



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES, UNIDAD MORELIA.

MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR.
BIOLOGÍA.

**“USO DE *SOFTWARE DIDÁCTICO* PARA LA ENSEÑANZA Y EL
APRENDIZAJE DE SELECCIÓN NATURAL”.**

TESIS

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

PRESENTA:

ING. JOSÉ DE CUITLÁHUAC HIDALGO JUÁREZ

TUTOR PRINCIPAL:
DR. VÍCTOR HUGO ANAYA MUÑOZ
ENES, MORELIA

SINODALES

| | |
|---|---|
| DRA. NANCY CALDERÓN CORTÉS ENES MORELIA | MTRA. ALEJANDRA CEJA FERNÁNDEZ ENES MORELIA |
| DRA. ANA MARÍA BAÑUELOS MÁRQUEZ FACULTAD DE PSICOLOGÍA | DRA. PATRICIA RAMOS MORALES FACULTAD DE CIENCIAS |

MORELIA MICHOACÁN, SEPTIEMBRE DE 2022.



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.

A mi madre Fidelia y mi padre J Guadalupe,
y a mis hermanos Pita, Ceci y Gera con todo mi amor.

M. en C. IVONNE RAMÍREZ WENCE

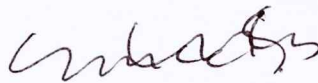
Directora General de Administración Escolar, UNAM
P r e s e n t e.

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Subcomité de Tesis del Comité Académico de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, celebrada el día 10 de agosto del 2020, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de grado de Maestro en Docencia para la Educación Media Superior (Biología) del alumno **José de Cuitláhuac Hidalgo Juárez** con número de cuenta **515012262**, con la Tesis titulada: "**Uso de software didáctico para la enseñanza y el aprendizaje de selección natural**". Bajo la dirección de la **Dr. Víctor Hugo Anaya Muñoz**.

Presidente: Dra. Patricia Ramos Morales
Vocal: Dra. Nancy Calderón Cortés
Vocal 1: Dra. Ana María Bañuelos Morales
Vocal 2: Mtra. Alejandra Ceja Fernández
Secretario: Dr. Víctor Hugo Anaya Muñoz

Sin otro particular, quedo de usted.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Morelia, Mich., a 14 de septiembre de 2022.



Dra. Mercedes Martínez González
Secretaría de Investigación y Posgrado

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| AGRADECIMIENTOS | 5 |
| RESUMEN | 6 |
| ABSTRACT | 7 |
| I. INTRODUCCIÓN | 8 |
| PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN. | 13 |
| HIPÓTESIS. | 13 |
| OBJETIVOS. | 13 |
| II. MARCO TEÓRICO | 14 |
| 2.1. SELECCIÓN NATURAL | 14 |
| 2.1.1. CONDICIONES PARA QUE ACTÚE LA SELECCIÓN NATURAL..... | 15 |
| 2.1.2. BASES DE LA SELECCIÓN NATURAL..... | 16 |
| 2.2. LA ENSEÑANZA DE LA SELECCIÓN NATURAL. | 19 |
| 2.2.1. LOS PARADIGMAS EDUCATIVOS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS..... | 19 |
| 2.2.2. OBSTACULOS EN LA ENSEÑANZA DE LA SELECCIÓN NATURAL..... | 22 |
| 2.3. EL SOFTWARE EDUCATIVO EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA EVOLUCIÓN. | 24 |
| III. METODOLOGÍA | 29 |
| 3.1. Población. | 29 |
| 3.2. Instrumentos de medición. | 30 |
| 3.3. Análisis de datos. | 31 |
| 3.4. Diseño del <i>software educativo</i>. | 31 |
| 3.4.1. Desarrollo y requisitos técnicos. | 31 |
| 3.4.2. Reglas del juego. | 32 |
| 3.5. Desarrollo y aplicación de la estrategia. | 35 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 37 |

| | |
|--|-----------|
| 4.1 Análisis de las ideas previas | 37 |
| 4.2. Análisis del pretest..... | 42 |
| 4.3. Análisis del postest..... | 46 |
| Análisis del pretest y postest..... | 48 |
| V. CONCLUSIONES..... | 59 |
| 5.1. Propuesta..... | 60 |
| VI. BIBLIOGRAFÍA..... | 61 |
| VII. ANEXOS..... | 65 |
| ANEXO 1. FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO | 65 |
| ANEXO 2. CUESTIONARIOS..... | 66 |
| ANEXO 3. PLANEACIÓN DE INTERVENCIÓN..... | 73 |
| ANEXO 4. ANALISIS DE VARIANZA. | 74 |
| ANEXO 5. RESULTADOS EN EL PRETEST Y POSTEST..... | 76 |

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Nacional de Estudios Superiores de Morelia (ENES- MORELIA) Por el seguimiento y apoyo para la realización de mis estudios en el campo de conocimiento de Biología dentro del programa de posgrado de la Maestría en Docencia para la Educación Media Superior (MADEMS).

Al consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por proporcionarme la beca número 339855, y así permanecer en mis estudios de maestría.

Agradezco a mi comité tutor, integrado por la **Dra. Nancy Calderón Cortés** por su tiempo para revisar mi trabajo y hacerme comentarios pertinentes para mejorar mi trabajo final de tesis, y por sus consejos y lecciones que me ayudaron a concluir con todo el proceso de maestría. También agradezco enormemente a la **Mtra. Alejandra Ceja Fernández** por las sugerencias al manuscrito y su apoyo. De igual manera mi agradecimiento a la **Dra. Ana María Bañuelos Márquez** por aceptar ser parte de mi comité y darme retroalimentación sobre mi trabajo, mil gracias. Así mismo mi agradecimiento total a la **Dra. Patricia Ramos Morales** por sus atinados comentarios y sugerencias para mi trabajo, mismas que enriquecieron mi trabajo.

Agradezco enormemente a mi tutor principal y amigo el **Dr. Victor Hugo Anaya Muñoz** ya que sin su guía, consejos, motivaciones y lecciones de aprendizaje no hubiera podido concluir este trabajo de tesis y concluir con el proceso de maestría. Mi total gratitud Dr. Victor.

A mi compañero de maestría, colega y amigo **Biol. Marco Aurelio Arciga Sosa**, por sus constantes consejos motivacionales y acompañamiento mutuo durante la maestría.

RESUMEN

El conocimiento de la teoría de la evolución es muy importante como parte de la cultura científica que todo ciudadano del mundo debería de poseer; el conocerla ayuda a comprender el sitio que tiene la humanidad y su relación con la biodiversidad. Es por eso que el proceso de enseñanza de este tema ha sido motivo de recurrente atención. Son varias las dificultades en su aprendizaje y también en sus métodos de enseñanza. Uno de los principales obstáculos para entender la evolución es la poca comprensión de sus procesos. El uso de herramientas como el software didáctico favorecen el aprendizaje de los procesos evolutivos como la selección natural.

Como parte de una estrategia educativa dirigida a la enseñanza de la evolución por selección natural se desarrolló un software didáctico y se aplicó en dos planteles del Telebachillerato Michoacán, México. Se utilizó una metodología pre-post en un diseño cuasi-experimental con grupo control y dos grupos de intervención. El aprendizaje se evaluó mediante la aplicación del cuestionario de opción múltiple validado entre pares y dos preguntas abiertas sobre un estudio de caso.

Los resultados obtenidos muestran que el aprendizaje de los estudiantes mejoró en los grupos de intervención y no se observó diferencias en el grupo control antes y después de la intervención.

Palabras clave: software educativo, selección natural, estrategia didáctica, aprendizaje, enseñanza.

ABSTRACT

Knowledge of the theory of evolution is very important as part of the scientific culture that every citizen of the world should have; knowing it helps to understand the place that humanity has and its relationship with biodiversity. That is why the teaching process of this topic has been a reason for recurrent attention. There are several difficulties in their learning and in their teaching methods. One of the main obstacles to understanding evolution is the poor understanding of its processes. The use of tools such as educational software favor the learning of evolutionary processes such as natural selection.

As part of an educational strategy aimed at teaching evolution by natural selection, a didactic software was developed and applied in two schools of the *Telebachillerato Michoacán*, Mexico. A pre-post methodology was acquired in a quasi-experimental design with group control and two intervention groups. Learning was assessed by applying the peer-validated multiple-choice questionnaire and two open-ended questions on a case study.

The results obtained show that student learning improved in the intervention groups and no differences were found in the control group before and after the intervention.

Keywords: educational software, natural selection, didactic strategy, learning, teaching.

I. INTRODUCCIÓN

La oferta educativa para el nivel medio superior en México está compuesta por tres vertientes: el bachillerato técnico, el propedéutico y el general (Vidales, 2009). El Telebachillerato Michoacán (TEBAM), es un subsistema que se integró al Bachillerato general a partir de septiembre de 2010 por decreto del Gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo, México (Decreto de creación del TEBAM 2011).

La problemática social general que se presenta en este nivel educativo es alta. El absentismo y la deserción escolar son situaciones observadas en las estadísticas y los factores que contribuyen a ello son múltiples. Sin embargo, la falta de motivación y el desinterés por acudir a la escuela por parte de los estudiantes son elementos que propician la falta de logros académico. A su vez, la falta de motivación tiene sus propias causas que pueden estar ligadas al contexto social y cultural, además de aquellas de tipo psicológico y pedagógico (Maldonado, 2008).

La aplicación de estrategias enfocadas en la figura del docente como centro del proceso educativo considera al profesor como orador y al alumno como oyente. Esta concepción de roles es la que caracteriza a la “escuela estática” y a la formación de alumnos que no hacen suyos los procesos de aprendizaje. Es posible que los estudiantes al no sentirse parte del proceso no se apropien de los procesos de aprendizaje y, por lo tanto, caigan en la indiferencia y en la falta de interés (Valero, 2003). En este mismo sentido y con relación a la enseñanza de las ciencias, Pantoja y Covarrubias (2013) argumentan que el aprendizaje de las ciencias no ocurre a partir de la utilización de estrategias en las que solamente se necesita el conocimiento de tipo declarativo, es decir, aprendiendo únicamente los hechos, conceptos y principios. En un estudio sobre el aprendizaje de la Biología reportado por Tirado y López (1994), los autores determinaron que el problema radica en el aprendizaje mecanizado de conceptos, hechos y secuencias; de acuerdo con ellos la memorización de contenidos lleva generalmente a no relacionar conceptos, a aprenderlos por separado y, por consiguiente, a no comprender el fenómeno.

Desde el punto de vista del constructivismo y de las teorías cognitivas del aprendizaje, aprender es un proceso mediante el cual toda información nueva se asocia a un aspecto relevante del individuo (concepto integrador), y sobre el cual se apoyan y se construyen los nuevos conocimientos. Ausubel (1991) acuñó el término “aprendizaje significativo”, refiriéndose al tipo de organización del conocimiento que altera tanto la estructura que recibe el nuevo conocimiento, como la del nuevo conocimiento en sí; este término surge en contraposición a los métodos de aprendizaje repetitivo o memorístico. Para Ausubel, aprender es sinónimo de comprender, ya que esta es la forma de recordar mejor los conceptos, los procedimientos y las actitudes (Olmedo, 2010).

Las estrategias de enseñanza basadas en el “aprendizaje significativo” hacen uso de herramientas que le son familiares al estudiante. Los avances en las tecnologías de la información de los últimos años han supuesto una gran oportunidad de ser utilizadas en la educación y así ampliar los escenarios educativos. Estos escenarios ofrecen medios de comunicación y soporte de materiales que facilitan la interacción entre los estudiantes y el conocimiento, y entre estudiantes y el docente (Pósito de Roca, 2012). Según Paredes (2003), las tecnologías de la información y comunicación son de gran interés para los adolescentes debido a la gran cantidad de estímulos audiovisuales, además, les ofrecen la posibilidad de manejar todo tipo de información, entretenimiento y ocio, así como una manera más inmediata de comunicación e interacción con otras personas y con el conocimiento.

En este contexto, el propósito del presente trabajo es articular una estrategia didáctica con enfoque constructivista, a partir del desarrollo y uso de *software didáctico* e interactivo con funcionamiento multiplataforma (utilizable en diversos dispositivos computadoras, teléfonos móviles y tabletas electrónicas) para la enseñanza y el aprendizaje del tema “selección natural”.

Las ideas evolucionistas han ejercido un fuerte impacto sobre la forma de pensar no sólo en el terreno de las ciencias biológicas, sino también en el ámbito filosófico y de las ciencias sociales.

La discusión sobre la teoría de la evolución ha sido polémica desde su origen y se ha sido caracterizado por algunos autores como un tema fuertemente controvertido en la sociedad (Fernández y Sanjosé, 2007). Diversos grupos sociales en el mundo han puesto límites y obstáculos legales, coercitivos y de presión social a su enseñanza temiendo que sus creencias religiosas se desvirtúen, dado que la teoría evolutiva ofrece un marco explicativo para la evolución de la vida (incluidos evidentemente, los seres humanos) que no requiere de la intervención de una deidad, ni de fenómenos sobrenaturales, y sus explicaciones son basadas en evidencias naturales. Considerando lo anterior, es claro que la enseñanza de la evolución puede ser compleja en sociedades que no permiten su correcta enseñanza (Araujo y Roa, 2011).

Un claro ejemplo de lo anterior es el de los Estados Unidos de América, un país con una larga discusión y obstaculización sobre la enseñanza formal de la evolución. Los estudios realizados sobre la enseñanza de la evolución biológica señalan que la problemática presente en este país se podría sintetizar en tres causas principales: 1) el fundamentalismo religioso y su injerencia en las políticas educativas, 2) la politización de la evolución, y 3) la mala comprensión de los mecanismos evolutivos, debido a la mala comprensión de la genética (Hermann, 2008).

