidad biológica:

- a. no se sabe bien todavía cómo se originó
- b. surgió en los seis días de la creación especial
- c. surgió en los seis días de la creación y después fueron cambiando (evolucionando)
- d. son el resultado de exclusivamente de la evolución biológica

2. _____ En la cima del Everest (8848 msnm), se han encontrado fósiles de organismos marinos, lo cual se debe a que:

- a. el diluvio universal colocó a los organismos en la cima de la montaña
- b. la roca que está en la cima de la cordillera alguna vez estuvo bajo el mar
- c. los fósiles fueron intencionalmente puestos en la Tierra para confundir a los humanos
- d. hace pocos miles de años, algunas personas dejaron, accidentalmente, los restos de los organismos

3. _____ Tú Crees que la teoría de la evolución de Charles Darwin es...

- a. una teoría bien soportada por evidencias científicas
- b. es una teoría entre otras y no tiene buen soporte con evidencias científicas
- c. una teoría (pero no un hecho) y complementa el génesis bíblico
- d. no sé suficiente al respecto

4. _____ ¿Con cuál de los siguientes enunciados se acerca más tu visión sobre el origen y desarrollo del ser humano?

- a. el ser humano se ha desarrollado a lo largo de millones de años desde formas menos desarrolladas, pero una Deidad Divina ha guiado este proceso
- b. Dios creó al ser humano, tal como lo conocemos hace no más de 10,000 años
- c. el ser humano se ha desarrollado a lo largo de millones de años desde formas menos desarrolladas y Dios no ha intervenido en este proceso
- d. los humanos y los primates se parecen en algunas características, pero es imposible que estén relacionados evolutivamente

5. _____ La vida en el planeta surgió hace

- a. 5000 años
- b. 1 millón de años
- c. 3,800 millones de años
- d. 15,000 millones de años

II. Cada una de las siguientes preguntas contiene dos partes:

- En la **primera parte** subraya la opción que mejor completa la frase. Estas opciones están indicadas con los incisos **a)** y **b)**.
- En la **segunda parte** tendrás que seleccionar la razón por la que elegiste la respuesta de la primera parte. Es decir, subraya una de las tres opciones marcadas con las letras **A, B, C**, que explique mejor tu primera elección.

1. Los tiburones actuales pueden nadar a velocidades de 30 nudos (casi 60 Km/hr). Supón que sus ancestros nadaban a velocidades menores. La habilidad de nadar más rápido probablemente se debió a que:

- a) Surgió en los tiburones en poco tiempo.
- b) Hubo un aumento en el porcentaje de tiburones más veloces.

PORQUE:

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

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

- a) La necesidad de conservar el calor hizo que su capa de grasa engrosara.
- b) Cada generación más focas iban teniendo una capa de grasa gruesa

PORQUE:

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

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

- a)** Se desarrolló para todos los sapos en unas cuantas generaciones
- b)** Implicó un incremento en el porcentaje de sapos que podían saltar más lejos

PORQUE:

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

III. DIBUJO. *¿Cómo represento el proceso evolutivo?*

Instrucciones. Mediante un dibujo, elabora tu propia representación de cómo piensas que ocurre el proceso evolutivo. Realiza tu dibujo en el espacio en blanco de esta hoja y acompáñalo de una breve explicación para “dar una descripción del proceso evolutivo”. No tienes que buscar nada sobre el tema, solo debes plasmar sus ideas, no tiene que ser algo correcto o acertado. Es decir, no se calificará si está bien o mal sino simplemente cuáles son tus ideas iniciales sobre este tema.

ANEXO 3. FORMATO DEL CUESTIONARIO DIAGNÓSTICO Y FINAL APLICADO EN LA INTERVENCIÓN DOCENTE.

Actividad # ____: Diagnóstico del tema Evolución por Selección Natural.

Alumno: _____ Grupo: _____ Fecha: _____

Instrucciones.

El presente cuestionario es de carácter *diagnóstico* y tiene la finalidad de indagar cuáles son tus conocimientos sobre el tema de la Teoría de la Evolución Biológica. Únicamente será tomado en cuenta como una actividad que presentaste (10) o no presentaste (0) dentro de las actividades del mismo. Te agradeceré *que leas con mucha atención cada pregunta y respondas como se indica.*

I. Opción múltiple. *Lee con atención cada una de las siguientes preguntas y escribe sobre la línea de la izquierda la letra que corresponda a la opción que consideres correcta, eligiendo entre las opciones que se te presentan.*

1. _____ ¿Qué explica la Teoría Evolutiva?