Ahora bien, en México existe una apertura mayor a las ideas evolucionistas, contrastando con las concepciones religiosas más arraigadas entre los estadounidenses. Los problemas para la enseñanza de la evolución para el contexto mexicano, entonces, no son del tipo ideológico social, aunque en algunos sectores sociales y grupos políticos existe cierto fundamentalismo religioso (Lazcano, 2005). La deficiencia en el aprendizaje de la evolución parece ser debida a la falta de una adecuada enseñanza y aprendizaje que favorezca la comprensión correcta de los mecanismos evolutivos. Así lo muestran diversos estudios reportados en países como Argentina, España, Colombia y México (Folguera y Galli, 2012). También

Bishop y Anderson (1990), indican que existen varios problemas en el aprendizaje de la teoría evolutiva, pero uno de los más importantes es la comprensión errónea de los mecanismos evolutivos por parte de los estudiantes e inclusive por los mismos profesores que la enseñan.

Para entender adecuadamente el proceso evolutivo es necesaria la comprensión de sus mecanismos, tanto aquellos que ocurren a nivel molecular, como los que son observables a nivel ecológico y para ello se requieren conocimientos de genética mendeliana, genética de poblaciones y genética molecular (Folguera y Galli, 2012). Kalinowski et. al (2013), señalan que la razón principal por la que a los estudiantes se les dificulta entender el principio de selección natural, es porque tienen conceptos erróneos con respecto a lo que causa cambios en las poblaciones. Por “concepto erróneo o idea preconcebida”, los autores se refieren a una idea que es inconsistente con la explicación científica, y la cual es además resistente a la instrucción (Kalinowski *et al*, 2013). Los conceptos erróneos que se identifican y que obstaculizan el aprendizaje del principio de selección natural son: 1) la mayoría de los malentendidos son variaciones de la creencia de que la evolución actúa a nivel individual no poblacional, y 2) los estudiantes a menudo consideran que los individuos cambian porque lo necesitan, porque lo quieren, porque el ambiente los cambia o porque usan o no ciertas partes del cuerpo (Kalinowski et al, 2013).

Por otra parte, Bishop y Anderson (1990) reportan que los estudiantes identifican erróneamente tres de los mecanismos que hacen que las especies cambien: 1) Los organismos desarrollan nuevas características porque las necesitan para sobrevivir (necesidad), 2) un cambio en los órganos o habilidades que usan frecuentemente para sobrevivir (uso y deshuso), y 3) Muchos estudiantes usan la palabra adaptar en su contexto cotidiano (individuos que cambian en respuesta al medio), para explicar el cambio evolutivo. A su vez, reportan que la dificultad para comprender cómo cambian las poblaciones a través tiempo, se debe a la complejidad intrínseca de la evolución, ya que los estudiantes no logran vincular distintos niveles de complejidad: por una parte la naturaleza aleatoria de las mutaciones y por otro la

selección que no es aleatoria. Como puede verse, tanto el diagnóstico de Bishop y Anderson (1990), como el Kalinowski y colaboradores (2013), coinciden en las mismas conclusiones.

Gonzalez y Meinardi (2011), indican que la problemática presente en el aprendizaje de la evolución por selección natural puede explicarse a partir de la persistencia de ideas originadas en un tipo de pensamiento teleológico: 1) teleología de sentido común: según la cual todos los procesos biológicos responden a un fin y propósito predeterminado, 2) razonamiento centrado en el individuo, supone que todos los cambios biológicos se explican a partir de fenómenos que tienen lugar a nivel individuo, y 3) razonamiento causal lineal, según el cual todos los fenómenos son consecuencia de la acción de una causa que los precede. En este caso, el análisis coincide en su punto número dos con lo ya señalado anteriormente por Bishop y Anderson (1990), y Kalinowski et al. (2013),

Aunque la problemática presentada es compleja, claramente se presentan áreas de oportunidad para mejorar la práctica docente con el objetivo de fomentar el desarrollo óptimo del aprendizaje de los alumnos. Si se toma en cuenta que los alumnos son diferentes entre sí, que tienen necesidades particulares y que aprenden de manera desigual, entonces es posible considerar el diseñar una propuesta tomando en cuenta sus particularidades. Los estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje comprenden los problemas educativos de acuerdo con su propia forma de interiorizar los contenidos y buscan resolverlo de diversas maneras, una que sea acorde a su estilo propio (Villalobos, 2003).

Una de las cosas que llaman fuertemente la atención de los jóvenes actuales son las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's), debido a la gran cantidad de estímulos gráficos, auditivos y sensoriales que generan, además de la posibilidad que ofrecen para interactuar con los contenidos y la comunicación instantánea con sus pares. Aprovechando este interés y su relativa accesibilidad en un mundo cada vez más interconectado y donde la tecnología está al alcance de la

mano, la presente propuesta integra un *software educativo*. La estrategia parte de un enfoque constructivista e incluye técnicas didácticas que contribuyan al aprendizaje del tema de selección natural. Tomando en cuenta lo planteado por Ausubel (1983), para quien el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información, el diseño de la estrategia consideró la importancia de tomar en cuenta los conocimientos previos para la asimilación de los nuevos contenidos, dando así lugar a una plena comprensión del proceso evolutivo.

PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cuál es la efectividad del uso del *software educativo* como estrategia didáctica diseñada y aplicada bajo el enfoque constructivista para el aprendizaje del proceso de selección natural?

HIPÓTESIS.

El uso de *software educativo* favorece el aprendizaje del tema “selección natural” en estudiantes de Bachillerato.

OBJETIVOS.

Objetivo General

Diseñar y aplicar un modelado en *software didáctico* para la enseñanza y el aprendizaje del tema de selección natural y articularlo en una estrategia didáctica con enfoque constructivista

Objetivos particulares

- Desarrollar *software educativo* como material didáctico.
- Evaluar el aprendizaje del tema “selección natural” en alumnos de bachillerato.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. SELECCIÓN NATURAL

La teoría de la evolución, publicada por Charles Darwin en 1859 en su libro el *Origen de las Especies*, es una de las teorías más revolucionarias de la historia que explica el proceso por el cual se originan las especies. La diversidad biológica es explicada en pocas palabras, como el resultado de los cambios que tienen las poblaciones a través de las generaciones, estos cambios pueden llevar a que se generen nuevas especies y por lo tanto a la diversificación biológica (Soler, 2002).

El término evolución proviene del verbo latino *evolvere*, el cual originalmente tenía el significado “desdoblarse” o “revelar”. Actualmente y de manera más simple significa “cambio” (Ruiz, 2009 y Futuyma, 2012). Sin embargo el concepto biológico de evolución es mucho más complejo en su definición y comprensión. Futuyma (2012) lo define como “el proceso por el cual una especie se adapta a su medio ambiente”. Es importante señalar que el concepto de evolución no debe confundirse con el desarrollo de los individuos o la ontogenia, ni tampoco con el concepto coloquial de adaptación.

Darwin describió la evolución a partir de dos principios, el primero de la descendencia con modificación, la cual sostiene que todos los seres vivos actuales y aquellos extintos han descendido de pocas formas de vida primitivas y el segundo lo llamó selección natural. Para la fecha en que se publicó este trabajo se desconocían los principios de la herencia, además el funcionamiento bioquímico de la genética y las leyes de Mendel aun no se publicaban (Futuyma, 2012). Se sabe que las ideas sobre la herencia que Darwin tenía se basaron en la hipótesis de la Pangenesis, según la cual unas unidades autónomas llamadas gémulas presentes en todo el organismo se desplazan a las células sexuales como los espermatozoides y óvulos. Para Darwin las gémulas eran las responsables de la continuidad de la vida, así como las responsables de la variación (Noguera y Ruiz, 2005). Ahora bien, si estas variaciones le son “útiles” a un organismo pueden darle una probabilidad mayor de sobrevivir en la “lucha por la vida” y de heredar estas variaciones “útiles” a su descendencia. Al segundo principio Darwin le llamó

selección natural popularmente conocido como la “supervivencia de los más aptos” (Trad. Zuleta, 1999. Orig. Darwin, 1859).

Con los descubrimientos en el campo de la genética y la biología molecular durante el siglo XX se desarrolló y construyó la teoría sintética de la evolución o neodarwinismo. Los avances en estas disciplinas permitieron contar con más herramientas para dar sustento al proceso de evolución por selección natural de Darwin. Como se mencionó anteriormente, la selección natural es uno de los mecanismos que llevan al cambio evolutivo; la deriva génica, es otro y también existen aquellos que contribuyen a dispersar las variaciones genéticas; el flujo genético (migraciones) y la recombinación aleatoria de los alelos durante la producción de gametos en la meiosis. Las mutaciones por su parte, son la única fuente de variabilidad genética y es sobre dicha variabilidad la que actúan los mecanismos evolutivos mencionados (Soler, 2002).

2.1.1. CONDICIONES PARA QUE ACTÚE LA SELECCIÓN NATURAL

Para que opere la selección natural tienen que satisfacerse tres condiciones: la primera es la existencia de variación en algún carácter; la segunda tiene que ver con la aptitud también denominada eficacia biológica, que se define como la relación que existe entre el genotipo y su capacidad para dejar descendencia (adecuación); y la tercera es que la variación en el carácter debe ser heredable (Endler, 1986). La eficacia biológica es relativa ya que depende del ambiente, así por ejemplo un determinado carácter como el color del pelaje podrá ser más apto o no dependiendo del ambiente en un momento determinado. El fenotipo es el resultado de la expresión del genotipo y la influencia del medio ambiente en esa expresión. Es por eso importante señalar que para que suceda un cambio en las frecuencias alélicas, el carácter debe ser heredado. En ocasiones existen condiciones ambientales que permiten que un genotipo pueda dar lugar a varios fenotipos, es lo que se denomina

plasticidad fenotípica. Sin embargo, esto no constituye un cambio evolutivo en la población (Gianoli, 2004).

Si las condiciones antes mencionadas se cumplen es posible que exista un cambio en las frecuencias alélicas de la población y la distribución del carácter en las generaciones subsecuentes diferirá de la generación de sus predecesores por un factor determinado por la intensidad del cambio en las frecuencias alélicas y la distribución en la población (Domínguez, *et al*, 2009).

2.1.2. BASES DE LA SELECCIÓN NATURAL

Variabilidad Genética.

Si se observa una característica en los integrantes de una población se notará que es poco probable encontrar individuos morfológicamente idénticos. Esta variación no sólo es observable a nivel morfológico, también a nivel celular, cromosómico y químico tanto en las proteínas y como en el ADN. La variación entre individuos en una población es tan grande que es de esperar que cada individuo sea genéticamente único. Cualquier carácter se puede definir como el resultado de dos componentes: el componente genético o hereditario que se refiere al ADN heredado de sus progenitores (el genotipo del organismo), y el componente ambiental que se refiere a la influencia que tiene el medio para el desarrollo del fenotipo a partir de un genotipo determinado (Ayala, 1978, Baer, 2014).

Existen varios procesos que pueden generar variabilidad en una población, sin embargo, las mutaciones son el único proceso que genera nuevos alelos que pueden ser incorporados al acervo genético a partir de los preexistentes, y que por lo tanto son heredables. Si las mutaciones son deletéreas, estas tenderían a ser eliminadas. La recombinación genética en eucariontes es un proceso que ocurre durante la meiosis como consecuencia de la segregación independiente de los cromosomas no homólogos y el entrecruzamiento de los cromosomas homólogos

durante la fase de meiosis I. Este proceso en si mismo no genera variabilidad, únicamente reorganiza y redistribuye los genes ya existentes en el acervo génico de la población en las generaciones subsecuentes, sin producir cambios en las frecuencias alélicas de una población y por lo tanto no lleva al cambio evolutivo. En procariontes se genera variabilidad cuando ocurren mutaciones en la replicación del cromosoma para que se generen dos nuevos individuos. Sin embargo existen otros procesos que generan variabilidad en procariontes como: a) la transformación, en la cual las bacterias toman fragmentos de ADN en su entorno; b) la transducción, en la cual se transfiere material genético de una bacteria a otra a través de un virus; y c) la conjugación, en la cual el material genético es transferido entre una bacteria y otra directamente a través de una estructura llamada *pilus* (Baer, 2014).

Mutaciones

Como se mencionó anteriormente, las mutaciones representan el único proceso mediante el cual se generan nuevos alelos a partir de los preexistentes y de ahí su importancia en el proceso evolutivo. Una mutación se define como cualquier alteración en la secuencia del ADN (Ayala, 1978). Las mutaciones que tienen un efecto en la variabilidad de una población son las que ocurren en el proceso de meiosis durante la formación de gametos y pueden ser heredadas, mientras que si la mutación ocurre en células somáticas no será heredada. En procariontes, las mutaciones ocurren cuando hay un fallo en la duplicación del material genético (replicación del ADN), de manera que las células hijas difieren de las células parentales en la secuencia de nucleótidos. Las mutaciones pueden ser de varios tipos: puntuales cuando afecta la secuencia de ADN en uno o pocos nucleótidos o cromosómicas del tipo deleción cuando se afecta un fragmento de cromosoma, duplicación cuando se duplica un segmento cromosómico, y translocaciones o inversiones cuando existe un intercambio entre cromosomas no homólogos (Cabrero y Camacho, 2002).

Las mutaciones se dan por fallos enzimáticos durante la replicación del ADN causando que haya cambios en la secuencia de nucleótidos, aunque también existen factores ambientales que propician cambios en él, a estos factores se les

llama agentes mutágenos, y pueden ser químicos o físicos como la radiación electromagnética ionizante (radiación ultravioleta, rayos X y rayos gamma) y la radiación corpuscular derivada de la desintegración de elementos inestables como el Uranio, Torio y Fósforo presentes en minerales en la corteza terrestre y también de la radiación cósmica de fondo. Los agentes mutagénos pueden tener su efecto al afectar la estructura del ADN, de los cromosomas y en las enzimas implicadas en la replicación (Cabrero y Camacho, 2002).

Existen mecanismos de control que supervisan los procesos de replicación del ADN, entre ellos se puede mencionar la función de “lectura de corrección” de la ADN polimerasa y otras enzimas que eliminan y corrigen errores que se puedan presentar al momento de la duplicación. La gran mayoría de las mutaciones que pasan a la siguiente generación son selectivamente neutras y sólo algunas pueden ser benéficas para el organismo que las posea. Si la variación genética dada no se traduce en una ventaja que afecte la eficacia biológica del individuo que la tiene, en relación con los otros individuos de la población, la selección natural no puede actuar sobre ella. En cambio si existen diferencias en la eficacia biológica de los individuos que forman parte de una población y está asociada a variaciones genéticas, es posible que las frecuencias génicas cambien en las siguientes generaciones a favor de la proporción de individuos que posean una mayor eficacia biológica (Soler, 2002, Ayala, 1978, Baer, 2014 y Futuyma, 2014).