- a. El origen del universo y de nuestro planeta
- b. El origen de la vida
- c. El papel del trabajo en la transformación del mono en hombre
- d. El origen de las especies

2. _____, _____ ¿Quién o quiénes son los autores de la Teoría Evolutiva? Elige únicamente dos opciones.

- a) Louis Pasteur
- b) Gregor Mendel
- c) Charles Darwin
- d) Alfred R. Wallace
- e) J. B Caballero de Lamarck
- f) Carl Sagan
- g) Stephen Hawking

3. _____ ¿Qué es una mutación?

- a. Un cambio consciente en el ADN de los organismos para mejorar
- b. Un cambio azaroso en el material genético de los organismos
- c. Un cambio que produce una malformación en los organismos
- d. Una malformación en los organismos provocada por un factor externo

4. _____ El mecanismo aceptado, por el cual los seres vivos evolucionan, es:

- a. La ley del uso y desuso
- b. La selección natural
- c. La selección artificial
- d. La herencia de los caracteres adquiridos

5. ____ La evolución biológica:

- a. Es un proceso ciego, es decir, no tiene dirección, ni intencionalidad, ni el objetivo de crear seres perfectos
- b. Es un proceso consciente en el que los organismos buscan adaptarse al ambiente
- c. Es un proceso en el que los organismos buscan satisfacer sus necesidades
- d. Es un proceso en el que no interviene el azar y crea seres perfectamente adaptados.

PREGUNTAS EXTRA EN EL CUESTIONARIO FINAL

1. ____ ¿Cuál de las siguientes opciones sobre la selección natural es la correcta?

- a. Siempre da como resultado individuos más grandes, más fuertes y perfectamente adaptados
- b. Puede causar que un individuo se adapte mejor a lo largo de su vida
- c. Actúa sobre la diversidad heredable existente en las poblaciones
- d. Significa que las poblaciones tienen un plan programado para la evolución

2. ____ Una mutación genética causa que un tritón tenga reflejos más rápidos. Después de muchas generaciones, la mayoría de la población de tritones tiene la mutación de los reflejos.

¿Cuál de las siguientes opciones es la causa más probable de este cambio?

- a. Otros tritones aprendieron a copiar las estrategias del tritón mutado
- b. El tritón pasó su gen mutado a otros tritones adultos
- c. Los tritones con la mutación tienen mayor capacidad de sobrevivir y reproducirse que los tritones sin la mutación
- d. La mutación era contagiosa

3. ____ Los requisitos o principios que deben darse para que ocurra la selección natural son:

- a. variación, sobrevivencia diferencial, herencia y tiempo (muchas generaciones)
- b. variación, adaptación y migración y tiempo (muchas generaciones)
- c. variación, igual sobrevivencia, herencia y tiempo (muchas generaciones)
- d. variación, sobrevivencia, ambiente homogéneo, y tiempo (muchas generaciones)

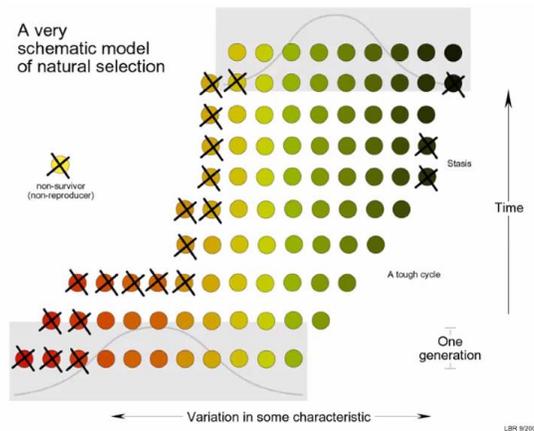
4. ____ La “reproducción y sobrevivencia diferencial” es una manera diferente de enunciar:

- a) la selección natural b) mutación c) la variación d) la herencia

5. ____ La principal fuente de toda la variación genética es:

- a) la selección natural b) selección artificial c) el medio ambiente d) la mutación

6. ____ El siguiente esquema es un modelo de evolución por selección natural, está graficado el tiempo (eje Y) y la variación en alguna característica (círculos de colores en el eje X); obsérvalo con atención y responde:



¿Cómo surgieron los organismos de coloración negra que están en el extremo superior de la derecha?

- Surgieron por la necesidad de camuflajearse
- Surgieron como respuesta a un cambio en el ambiente
- Surgieron por una mutación azarosa, sin ninguna intención
- Los organismos provocaron esta mutación intencionalmente para sobrevivir

7. ____ Un descubrimiento importante de la evolución biológica es que:

- Los seres vivos hemos permanecido sin cambios a lo largo del tiempo
- No existe relación entre ninguno de los seres vivos
- Que todos los seres vivos compartimos un ancestro común
- Que todos los seres vivos, excepto el humano, comparten un ancestro común

II FALSO Y VERDADERO. Lee con atención cada uno de los siguientes enunciados y responde escribiendo sobre la línea una "V" si el enunciado es Verdadero o una "F" si es Falso.

- ____ La evolución de los seres vivos puede predecirse y por lo tanto, en el futuro los humanos seremos más inteligentes
- ____ En el caso del melanismo industrial, las polillas oscuras surgieron por la necesidad de adaptarse al medio ambiente contaminado
- ____ Algunos organismos como las bacterias pueden evolucionar en periodos de tiempo relativamente cortos pues sus tasas de mutación son muy elevadas
- ____ La resistencia a los antibióticos es un fenómeno natural, pero el uso indebido de estos fármacos en el ser humano y los animales está acelerando el proceso.
- ____ La resistencia a los antibióticos resulta de un mecanismo de adaptación de las bacterias a los antibióticos

ANEXO 4. FORMATO DEL EJERCICIO GUIADO Y LISTA DE COTEJO PARA SU EVALUACIÓN.

ACTIVIDAD # ____ . Ejercicio de Selección Natural.

Alumn@s: _____

Grupo: _____ Fecha de entrega: _____

Instrucciones.

La presente actividad se trabajará en parejas. Lean la lista de cotejo con la que serán evaluados antes de iniciar la actividad.

1. Se les asignará al azar un “escenario biológico”.
2. A partir de este escenario ustedes deberán crear su propio “experimento de selección natural”, siguiendo la pauta de la explicación del caso del melanismo industrial.
 - Deberán **explicar y esquematizar** las condiciones iniciales y cómo está conformada la población en esas condiciones.
 - Después deben describir el cambio que ocurre en el ambiente o las condiciones que cambian.
 - Por último, deben volver a **explicar y esquematizar** cómo queda conformada la población final.
3. Pueden usar hojas blancas o de su libreta para responder; entreguen la actividad engrapada en el siguiente orden: lista de cotejo, formato de la actividad y hoja(s) de respuesta.

El escenario biológico que se les asigna es el siguiente:

Organismos	Condiciones
Escarabajos	En los matorrales espinosos hay tres variedades de escarabajos: verde, café y roja. Su depredador es un correcaminos que distingue los colores. La mayor parte del año los matorrales tienden a ser secos, dando un aspecto café amarillento. Inicia con la misma cantidad de escarabajos para cada variante.

- Al finalizar, responden lo siguiente:
1. ¿Tienen alguna idea sobre cómo surgen las nuevas variantes en las poblaciones? ¿Cuál?
 2. ¿Las nuevas variantes en la población tienen alguna intención o finalidad? ¿Cuál?
 3. ¿Qué evoluciona? ¿Los individuos o las poblaciones? Expliquen.

Lista de Cotejo.

ACTIVIDAD # ____ . Ejercicio de Selección Natural.

Alumnas (os): _____ Fecha: _____ Grupo: _____
 Profesor: _____

Descriptor	Cumple Totalmente 2 puntos	Cumple parcialmente 1 punto	No cumple 0 puntos	Total de puntos	
1. Datos generales					
El encabezado de la actividad (lista de cotejo y formato) presenta todos los datos completos. Sus nombres aparecen, en orden alfabético de apellido.					
2. Procedimiento o Desarrollo					
Explican y esquematizan las condiciones iniciales y cómo queda conformada la población en esas condiciones.					
Describen el cambio que ocurre en el ambiente o las condiciones que cambian					
Explican y esquematizan cómo queda conformada la población final.					
Trabajan y colaboran , siempre con respeto y disciplina.					
3. Cuestionario.					
Responden de manera clara y precisa las 3 preguntas del cuestionario 0 preguntas, 0 puntos 1 pregunta, 2 puntos 2 preguntas, 4 puntos 3 preguntas, 6 puntos	*				
Todo el texto es ortográficamente correcto: máximo 3 errores ortográficos. La limpieza y presentación es excelente.					
		Total		18	100%
* 6 puntos máximos				FINAL	

ANEXO 5. FORMATO DEL EJERCICIO AUTÓNOMO.