Migraciones

La importancia de las migraciones radica en que permite la dispersión de información genética entre poblaciones de una misma especie. Entre los individuos en edad reproductiva existe intercambio genético el cual es mayor si no existen barreras geográficas que impidan el libre apareamiento, en cambio el intercambio genético disminuirá a medida que las poblaciones de la misma especie se separen geográficamente, es decir, existe una mayor diferencia genética entre individuos de dos poblaciones de una misma especie geográficamente alejadas, que entre individuos que pertenecen a una misma especie dentro de una misma área geográfica. Cuando las poblaciones se aíslan el flujo genético se interrumpe, y esto

puede dar lugar a diferenciación genética debido a que los procesos que generan variabilidad son propios de cada población, y ello puede llevar al cambio evolutivo, y bajo ciertas circunstancias a la aparición de nuevas especies. La llegada de individuos provenientes de poblaciones alejadas a una cierta población tiene como consecuencia el aumento en la diversidad genética por la llegada de alelos nuevos a la misma (Futuyma, 2012, Baer, 2014).

2.2. LA ENSEÑANZA DE LA SELECCIÓN NATURAL.

2.2.1. LOS PARADIGMAS EDUCATIVOS Y LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS.

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias son procesos complejos que tienen que superar muchas dificultades. El conocimiento propio de lo que se ha de enseñar es el pilar fundamental para sostener una enseñanza que lleve al aprendizaje efectivo de los principios y fenómenos de lo que ocurre en el mundo natural. El aprendizaje de las ciencias requiere de un cambio profundo en las estructuras cognitivas, y para que esto suceda la instrucción deberá ser un proceso debidamente concienciado, correctamente intencionado y planeado (Pozo, 1997).

Los principales obstáculos para la enseñanza de las ciencias se pueden atribuir a dos factores: por un lado, a la falta de conocimientos sobre los contenidos a enseñar y por el otro lado, a la falta de conocimientos sobre el modo de incorporarlos en estrategias didácticas efectivas. Uno es el conocimiento disciplinar y el otro es el conocimiento didáctico para el contenido. Sin embargo, existen otros factores inherentes a los profesores y alumnos, concernientes tanto al contexto como al propio proceso del aprendizaje. Un ejemplo de esto son las concepciones epistemológicas que tienen tanto los estudiantes como los profesores sobre la forma en que se estructura el conocimiento, cómo se desarrolla y cómo se produce. Por ejemplo, muchos estudiantes piensan que el conocimiento científico se articula en forma de ecuaciones y definiciones que tienen que ser memorizadas en lugar de ser comprendidas. Esto puede llevar a que los alumnos caigan en el hastío antes de abordar los temas de aprendizaje. Este tipo de factores comprenden un obstáculo para el aprendizaje y son responsables de muchos de los fracasos que se registran

en los enfoques para el aprendizaje de las ciencias. Asimismo, las concepciones epistemológicas de los profesores son realmente importantes, dado que los profesores pueden enseñar mediante metodologías deformadas, erróneas o carentes de validez científica (Vilchez, 2016, Fernandez y SanJosé et al, 2007).

A través de la historia se han desarrollado varias propuestas teórico-metodológicas que tratan de explicar y elucidar los procesos de enseñanza y aprendizaje, y de los cuales se desprenden modelos y enfoques que proponen metodologías para abordar la enseñanza. La escuela conductista se basa en los trabajos experimentales realizados por Pávlov (Leyva, 2005) con los que demostró que el aprendizaje es el resultado del condicionamiento a partir de la repetición estímulos. A partir de sus experimentos usando perros, Pávlov describió cómo un estímulo neutro (campana) se convierte en un estímulo condicionado al propiciar una respuesta condicionada (alimento), esto debido a que el estímulo condicionado se presenta junto con la campana (estímulo neutro). Se le debe a Burrhus Frederic Skinner la aplicación de estos principios a modelos y programas de aprendizaje, así como el uso de reforzadores positivos, estímulos que favorecen la repetición de la conducta y los reforzadores negativos que son estímulos desagradables que evitan la repetición de una conducta (Covarrubias, 2010).

El conductismo concibe al profesor como el centro de conocimientos y como el programador de las situaciones de aprendizaje; el alumno, en cambio, desempeña un papel pasivo como repetidor de las programaciones del aprendizaje (Covarrubias, 2010). En el conductismo, el aprendizaje en las ciencias es producto de la acumulación de conocimientos declarativos de los fenómenos y hechos naturales mediante mecanismos asociados a reforzadores. El desarrollo de los programas de enseñanza y la enseñanza asistida por computadora de Skinner constituyen el primer acercamiento del uso de las tecnologías en el aprendizaje (Briceño, 2012).

Para la escuela humanista el alumno es visto como un ser único, diferente a los demás, con personalidad individual, necesidades psicológicas y afectivas propias, así como con motivaciones que pueden distar de lo que alguien externo quiera para

él. En este sentido la educación humanista busca el desarrollo personal del sujeto a través de su propia toma de decisiones y de la forma en que este solucione problemas, por lo que concibe al alumno como un alumno activo, que construye su propio aprendizaje (Fabela, 2006)

La escuela sociocultural se basa en los estudios realizados por Lev Semionovich Vigotski (Covarrubias, 2010). En esta teoría se propone que el ser humano entra en contacto con la cultura de su contexto y la internaliza a través de un proceso denominado apropiación. El lenguaje tiene un papel fundamental en el aprendizaje ya que es lo que le da significado al dialogo interno y al pensamiento. En el ámbito educativo el proceso de aprendizaje del sujeto se lleva a cabo en la colectividad, que es donde puede estar inmerso en el conocimiento, y del cual se va apropiando individualmente. El concepto de *zona de desarrollo próximo* (ZDP) es el que más aplicaciones tiene en el contexto educativo, ésta se define como la distancia que existe entre el desarrollo real que son las metas que se pueden alcanzar mediante las acciones que puede realizar el sujeto individualmente y el nivel de desarrollo potencial que es el nivel que se puede alcanzar mediante la ayuda del colectivo (Chávez, 2011).

Por su parte el cognoscitivismo tiene como base el estudio de la cognición entendida como los procesos mentales mediante los que se construye el conocimiento en el sujeto. Este paradigma concibe al sujeto como agente activo de su aprendizaje, ya que este es quien realiza los procesos de ordenamiento, relación y estructura del conocimiento; el profesor ser entonces, el que guíe estos procesos y proporcione los medios para que ocurra el aprendizaje (Covarrubias, 2010).

La teoría de Jean Piaget (Perales, 1992) se inscribe dentro de este paradigma, y considera que el sujeto al buscar el sentido del mundo que le rodea construye esquemas mentales de la realidad. Sin embargo, puesto que este proceso es individual y modificado por los propios procesos cognitivos, el conocimiento del mundo que le rodea no es una copia fiel, sino una construcción individual de la realidad. Entonces, el aprendizaje es el resultado de un proceso denominado *adaptación* de las estructuras mentales del sujeto con su entorno. Para que esto

ocurra tendrán que suceder otros dos procesos: la *asimilación* y la *acomodación*, el primero es la modificación de los datos del entorno para ser incorporados, esto lleva a un desequilibrio en las estructuras mentales; en el segundo, las estructuras mentales se modifican para incorporar estos datos, lo cual lleva al equilibrio y por lo tanto al aprendizaje.

Briceño (2012) sostiene que las teorías cognoscitivistas son las más apropiadas para explicar el aprendizaje de las ciencias, ya que requiere de procesos complejos de razonamiento, solución de problemas y procesamiento de la información. Si se tiene en cuenta que los alumnos son los constructores de su propio aprendizaje y que estos ya poseen conocimientos previos aprendidos a través de sus experiencias en el pasado, el objetivo para el aprendizaje es que esta información previa sea estructurada y comprendida de acuerdo con sus vivencias y sus propios procesos cognitivos, mismos que le dan sentido y significancia.

2.2.2. OBSTACULOS EN LA ENSEÑANZA DE LA SELECCIÓN NATURAL

Algunos estudios como los descritos por Gándara et al. (2002), Alters y Nelson (2002), Tidon y Lewontin (2004), Campanario y Moya (1999), y Vilchez (2016) describen las dificultades y obstáculos presentes tanto en el aprendizaje de la selección natural, como en las estrategias de enseñanza de la misma. De acuerdo a estos estudios, es claro que existe una comprensión deficiente del proceso evolutivo en los estudiantes, con obstáculos clasificados por categorías.

La primera dificultad es de tipo ideológico-político y propiamente no se refiere a los procesos de aprendizaje del sujeto. Desde la presentación misma de las ideas evolucionistas en el siglo XIX, muchos detractores de las mismas hicieron su aparición. Las ideas religiosas hasta la fecha siguen siendo un fuerte impedimento para la enseñanza formal de la evolución en algunos países, como en los Estados Unidos o los países musulmanes. Por lo general, los grupos religiosos temen que el conocimiento de la teoría evolutiva afecte el modelo mágico dogmático de su cosmovisión, puesto que la teoría de la evolución explica el origen del ser humano y su relación biológica con las demás especies sin requerir de la intervención divina

(Alters y Nelson, 2002). En México la enseñanza de la evolución no se encuentra restringida por estos aspectos debido a que es un estado laico (Lazcano, 2005).

La segunda dificultad se relaciona con la comprensión deficiente de la teoría de la evolución en la enseñanza formal, y con la didáctica aplicada a la enseñanza de la evolución por selección natural. Tanto el público en general como la población instruida tienen una pobre comprensión del proceso evolutivo, aunque este problema es mayor en personas sin instrucción media o superior (Alters y Nelson, 2002). Entre los factores que dificultan la enseñanza y el aprendizaje de la teoría de la evolución por selección natural destacan: 1) la presencia tanto en profesores como en estudiantes de un modelo de pensamiento religioso que impide que el modelo evolutivo explique el origen de la diversidad biológica y del ser humano (Gonzalez y Martín, 2011), 2) el uso inadecuado de materiales y estrategias didácticas, así como el uso de libros de texto con información errónea (Alters y Nelson, 2002. y Arriaga *et al.* 2017), 3) La deficiente comprensión de conceptos básicos que ayuden a anclar los nuevos conceptos de selección natural, Folguera y Galli (2012) afirman que para el correcto aprendizaje de la microevolución es necesario que los alumnos tengan conocimientos previos de genética y 4) La persistencia de concepciones alternativas a la explicación científica válida; por ejemplo, conceptos erróneos adquiridos durante las vivencias de los estudiantes, como el que confunde el proceso evolutivo con el desarrollo ontogénico del individuo, o bien el cambio de las especies por responder a una necesidad (Alters y Nelson, 2002), o bien el pensamiento teleológico al buscar el sentido de la evolución con el propósito y con el cambio direccionado de las especies (Gonzalez y Martín, 2011).

Las investigaciones realizadas en la didáctica de la evolución por Gándara et al. (2002), Alters y Nelson (2002), Campanario y Moya (1999), y Vilchez (2016) describen como en los alumnos en los niveles medio y superior, la presencia de concepciones erróneas sobre el proceso evolutivo se encuentran presentes y son muy difíciles de cambiar incluso después de la instrucción. Se les denomina concepciones alternativas a las ideas previas que tienen los estudiantes sobre

algunos conceptos que son erróneas en un alto porcentaje respecto a lo validado por el consenso científico. Cuando se busca el origen de las concepciones alternativas es común encontrarlo en la influencia de la experiencia cotidiana, la cultura y los medios de comunicación entre las más señaladas.

A ese respecto, el constructivismo es una de las teorías educativas que considera que se puede hacer un cambio conceptual de las concepciones alternativas (Pozo, 1997 y Alters y Nelson 2002). Desde esta perspectiva el aprendizaje es un proceso social en el que se le da sentido al conocimiento preexistente (concepciones alternativas). El sujeto interactúa con el mundo y su contexto a través de sus sentidos, que están relacionados con el conocimiento preexistente. Este conocimiento se estructura en esquemas mentales que le ayudan al individuo a comprender la realidad (Alters y Nelson, 2002). Para facilitar un enfoque constructivista en el aula, un instructor debe propiciar situaciones en las que los estudiantes examinen la idoneidad de sus concepciones previas, lo que les permite discutir sobre ellas y probarlas. Los estudiantes pueden enfrentar contradicciones durante este proceso de prueba, y se puede presentar la oportunidad para que adquieran conceptos científicamente validados. Pozo (1997) considera que la *zona de desarrollo próximo*, propuesta por Vygotski y aplicada a la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, es un constructo adecuado por que puede lograr que los alumnos construyan en el aula actitudes, procedimientos y conceptos que de otra forma no se lograrían. Es deber del profesor proporcionar todos los medios para que esto suceda, a partir de lo que se denomina ayuda pedagógica que proporciona los medios para que el alumno acceda al conocimiento.

2.3. EL SOFTWARE EDUCATIVO EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA EVOLUCIÓN.

Una estrategia de aprendizaje se define como aquella propuesta didáctica donde se han determinado los alcances, los propósitos de aprendizaje, así como las herramientas y materiales a utilizar para que el alumno aprenda el tema a tratar (Cataldi, 2000). Una de las características que definen la educación del siglo XXI es el uso de la informática. De acuerdo con Cataldi (2000), se conoce como *software*

educativo a los programas computacionales creados con la intención de ser usados en el proceso de enseñanza y de aprendizaje. Ledo *et al.* (2010) especifican que las aplicaciones o programas computacionales además de servir en la enseñanza y el aprendizaje, permiten el desarrollo autónomo de habilidades cognitivas. El software educativo se caracteriza en dos aspectos, el primero en su intencionalidad educativa, esta define los aspectos de usabilidad del software, sus propósitos en el logro académico, y los ejercicios a realizar. El segundo es la interactividad la cual hace referencia al intercambio de información entre el usuario y la computadora, así como con otros usuarios.

El software educativo se puede clasificar de acuerdo con la estructura de su contenido y con la forma en la que presenta el contenido a enseñar (Marqués, 1996).