ACTIVIDAD # ____ . Enfermedades emergentes: *¿Por qué no me curo?*

Alumn@s:

Grupo: _____ Fecha: _____

Total: 16 puntos

Instrucciones.

Lleven a cabo esta actividad, trabajando en parejas y:

1. Lean con mucha atención el enunciado en el que se les presenta la situación o escenario biológico.
2. Tomando en cuenta lo visto en clase, **expliquen y esquematicen** el fenómeno que se describe basado en el mecanismo de la *selección natural*. **(6 puntos)**.
3. Representen a las bacterias con las siguientes figuras.
- 4.

Símbolos para representar Bacterias **NO resistentes** al antibiótico

Símbolos para representar Bacterias **resistentes** al antibiótico

4. Reflexionen y concluyan con las preguntas que se te presentan al final. Realicen una redacción clara, concisa, coherente y con buena ortografía. **(6 puntos)**

Escenario.

Hace pocas décadas, el uso generalizado de antibióticos y vacunas hizo pensar que las infecciones microbianas estaban controladas. En los últimos años, cada vez más a menudo aparecen nuevos agentes patógenos o vuelven aquellos que parecían controlados.

Por ejemplo, el Dr. Rodríguez, recetó antibióticos durante 10 días a su paciente Luis Pérez, para combatir una enfermedad bacteriana. Cuando el paciente sigue el tratamiento completo generalmente se alivia y no recae inmediatamente.

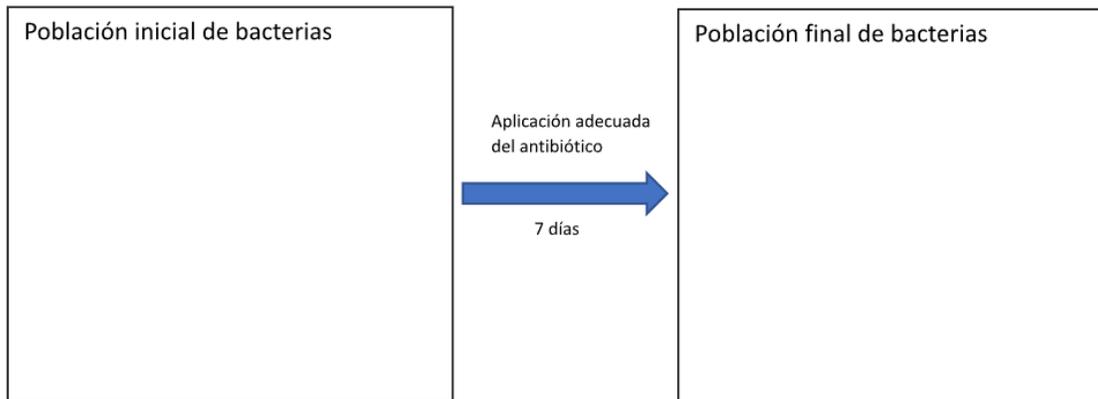
Pero en este caso, Luis no terminó adecuadamente el tratamiento con antibióticos, porque al 4º día *“ya se sentía bien”* y decidió terminar el tratamiento e irse a trabajar.

Dos días después Luis volvió a enfermar y, aunque se auto medicó dosis mayores del mismo antibiótico, ya no se recuperó, por lo que regresó con el Dr. Rodríguez.