- Los tutoriales son guías dirigidas con actividades preestablecidas, el avance depende de la realización de actividades secuenciadas como en los tutoriales lineales y cuando el avance ofrece más opciones a la guía establecida, ya sean secuenciadas o aleatorias, se denominan tutoriales ramificados.
- Las bases de datos son datos organizados que están estructurados en jerarquías; generalmente son de consulta.
- Las simulaciones son modelos explicativos virtualizados que presentan un entorno dinámico en el que ofrecen gráficos o animaciones interactivas, permiten la exploración y modificación de componentes, variables o parámetros al momento de ser usados por los alumnos, por lo que ofrecen resultados diferentes que pueden ser contrastados y analizados.

Los tutoriales tienen su antecedente en el conductismo, en la enseñanza programada (1958) y en el modelo de enseñanza asistida por computadora (1970) desarrollados ambos por Skinner (citado en Covarrubias, 2010). Los principios que establece la enseñanza asistida por computadora son: especifica la conducta a obtener al finalizar, el alumno avanza a su propio ritmo y la retroalimentación es inmediata. Este modelo tiene como características ser un programa secuencial compuesto por tres componentes: 1) salida del programa, aquí se presentan el

contenido y la actividad, 2) entrada de datos, el alumno ingresa los datos que se le pide en el paso anterior, por ejemplo, la contestación de una pregunta, y 3) reacción del programa, le indica al alumno si los datos ingresados son correctos, esto le permitirá avanzar o permanecer en el paso hasta que ingrese los datos correctamente (Almeida, *et al.* 1997). En este mismo sentido Vargas (2003) le denomina software instruccional a este tipo de programas, los cuales tienen la intención que los alumnos dominen el contenido de un tema determinado mediante una sucesión de aprendizajes que permiten la división del material en pequeñas partes, presentarlas gradualmente, y obtener retroalimentación inmediata. El programa se encarga de presentar el contenido, de indicar la instrucción y de informar sobre los resultados.

Marqués (1996) indica que las simulaciones y el software constructor, a diferencia de los tutoriales, propician el aprendizaje por descubrimiento y favorecen la investigación de los alumnos para comprender tanto el funcionamiento de la aplicación como el modelo, fenómeno o hecho simulado. Propician además el desarrollo de ciertas capacidades cognitivas, debido a que lleva al aprendizaje heurístico y a la construcción de sus propios aprendizajes a través de la reflexión. Además, que el uso de simulaciones lleva al aprendizaje por deducción o inducción de manera autónoma. Las simulaciones que se presentan en modo de juego son modelos explicativos que recrean sucesos y hechos para mostrar algún fenómeno biológico con el agregado de tener en su estructura funcional el componente lúdico (Ledo *et al.* (2010).

Las ciencias trabajan con modelos que tratan de representar y explicar los fenómenos naturales; los juegos de simulación toman estos modelos para virtualizarlos. En las estrategias de enseñanza a veces se olvida que la forma en que se enseña un hecho o fenómeno debe de ser presentado de tal manera que a los alumnos le parezca atractivo, interesante y que se sientan motivados a aprenderlo. Esto constituye un elemento para captar la atención y motivación de los

alumnos. Los juegos informáticos presentan escenarios y entornos que pueden servir de mayor motivación (Barberá y San José, 1990).

En la enseñanza de la evolución con juegos informáticos, Latham y Scully (2008) y Jones y Laughin (2010) indican que el proceso evolutivo presenta dificultades en la enseñanza en espacios tradicionales, en primer lugar porque el tiempo dedicado a la enseñanza de la evolución es reducido, y en segundo lugar debido a que para estudiar de manera experimental el cambio de las frecuencias alélicas, se necesita instrumental y equipo para la realización de estudios moleculares, los cuales en la mayoría de las escuelas de educación media no existen. El uso del software permite además la observación de los cambios en las frecuencias alélicas en poblaciones virtuales muy grandes, lo que es difícil de observar en poblaciones naturales (Larck et al, 2014).

Larck et al (2014), desarrollaron un software didáctico para el aprendizaje de la evolución, el cual lleva por nombre AVIDA-ED y fue desarrollado en la Universidad de Michigan. El programa es fácil de entender y consta de un módulo de evolución e integra la genética. En este programa se pueden manipular el tamaño de la población, los recursos disponibles y tasa de mutación (<https://avida-ed.msu.edu/app/AvidaED.html>. 2018). Por su parte, Jones y Laughlin (2010) desarrollaron el software *PopGen Fishbowl* (<http://virtualbiologylab.org/ModelsHTML5/PopGenFishbowl/PopGenFishbowl.html>) en el cual se aprende selección natural, genética de poblaciones y el equilibrio de Hardy-Weinberg. Así mismo, Royer y Schultheis (2014) desarrollaron la simulación "BoxCar2D" (<http://boxcar2d.com/>), en la cual se aprende evolución por selección natural en un juego con coches de carreras, donde se aprenden los conceptos de mutación y selección natural.

En estos trabajos los autores mencionan que el uso de software educativo tiene la ventaja que en el ambiente escolar del aula difícilmente se llegaría a explicar y comprender evolución, esto debido a que se requeriría de mucho tiempo para

analizar y observar las poblaciones. En estos trabajos (Latham y Scully, 2008; Jones y Laughlin, 2010; Lark et al, 2014; Jones y Laughlin, 2010; Royer y Schultheis, 2014) se observó que con el uso de software educativo se desarrolla una mejor comprensión de la relación entre la genética y el cambio evolutivo, un mejor aprendizaje del cambio en las frecuencias alélicas y el equilibrio Hardy-Weinberg, procesos que son fundamentales para comprender la selección natural. También se observó la relación que existe entre la comprensión de la selección natural y la aceptación de la teoría de la evolución por selección natural, encontrando que hay una mayor aceptación en cuanto exista una mejor comprensión del proceso evolutivo (Larck et al, 2010).

III. METODOLOGÍA

El estudio se realizó en dos planteles de educación media superior ubicados en los municipios de Gabriel Zamora y Tacámbaro en el estado de Michoacán, con estudiantes del 4º semestre. Durante la intervención educativa se usó un software educativo específicamente diseñado para ser utilizado como parte de la estrategia didáctica que se planteó. Se trabajó con un diseño cuasi experimental con tres grupos de alumnos: en dos de ellos se trabajó con el software educativo y el restante sirvió de grupo control. La evaluación del aprendizaje adquirido se realizó mediante un pretest y un postest.

3.1. Población.

La intervención educativa se realizó en el Telebachillerato No.61 plantel Santa Casilda, ubicado el municipio de Gabriel Zamora y en el Telebachillerato No.151 plantel Yoricostio municipio de Tacámbaro. Ambos planteles se localizan en el estado de Michoacán de Ocampo, México. Al momento del desarrollo de este trabajo, el plantel Santa Casilda contaba con 130 estudiantes y el plantel Yoricostio con 39, repartidos en los tres grados educativos. La intervención se efectuó en el cuarto semestre, por ser este en el que se imparte la asignatura “Biología II”. Se trabajó con tres grupos de estudiantes: dos grupos del plantel Santa Casilda, uno con 15 y el otro con 14 estudiantes, y un grupo del plantel Yoricostio con 8 estudiantes. En ambos planteles las edades de los alumnos fluctuaban entre los 16 y los 19 años. Para esta investigación no se tomó en cuenta la variable del género.

Para analizar si hubo diferencias entre los grupos a causa de la intervención se adoptó un diseño cuasi-experimental con grupo control; se designó un grupo como control y a los otros dos como experimentales. Para la asignación de los estudiantes se utilizaron los grupos definidos por el departamento de control escolar de cada uno de los planteles. Cada estudiante fue informado por escrito respecto a la intención de la intervención y la evaluación, así como del manejo de sus datos personales. Los estudiantes firmaron un consentimiento informado (Anexo 1).

3.2. Instrumentos de medición.

Para evaluar el grado de efectividad del uso del *software educativo* y la intervención en su conjunto en el aprendizaje de los estudiantes se utilizó una versión reducida del cuestionario diseñado por Curtis (2016) para la evaluar los aprendizajes en el área de evolución biológica (Anexo 2)¹. Este instrumento plantea interrogantes sobre situaciones problema con respuestas de opción múltiple. El cuestionario modificado fue sometido a validación por expertos en el área de la evolución biológica a través de un jueceo entre pares. Inicialmente se tomaron 25 preguntas, después de la validación se eliminó una dejando 24 reactivos. En la segunda sesión de clase se aplicó un test de 6 preguntas para indagar ideas previas (Araujo, 2013) (Ver anexo 2). Adicionalmente se articularon dos estudios de casos con preguntas de abiertas, después de la validación de dejó solamente una, con dos preguntas asociadas a contestar (Ver anexo 2).

Los reactivos utilizados corresponden a los siguientes temas: I) desarrollo histórico de la teoría de la evolución, II) evidencias de la evolución, III) mecanismos de la evolución, y IV) análisis de la genética de poblaciones. Cada tema constituyó una categoría para el análisis de cuestionarios tanto en el pretest como en el postest.

Tabla 1. Categorización temática del cuestionario.

| Categoría | Número de preguntas | Orden de las preguntas en el cuestionario |
|--|---------------------|---|
| Desarrollo histórico de la teoría de la evolución. | 3 | 1,2,6 |
| Bases genéticas de la evolución. | 7 | 8,9,10,11,14,17,22 |
| Genética de poblaciones. | 4 | 12,13,15,16 |
| Mecanismos del proceso evolutivo | 10 | 3,4,5,7,18,19,20,21,23,24 |

¹ El instrumento puede ser consultado en la dirección electrónica <http://curtisbiologia.com/node/1151>

3.3. Análisis de datos.

Para el análisis de los datos y la validación de la hipótesis de trabajo se utilizó inicialmente un análisis de varianza (ANOVA) con el fin de analizar existe o no diferencia estadísticamente significativa entre el número de aciertos obtenidos por los grupos experimentales. Se realizaron dos análisis: el primero en el pretest y el segundo en el postest.

Debido a que los datos de la muestra no corresponden a una distribución normal no fue posible aplicar análisis estadísticos de comparación de medias.

Se realizó estadística descriptiva para las respuestas del cuestionario para indagar las ideas previas, para el análisis de las respuestas por categorías en el pretest y postest en los 3 grupos de intervención, y para los promedios de los estudiantes.

Los análisis se realizaron con el programa informático IBM SPSS statistics® 1.0.0.1347.

3.4. Diseño del *software educativo*.

3.4.1. Desarrollo y requisitos técnicos.

El juego desarrollado para la intervención fue creado a partir del juego de mesa “Presas y depredadores” de la Universidad de Berkeley,² modificado para incluir conceptos de genética mendeliana y el equilibrio de Hardy-Weinberg.

El juego fue desarrollado en el lenguaje HTML 5.0, por lo que puede ser ejecutado en un navegador web en cualquier sistema operativo que soporte Google Chrome a partir de la versión 71.0.3578.98 de 64 bits. El programa puede ser ejecutado en línea o fuera de línea mediante el uso de un dispositivo de almacenamiento. Se requieren equipos con un procesador mínimo de 1 GHz, 1 Gb de memoria RAM y espacio en disco duro de 20 Mb.

² Puede consultarse en <http://www.evolution.berkeley.edu/evolibrary/home.php>

Para comenzar el juego, en la pantalla de inicio aparecerán sus reglas. Una vez que se han leído, pasamos al panel donde se eligen la cantidad de presas y depredadores que estarán el tablero de juego. El juego consiste en la distribución aleatoria de presas (conejos) y depredadores (coyotes) en un hábitat que corresponde a una pradera, los individuos de cada una de las poblaciones no se distribuyen de manera uniforme en el espacio, el programa las distribuye en casillas.

En las presas existen dos alelos para el color del pelaje, uno de estos alelos (a verde) le da cierta ventaja los individuos debido a que se confunde con el fondo de la pradera, el otro alelo (A café) les hace mas visibles en el fondo de la pradera. Las presas solo se reproducen si existe al menos otro individuo de su especie en la casilla que le corresponde, y los depredadores solo se reproducirán si existe alimento (presas) en la casilla en la que está. Después de que las presas se han alimentado, y de acuerdo con las leyes de Mendel, las presas se reproducirán terminando así la primera ronda. Las presas que no fueron capturadas y sus descendientes pasaran a la siguiente ronda. Los depredadores pasarán a la siguiente ronda solo si se alimentaron. Cada juego es diferente y los resultados dependerán de la distribución, así como en la aleatoriedad en la reproducción.

3.4.2. Reglas del juego.

Al ejecutar el programa la primera pantalla indica las instrucciones y las reglas del juego.

Instrucciones y reglas:

- El juego se realiza por rondas, en cada una se distribuirán aleatoriamente los depredadores y las presas (figura 1).
- Elige la cantidad de individuos que tendrá la población de conejos para los que hay dos alelos, asimismo, escoge la cantidad de individuos que tendrá la población de depredadores.
- Usa el puntero y arrastra a un depredador para que se coma a las presas.
- Los depredadores solo pueden comer presas cafés, los conejos verdes se camuflajan en el pasto.

- Después de que los depredadores comen, las presas pueden reproducirse.
- Para reproducir a las presas, arrastra a una presa y suéltala con otra para que se puedan reproducir.
- Completa el cuadro de descendientes de acuerdo con las leyes de Mendel para los alelos del color de pelo de las presas (figura 2).
- Cada acción que realices correctamente, por ejemplo, indicar los genotipos correctos te dará 10 puntos en el marcador; por el contrario, si te equivocas te quitará 5 puntos.
- Una vez que las presas se han reproducido, se distribuyen los depredadores y las presas en la siguiente ronda.
- En cualquier momento da clic en “ver mas” y se desplegará una gráfica con las estadísticas de las poblaciones de presas y depredadores, tales como frecuencia fenotípica, frecuencia genotípica y frecuencia alélica (figura 3).

El juego termina cuando se extingan las presas o se de clic en reiniciar.