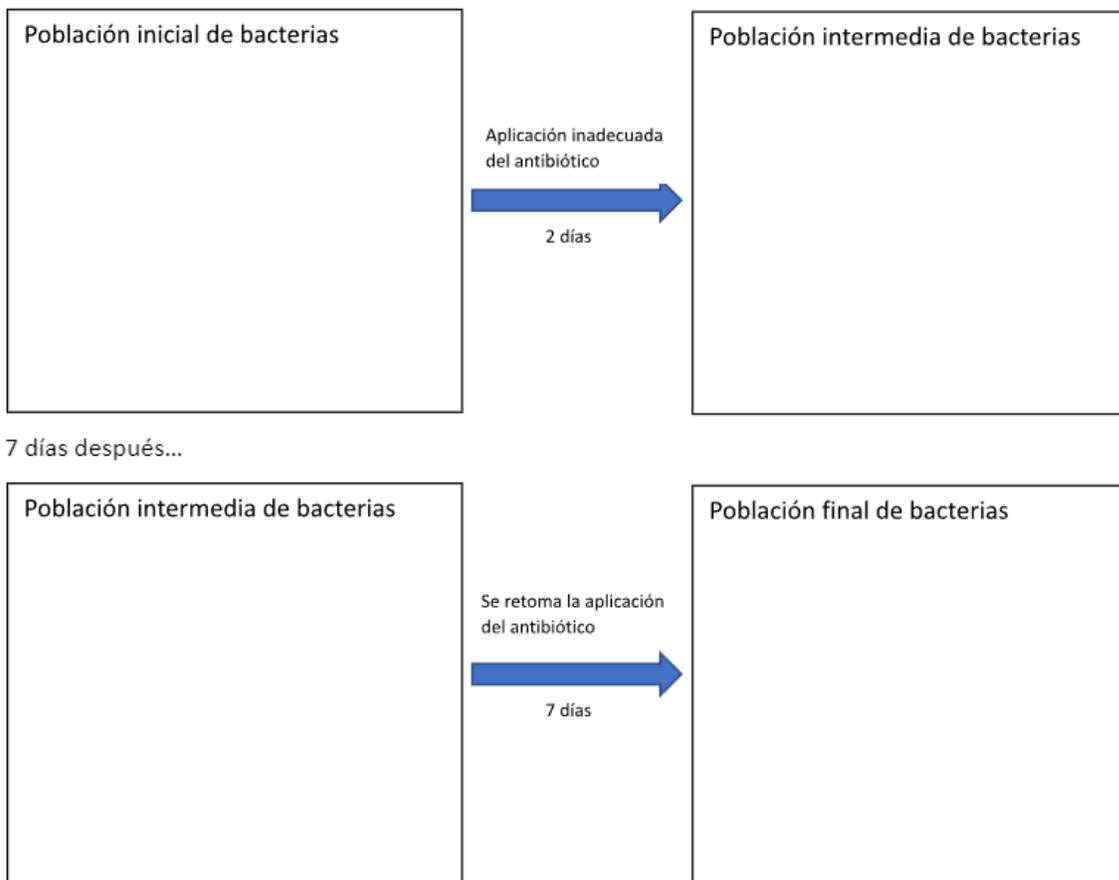
Tu (el equipo) eres el Dr. Rodríguez y debes explicar a Luis qué fue lo que pasó y por qué ya no se recuperó de la enfermedad después de automedicarse. En otras palabras, explica este fenómeno para las bacterias con base en el mecanismo de evolución por *selección natural*. Considera que las bacterias se reproducen rápidamente (20-30 minutos), por lo que una nueva variante puede aparecer repentinamente de una generación a otra.

Explica el fenómeno con los siguientes casos:

A) El paciente toma al pie de la letra su tratamiento con antibióticos y sana.



B) El paciente toma el tratamiento un par de días y lo suspende; después de una semana recae y el antibiótico ya no hace efecto.



Reflexionen lo siguiente:

1. ¿Evolucionó *una bacteria* o una *población de bacterias*?
2. ¿El antibiótico *hizo* que surgieran bacterias resistentes o *cómo surgen* las variantes de las bacterias?
3. En relación con las enfermedades y la aplicación de antibióticos, ¿consideras que es importante conocer las bases o fundamentos de la evolución biológica?
4. ¿Cómo le explicarías a algún integrante de tu familia por qué es importante no automedicarse y cumplir con los tratamientos que nos recetan los médicos?
5. Generalmente se dice que el proceso de evolución biológica requiere de grandes cantidades de tiempo (cientos de miles o millones de años). ¿Siempre es así?
6. ¿En qué casos podría ocurrir el proceso de evolución biológica en periodos de tiempo relativamente cortos?