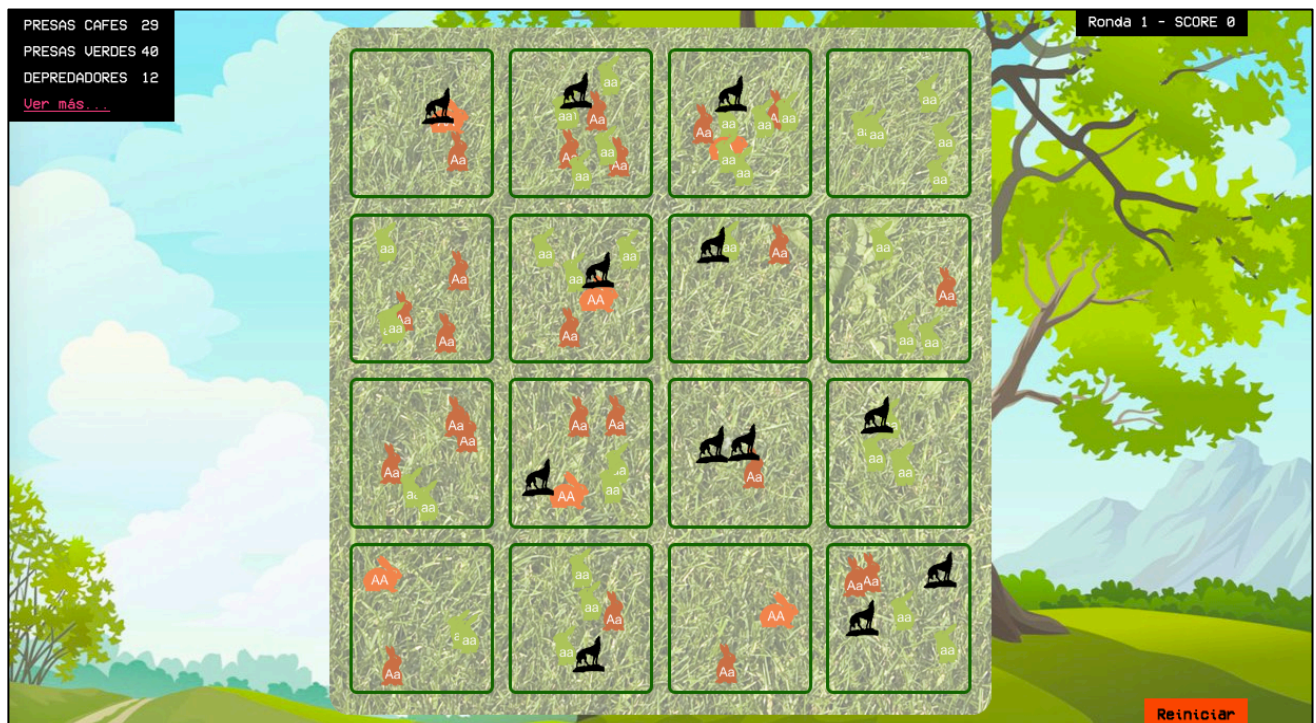


Figura 1. Tablero de juego, se observa la distribución aleatoria de presas y depredadores en 16 casillas de juego. En esquina superior izquierda se indican la

cantidad de presas y depredadores en juego y en la esquina superior derecha la puntuación obtenida.

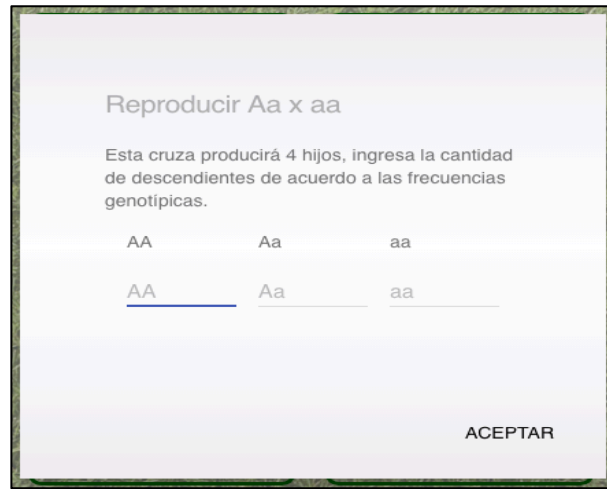


Figura 2. Cuadro de reproducción de las presas de acuerdo con las leyes de Mendel.



Figura 3. Cuadro de estadísticas del juego. Las filas indican la cantidad de rondas jugadas, y las columnas nos indican el tamaño de la población tanto de presas como de depredadores, así como también la frecuencia fenotípica, genotípica y la frecuencia alélica. Las graficas de barras se muestran por ronda, las barras naranjas claro indica la cantidad de presas con genotipo (AA) homocigoto dominante, las barras naranja oscuro indican la cantidad de presas heterocigotos (Aa), las barras verdes muestran a las presas con genotipo homocigoto recesivo (aa). Las barras negras indican la cantidad de depredadores.

3.5. Desarrollo y aplicación de la estrategia.

La estrategia (ver Anexo 3) se aplicó en la semana del 30 de mayo al 3 de junio de 2016. Para los tres grupos experimentales se requirieron 6 sesiones de 2 horas cada una, para dar un total de 12 horas de aplicación. En la sesión 1, se aplicó el pretest en todos los grupos experimentales, en la sesión 2 se aplicó un test para indagar los conocimientos previos, las sesiones 3 y 4 en los tres grupos se utilizó el pizarrón, proyector y los textos con los contenidos.

Tabla 2. Desarrollo de la estrategia.

| Sesión | Tiempo | Temas | Actividades |
|-----------------|---------------|---|---|
| Sesión 1 | 2 horas | | Resolución del pretest |
| Sesión 2 | 2 horas | Desarrollo histórico de la teoría de la evolución. Teoría de Lamarck. | Lectura colectiva y discusión del tema. Análisis de la teoría de Lamarck. |
| Sesión 3 | 2 horas | Teoría Darwin-Wallace por Selección natural y evidencias de la evolución. | Lectura sobre la construcción histórica de la teoría Darwin-Wallace. Uso del proyector para explicar las características y estudios de caso de la selección natural. |
| Sesión 4 | 2 horas | Equilibrio Hardy-Weinberg, y mecanismos evolutivos. | Uso del pizarrón para explicar. Análisis de casos por equipos (grupo control). |
| Sesión 5 | 2 horas | Análisis de estudios de caso. | Análisis del desarrollo población de presas y depredadores (grupos experimentales). |
| Sesión 6 | 2 horas | | Resolución del postest |

A los estudiantes de los grupos experimentales A y B, en la sesión 5 se les pidió que jugaran el juego “presas y depredadores”, posteriormente explicaron la dinámica de sus poblaciones de conejos y coyotes, y generaron posibles explicaciones para las gráficas de los datos obtenidos. En tanto que en el grupo

control se les presentaron estudios de caso con el que realizaron un análisis. En la sesión 6 se aplicó el posttest en todos los grupos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de las ideas previas

En la sesión 1 se aplicó el pretest. En la sesión 2 se abordó el tema “Desarrollo histórico de la teoría de la evolución y la teoría de Lamarck”. En los grupos experimental A (14 alumnos) y experimental B (8 alumnos), al inicio del tema y para conocer los saberes previos se aplicó un cuestionario de 6 preguntas (Araujo, 2013), en el grupo control no se realizó este ejercicio. Para generar atención y anclaje al tema se escribió una de las preguntas del cuestionario en el pizarrón. ¿Por qué los dinosaurios no extinguieron a los seres humanos?.

Al hacer la interrogante en el grupo A, los estudiantes respondieron para manera de justificar el por qué estos animales no habían acabado con los seres humanos; “*Los humanos tenían lanzas*”, “*Los humanos tenían fuego*”, “*Los humanos tenían armas*”, “*los humanos tenían fortalezas*”. Después de un rato discutiendo el tema sobre las posibles estrategias de defensa de los seres humanos en contra de estos seres extintos, sólo un alumno respondió “*los seres humanos no vivieron cuando los dinosaurios*”. Se le cuestionó si podía decirme el tiempo en que vivieron los dinosaurios, respondió que los seres humanos han vivido en la tierra desde hace poco tiempo y los dinosaurios se habían extinguido hacía millones de años.

En el grupo experimental B, se hizo la misma pregunta y a diferencia del otro grupo, 2 alumnos se apresuraron contestar que los dinosaurios no habían podido vivir con los humanos “*los dinosaurios no vivieron con los humanos, porque no hay fósiles de humanos gigantes y en el tiempo de los dinosaurios todos los animales eran gigantes*”. Se observó que los estudiantes cuando dan respuestas orales hacen caso al primer estudiante que contesta y estos continúan buscando justificaciones para sustentar la respuesta independientemente de si es correcta o incorrecta. El estudiante, aunque contestó correctamente que los dinosaurios no vivieron con los humanos, su justificación no es correcta.

Las respuestas del cuestionario indican que hay uniformidad entre ambos grupos experimentales. En la primera pregunta (figura 4) ¿Cómo funciona la selección natural?, se observa que solo un pequeño porcentaje de alumnos contestó

correctamente, 2 alumnos en el grupo A (14.29%) y 1 alumno en el grupo B (12.50%). De manera oral en la clase se preguntó por qué consideraban que la selección natural actúa solo en humanos, la respuesta de uno de los estudiantes fue que “*solo los humanos son inteligentes*”.

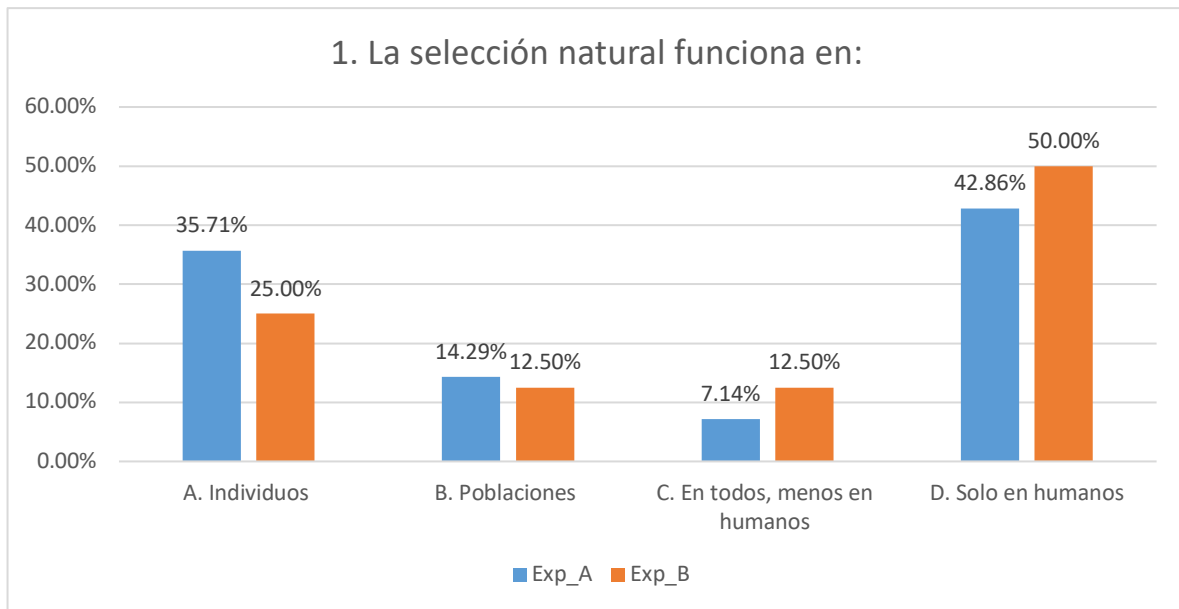


Figura 4. Porcentaje de respuestas contestadas en el grupo experimental A y grupo experimental B para la pregunta número uno.

En la pregunta número dos ¿Qué es la evolución biológica?, se observa en la figura 5 que en alrededor del 85% de los alumnos en ambos grupos contestaron que la evolución biológica es el cambio de las especies a través del tiempo. Esta pregunta es en general contestada correctamente debido a que el concepto evolución de manera muy reducida se entiende como cambio. El problema de aprendizaje viene cuando hay que explicar el cambio y el cómo sucede y qué mecanismos actúan.

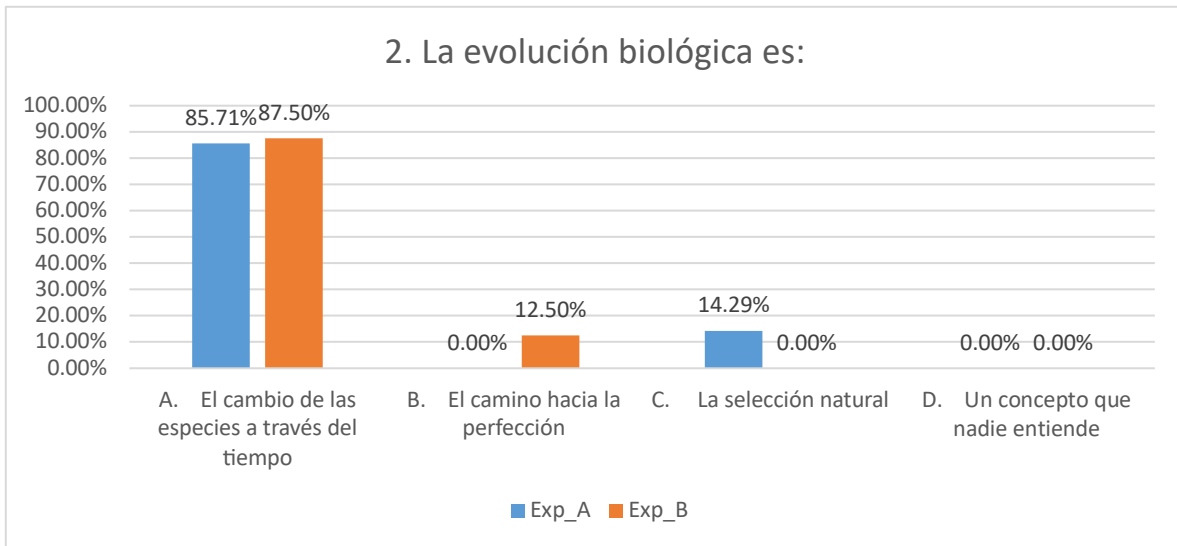


Figura 5. Porcentaje de respuestas contestadas en el grupo experimental A y grupo experimental B para la pregunta número dos.

En la pregunta número tres (ver figura 6) ¿los cambios en las especies son el resultado de? en un amplio porcentaje en los dos grupos 87.71% y 100% respectivamente contestaron que los organismos modifican sus cuerpos de acuerdo con las circunstancias del medio ambiente. Esto evidencia que un alto porcentaje de los estudiantes poseen una explicación del por qué cambian las especies con base en la “necesidad”.

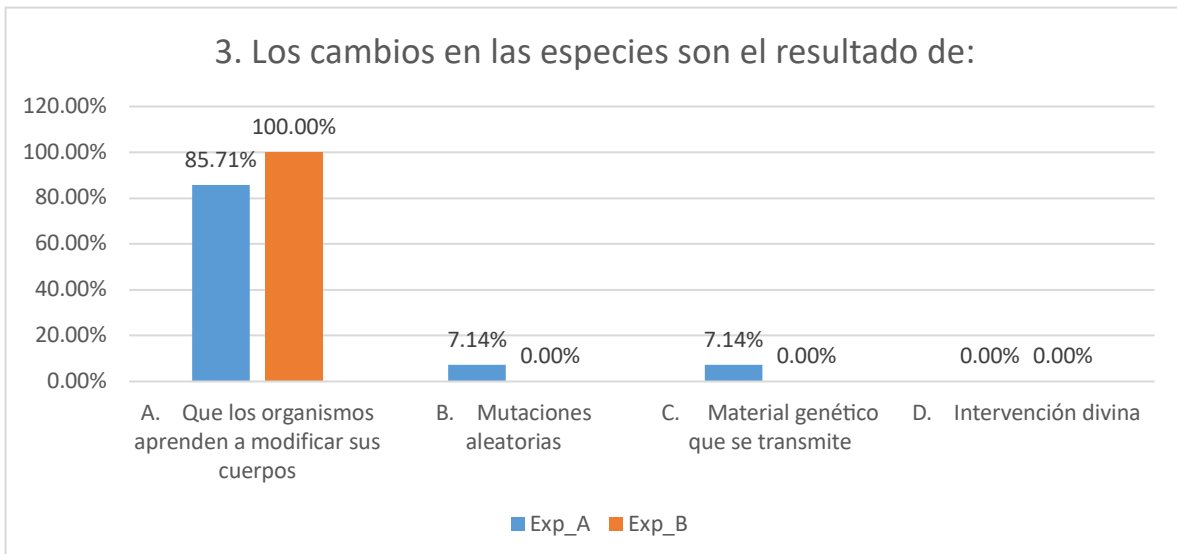


Figura 6. Porcentaje de respuestas contestadas en el grupo experimental A y grupo experimental B para la pregunta número tres.

En la pregunta número cuatro casi todos los estudiantes estuvieron de acuerdo en que los fósiles son evidencia de especies que se han extinguido en el transcurso del tiempo en situaciones pasadas.

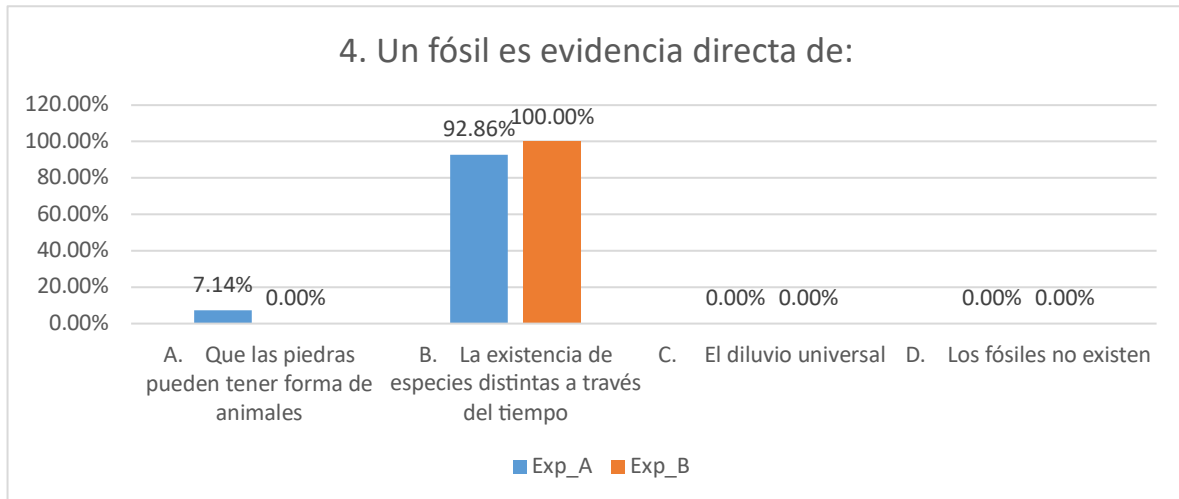


Figura 7. Porcentaje de respuestas contestadas en el grupo experimental A y grupo experimental B para la pregunta número cuatro.

En la pregunta número cinco se observa primero que las respuestas del grupo A y el grupo B no son uniformes. En la figura 8 se ve que en el grupo A casi el 50% de los estudiantes estuvieron de acuerdo con que los dinosaurios no se habían extinguido por que los seres humanos eran más listos o inteligentes, ignorando por mucho la comprensión de las edades geológicas y de la historia natural de la tierra. Por el contrario, más de la mitad de los estudiantes en el grupo experimental B acertaron al momento de afirmar que los dinosaurios no vivieron en el tiempo de los dinosaurios.

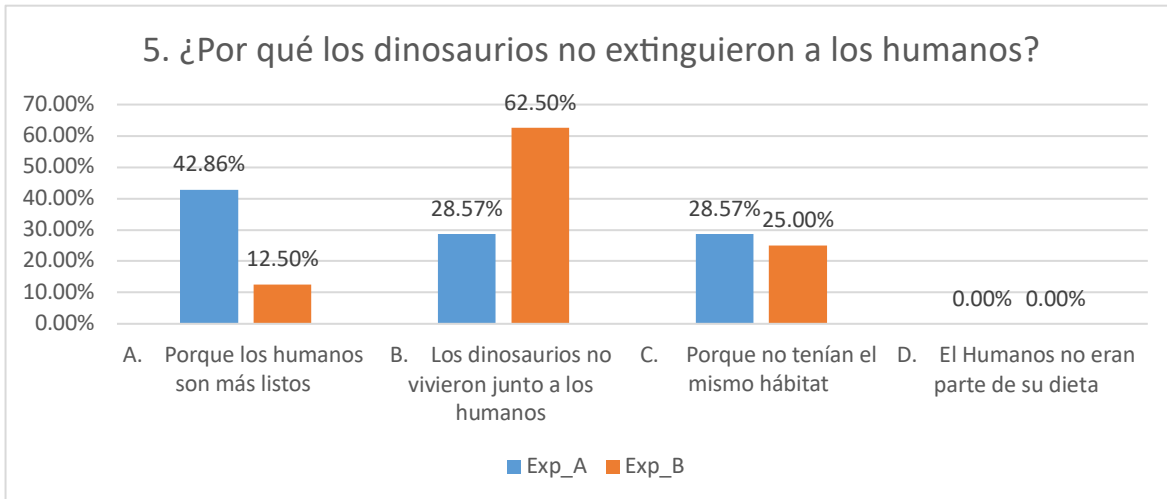


Figura 8. Porcentaje de respuestas contestadas en el grupo experimental A y grupo experimental B para la pregunta número cinco.

Por último, en la pregunta número seis (figura 9), la mayoría de los estudiantes en ambos grupos contestaron que las mutaciones son alteraciones en la información genética. Es posible que los estudiantes en ambos grupos hayan contestado correctamente debido a que el tema visto anterior a la evolución fue genética.

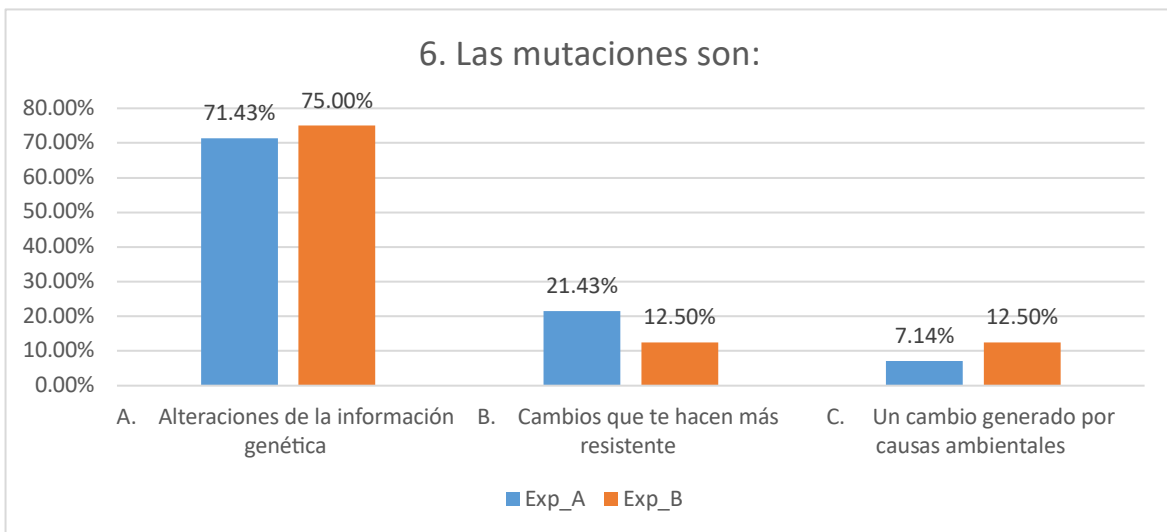


Figura 9. Porcentaje de respuestas contestadas en el grupo experimental A y grupo experimental B para la pregunta número seis.

El ejercicio de indagación de las ideas previas en los estudiantes arrojó que los alumnos tienen claro que la evolución implica cambios en las especies, especialmente en los caracteres físicos de los organismos y desconociendo si también suceden en aspectos fisiológicos, también tienen claro que el registro fósil es evidencia de la evolución y de cómo las especies han cambiado en el transcurso del tiempo. Sin embargo, no tienen comprensión de la escala del tiempo, ni de la historia natural y geológica de la tierra. Por otro lado, aunque comprenden que evolución tiene que ver con el cambio de las especies a través del tiempo, la explicación del cómo cambian es errónea y desconocen los mecanismos. Es evidente que su idea sobre el cambio es el resultado de la “necesidad” de las especies que modifican sus órganos como respuesta a determinados factores del medio ambiente. Asimismo, no se observó que tengan explicaciones religiosas o teístas para ninguna de las preguntas en el cuestionario. Las ideas previas observadas en los tres grupos de estudio coinciden con los resultados obtenidos por González y Meinardi (2011), ellos describen que las ideas previas en los estudiantes antes de iniciar cursos formales de evolución biológica son generalmente similares en los estudiantes de nivel medio y superior en diversos contextos escolares y culturas diferentes de Latinoamérica y España. También Bishop y Anderson (1990) y Kalinowski et. al. (2013) reportan ideas previas similares en el contexto estadounidense. Las ideas previas observadas en los estudios de estos investigadores coinciden con lo reportado en este estudio.

4.2. Análisis del pretest

Se procesaron los datos obtenidos (ver Anexo 4) en el pretest diseñado para evaluar los conocimientos previos a la aplicación de la estrategia didáctica centrada en el uso de *software educativo* para la comprensión de la selección natural. Para este estudio se compararon las medias en las preguntas contestadas correctamente por los estudiantes. En la escala del 1 al 10, se considera aprobado aquel estudiante que tiene 6 o más aciertos

Se procedió a realizar el análisis de varianza (ANOVA) para probar las siguientes hipótesis:

- H_0 : $P \geq 0.05$, no existe diferencia estadística en las respuestas de los grupos.
- H_a : $P < 0.05$, existe diferencia estadística en las respuestas de los grupos experimentales control, grupo experimental A Santa Casilda y grupo experimental B Yoricostio.

El resultado del análisis de varianza arrojó un valor de $P=0.728$, indicando que no existen diferencias estadísticas entre las respuestas de los grupos experimentales y el control en el pretest. En los resultados del pretest se observa que, a excepción de un estudiante, ninguno de los alumnos obtuvo una calificación por encima del 5.2. La media obtenida en el pretest por el grupo control fue de 2.8 ± 2.1 , mientras que para el grupo experimental Santa Casilda fue de 2.9 ± 2.0 y para el grupo experimental Yoricostío fue de 3.3 ± 3.0 .

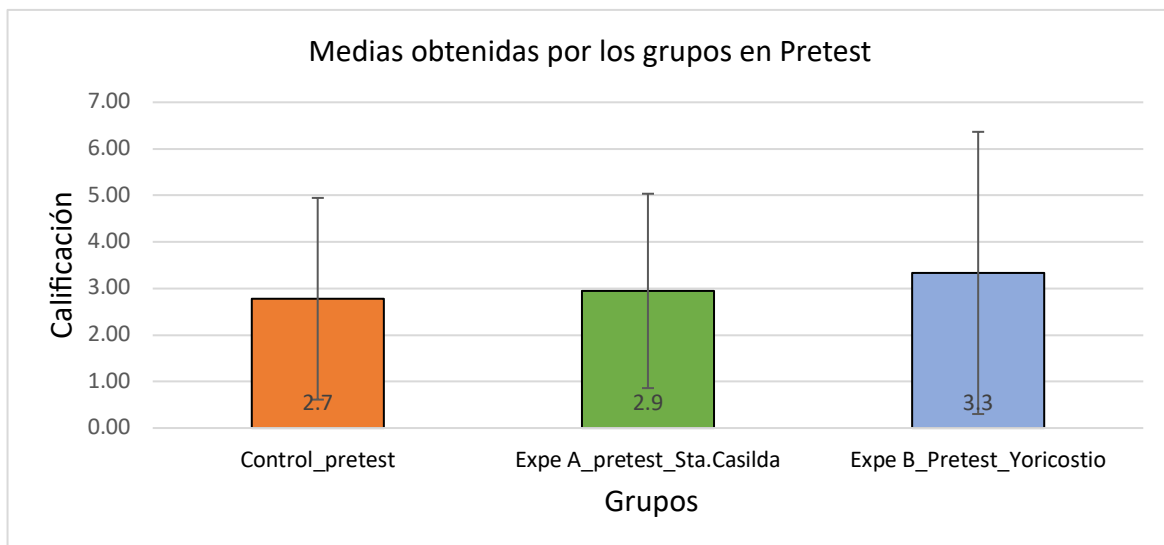


Figura 10. Medias en las calificaciones en el pretest. En naranja el grupo control, en verde el grupo experimental A Santa Casilda y en azul el grupo experimental B Yoricostio.

Las calificaciones de los tres grupos en el pretest fueron similares, sin embargo, se analizaron las preguntas del cuestionario por categorías para identificar en cuáles se tuvieron mejores y peores calificaciones. Para realizar lo anterior las preguntas se categorizaron en cuatro apartados: a) desarrollo histórico de la teoría de la evolución (3 preguntas), b) bases genéticas de la evolución (7 preguntas), c) genética de poblaciones con (4 preguntas) y d) mecanismos del proceso evolutivo (10 preguntas). (ver figura 11).

- A partir de este análisis, se observa que, en la categoría de desarrollo histórico de la teoría de la evolución, los estudiantes del grupo control tuvieron mayores conocimientos previos con una calificación media de 4.0 con respecto a los dos grupos experimentales, mientras que el grupo experimental A Santa Casilda obtuvo 1.9 y el grupo de B_Yoricostio obtuvo 2.1 (Ver figura 4.2).
- En la categoría de *bases genéticas de la evolución* el grupo control obtuvo una calificación media de 3.0, el grupo experimental A de 4.3 y el grupo de intervención B de 4.5.
- Así mismo, en el apartado de *genética de poblaciones* el grupo control obtuvo una media en sus calificaciones de 1.8, mientras que el grupo experimental A obtuvo 2.5 y el B de 2.2.
- En la categoría de *mecanismos del proceso evolutivo* se obtuvieron calificaciones promedio de 2.7 para el grupo control, 2.5 para el experimental A y 3.4 para el experimental B.

En los resultados del pretest podemos observar que las calificaciones de los alumnos son similares en los tres grupos. Los datos indican que los estudiantes poseen cierta uniformidad de conocimientos previos a la estrategia, los cuales son

deficientes en todas las categorías en las que se dividió el test, a excepción de la categoría de bases genéticas de la evolución, lo cual puede ser explicado debido a que fue el tema inmediatamente anterior visto en clase. En los resultados se observa que en el apartado de bases genéticas de la evolución es dónde se obtuvo una calificación promedio mayor (4.5) para el grupo experimental B en tanto que para el grupo experimental A, fue de 4.3. Estos resultados coinciden con lo reportado por (Pedraza, 2019), en la que usó una simulación virtual similar. Sus resultados en el pretest indican que los estudiantes reconocen de manera deficiente los mecanismos de la evolución, y el proceso de la selección natural. También observó que los estudiantes comprenden el cambio evolutivo a partir de la ideas de necesidad y finalidad, coincidiendo con lo reportado en la indagación de ideas previas de este estudio.

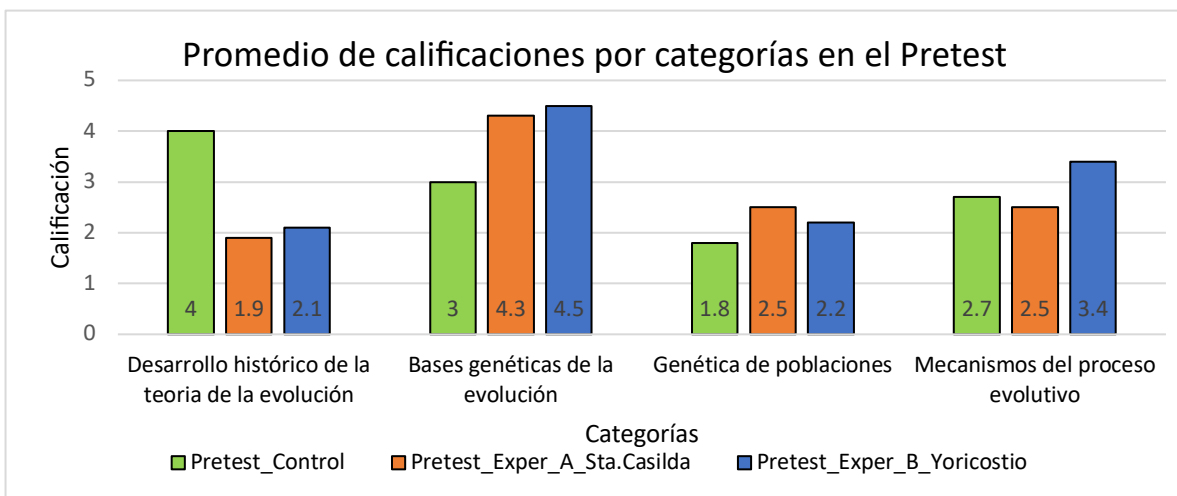


Figura 11. Medias de las calificaciones por categorías en el pretest. En verde el grupo control, en naranja el grupo experimental A Santa Casilda y en azul en grupo experimental B Yoricostio.

4.3. Análisis del postest

Los datos obtenidos en el postest se muestran en el anexo 5. Hay que mencionar que para su análisis se compararon las medias en las calificaciones obtenidas a través de un análisis de varianza (ANOVA) para comprobar las siguientes hipótesis:

H_0 : $P \geq 0.05$, indica que no existe diferencia estadística en las respuestas de los grupos aceptándose la H_a . Por lo tanto, si se obtiene una $P < 0.05$, habrá diferencia estadística entre las respuestas de los grupos control, con respecto a los grupos experimentales A y B.

El análisis de varianza arrojó un resultado de $P=0.002$ lo que indica que existen diferencias estadísticas entre las comparaciones de medias en por lo menos uno de los dos grupos experimentales respecto al control. La media obtenida en el postest por el grupo control fue de 3.3 ± 2.4 , para el grupo experimental Santa Casilda fue de 5.5 ± 1.68 y para el grupo experimental Yoricostio fue de 5.6 ± 3.0 .

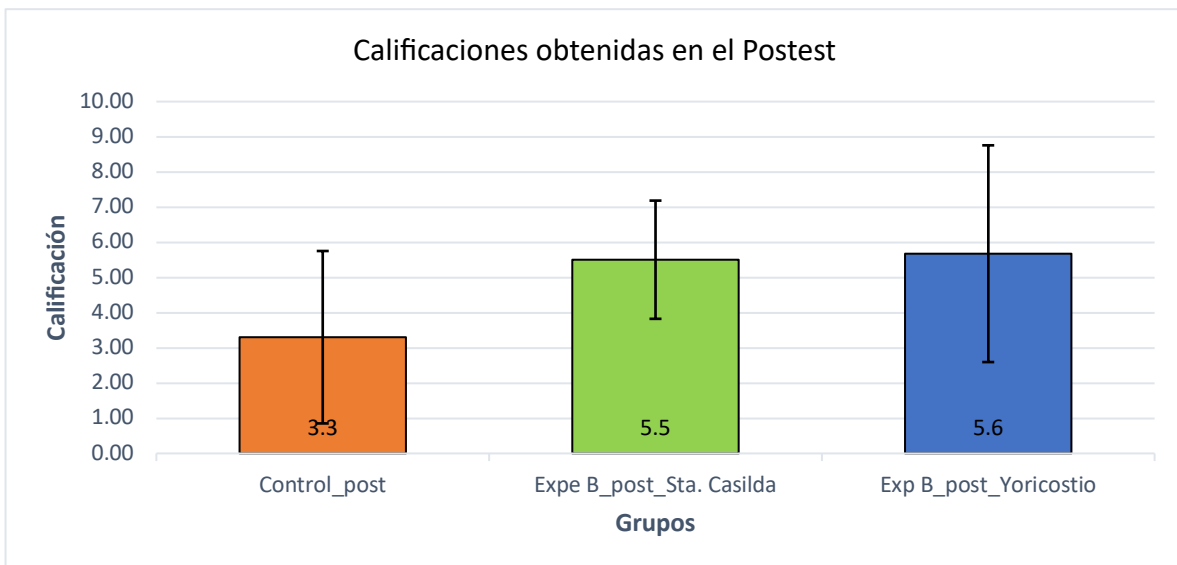


Figura 12. Calificaciones obtenidas en los grupos de estudio en el postest. En naranja el grupo control, en verde el grupo experimental A y en azul el grupo experimental B.

Estos resultados en el posttest son los esperados de acuerdo con la hipótesis de trabajo; para esta investigación se esperaba que hubiera una mejora en el aprendizaje en los estudiantes a través de la estrategia didáctica utilizando el *software educativo* diseñado para el aprendizaje de la selección natural, lo que puede observarse en el número de respuestas acertadas en el posttest.

Es posible identificar que en los grupos en donde se utilizó la estrategia con el *software didáctico* tuvieron las calificaciones medias más altas, muy similares entre ellos ya que solamente existe 1 punto de diferencia. Sin embargo aunque las medias de los grupos experimentales A y B crecieron en el posttest respecto al grupo control, las calificaciones no son satisfactorias, ya que ninguna media grupal llegan al mínimo de aprobación.

Los resultados por categorías en el posttest (ver figura 13) indican que en el apartado de *desarrollo histórico de la teoría de la evolución* fue donde los alumnos constataron la mayor cantidad de preguntas acertadas, en el grupo control la media fue de 5.1, en el grupo experimental A y B la medias fueron de 6.7 y 7.1, respectivamente. En el apartado de *bases genéticas de la evolución* se observa que el grupo control obtuvo una calificación media de 3.3 mientras que en los grupos experimentales A y B se obtuvo una media de 5.8 y 5.9. En el apartado de *genética de poblaciones* el grupo control obtuvo una media en sus calificaciones de 2.0 en tanto que el grupo experimental A fue de 4.3 y el grupo experimental B de 5.9. En el apartado de *mecanismos del proceso evolutivo* los estudiantes de ambos grupos experimentales A y B obtuvieron una media de 5.4 y 5.0, respectivamente, en contraste con el 3.0 del grupo control. Si se observa la gráfica es claramente visible que tanto el grupo experimental A y el grupo experimental B se separan de los resultados del grupo control en todas y cada una de secciones.

Ramírez (2014) realizó en un estudio con alumnos de secundaria en dónde usó una simulación de selección natural con insectos, y encontró resultados contrastantes. Encontró una mejora en la comprensión en la conceptualización de la reproducción diferencial, de las bases genéticas de la herencia de caracteres y la comprensión

de las mutaciones como fuente de variabilidad. Los resultados de Ramírez (2014) son similares en el postest con el estudio usando el juego “presas y depredadores”, puesto que en los mismos apartados bases genéticas de la evolución y mecanismos del proceso evolutivo es dónde se observa una mejora en el porcentaje de preguntas contestadas correctamente. Sin embargo también reporta que no quedó del todo claro el cómo las mutaciones tienen relación en el cambio de las especies, puesto que aun después de utilizar el juego los estudiantes siguen pensando que cambian por necesidad. Pedraza (2019) obtuvo resultados similares usando una simulación de presas y depredadores, las presas tienen distinto fenotipo y con base en el ambiente se desarrolla la simulación, sin embargo esta simulación no es jugable.

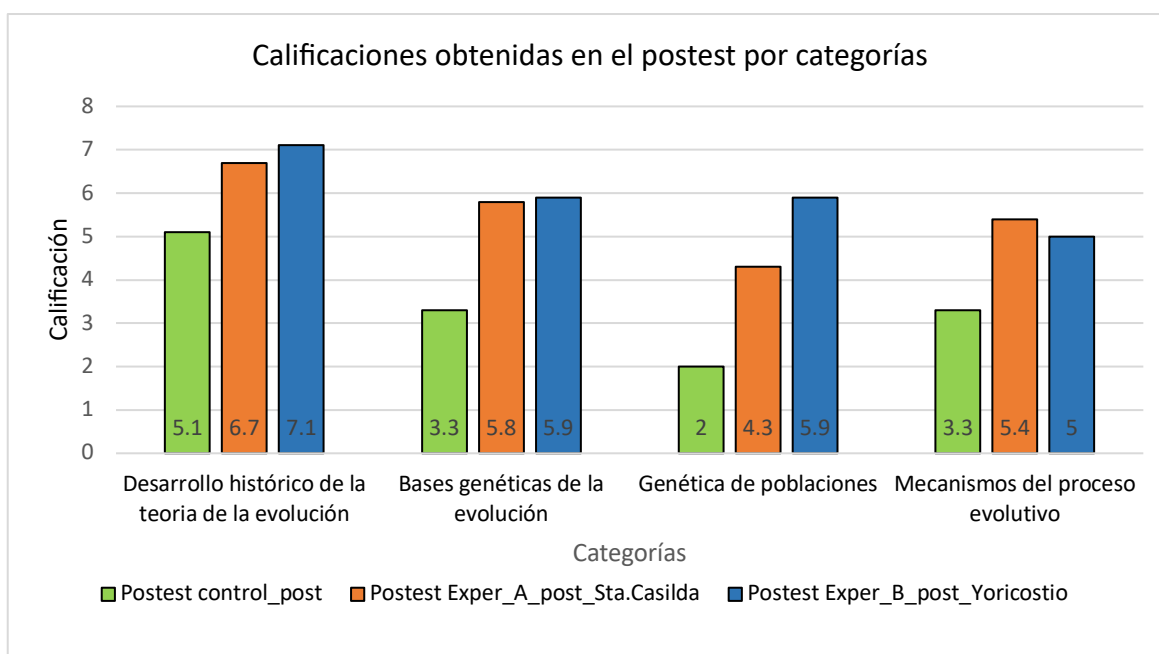


Figura 13. Medias del puntaje de respuestas acertadas correctamente por categorías en el postest. En verde el grupo control, en naranja el grupo experimental A y en azul en grupo experimenta B.

Analisis del pretest y postest

En la figura 14 se muestran la medias en las calificaciones obtenidas en el cuestionario por los tres grupos con los que se trabajó, tanto en el pretest como en

el postest. El grupo control (figura 14) obtuvo una media de 2.7 en el pretest y en el postest 3.3 aumentando solo 6 décimas de punto. En el grupo experimental A ascendió 2.56 respecto al pretest, mientras que el grupo experimental B aumentó 2.4 puntos en el postest. En todos los grupos, tanto en el pretest como en el postest, las calificaciones obtenidas por los alumnos no fueron uniformes entre si, esto se puede observar en la desviación estandar, la cual es muy alta teniendo alumnos que obtuvieron calificaciones por encima de la media y tambien debajo ella.

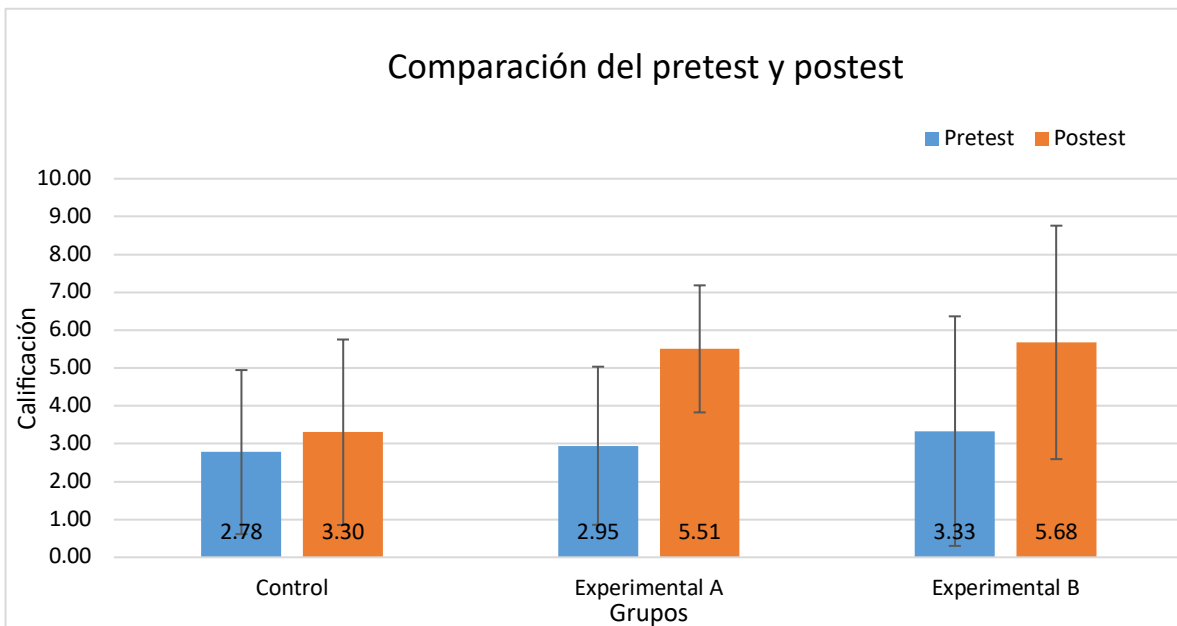


Figura 14. Promedios obtenidos por grupo en el pretest (el azul) y el postest (naranja).

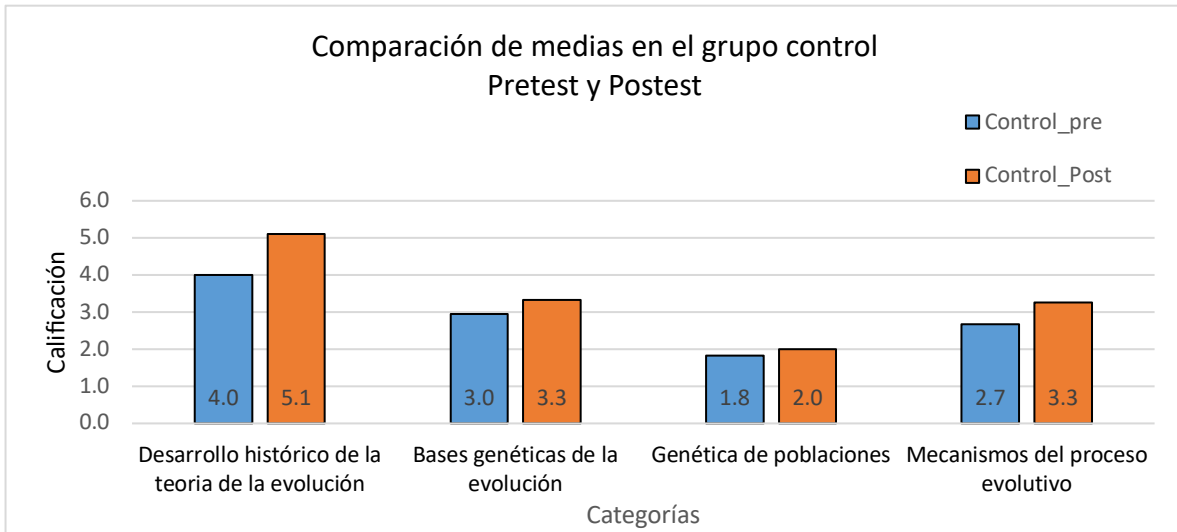


Figura 15. Promedios obtenidos por secciones en el grupo control en el pretest (el azul) y el postest (naranja).

Para conocer en que temas hubo un crecimiento en las calificaciones en los grupos se analizaron el pretest y el postest por categorías. En cuanto a la comparación de las respuestas que dio el grupo control en el pretest contra las obtenidas en el postest (ver Figura 15), los resultados muestran que en todos los apartados se obtuvo un aumento en la calificación menor que en los registrados en los grupos experimentales A y B, el mayor se registró en el apartado de *desarrollo histórico de la teoría de la evolución* con 1.1 puntos. En las demás categorías el aumento fue de 0.2 en *bases genéticas de la evolución* aumentó 0.3 y en *mecanismos del proceso evolutivo* aumentó 0.6.

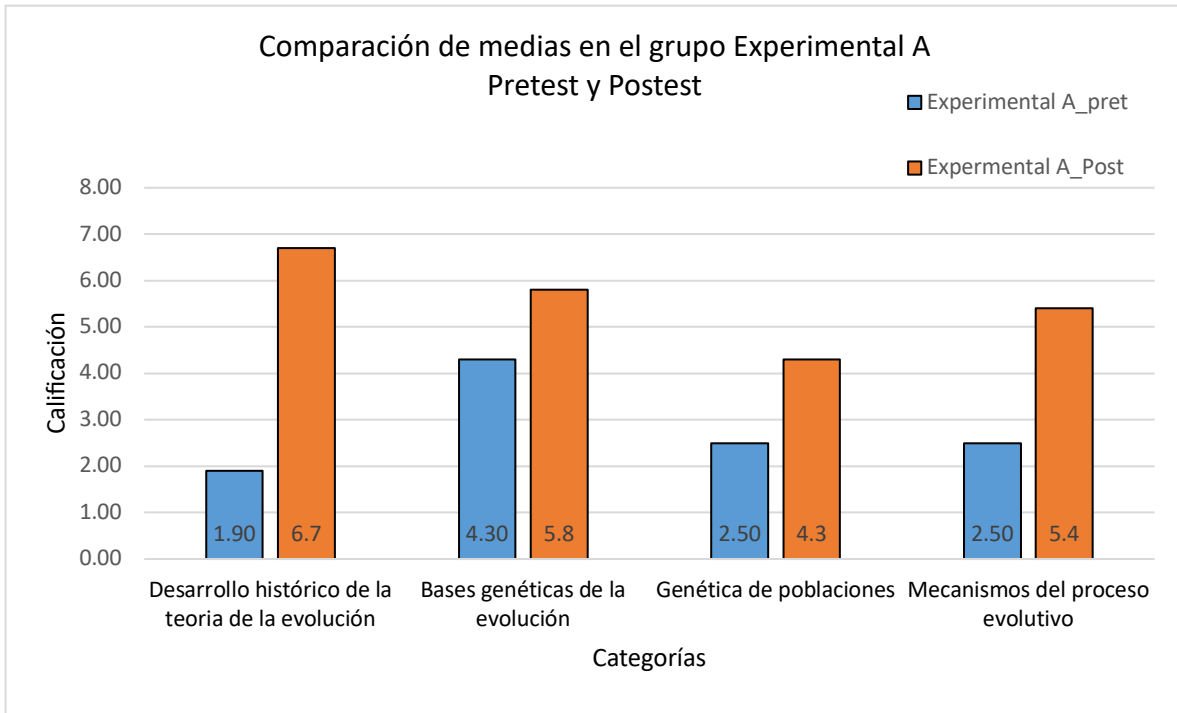


Figura 16. Promedios obtenidos por secciones en el grupo experimental A en el pretest (el azul) y el postest (naranja).

De igual manera en el grupo experimental A, (Figura 16) la sección dónde más reactivos correctamente contestados se observaron fue en *desarrollo histórico de la teoría de la evolución*, antes de la intervención se obtuvo una calificación media de 1.9 frente a 6.7 obtenido en el postest. Se puede ver en la gráfica que en la sección de *bases genéticas de la evolución* en el pretest se obtuvo una media de 4.3 y en el postest 5.8 aumentando 15 décimas. En el tema de *mecanismos del proceso evolutivo* en el postest tuvo una media de 2.5 lo cual aumentó 29 decimas de punto respecto al pretest con 5.4. En el tema de *genética de poblaciones* la tendencia también fue a la alza, sin embargo fue la sección en la que menos aciertos se tuvo en el postest con un calificación de 4.3 en el postest frente a 2.5 en el pretest (vease figura 16). El aumento en las secciones de *genética de poblaciones* y *mecanismos del proceso evolutivo* es significativo, y es precisamente en estos apartados, en dónde el juego de presas y depredadores hacen énfasis.

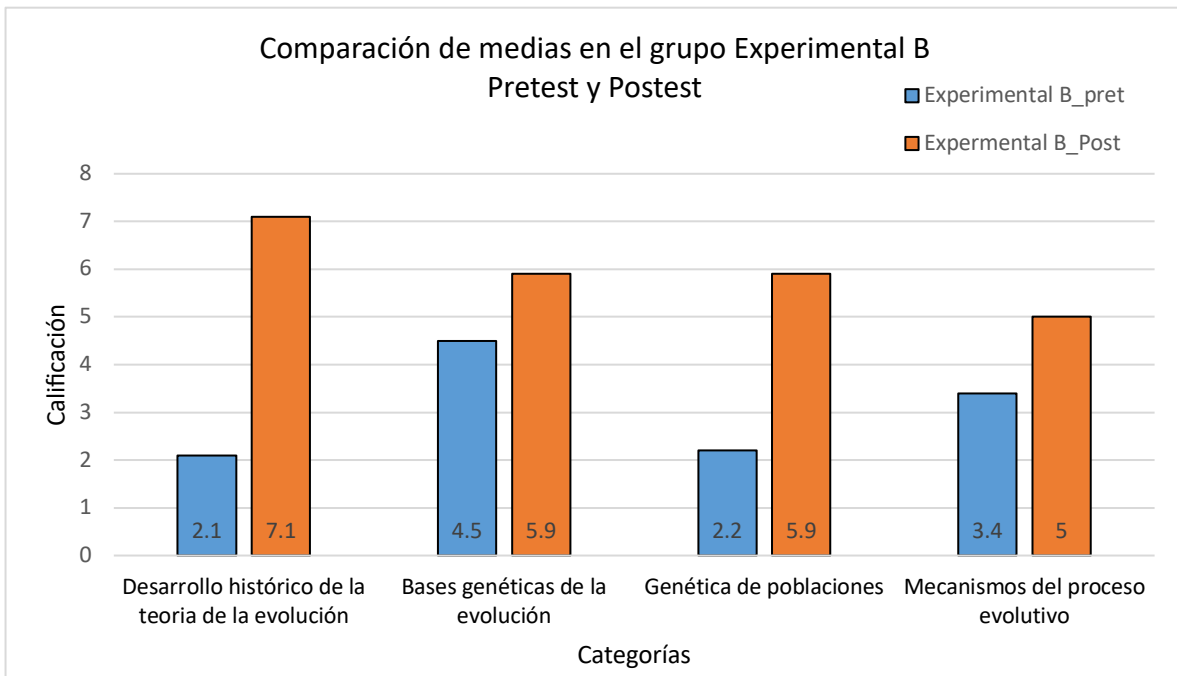


Figura 17. Promedios obtenidos por secciones en el grupo experimental B en el pretest (el azul) y el postest (naranja).

En la figura 17 se observa que los resultados del grupo experimental B son muy similares al grupo experimental A. En la sección de *desarrollo histórico de la teoría de la evolución* se observa que se registró la media más alta en el postest con un 7.1, con un aumento de 5 puntos respecto a la media obtenida en el pretest (2.1). De igual forma en *genética de poblaciones* aumentó de 2.2 a 5.9, en la categoría de *bases genéticas de la evolución* el pretest aumentó a 5.9 así como también en *mecanismos del proceso evolutivo* aumentó de 3.4 en el pretest a 5.0 en el postest.

Los estudios de Ramírez (2014), Pedraza (2019), y Della y Ochelli (2020), reportan resultados similares a los mostrados aquí. Hay claramente una mejoría en la comprensión de las bases genéticas de la evolución incluyendo las mutaciones, también en los mecanismos y condiciones para que actúe la selección natural, así como las conceptualizaciones del proceso evolutivo, sin embargo parece ser que al momento de relacionar los conceptos abstractos con las situaciones a nivel ecológico a los estudiantes les cuesta interpretar estos dos niveles de manera que les permita comprender lo que no se puede ver a simple vista con lo observable a

nivel macroscopico y el transcurso del tiempo de la generaciones de las poblaciones.

También se realizó un análisis de las calificaciones obtenidas por cada uno de los estudiantes tanto en el pretest como en el postest, y con esto obtener una mejor lectura de su desempeño. El grupo control está integrado por 15 alumnos, en este grupo se utilizó solamente el pizarrón, el uso de presentación en power point y lecturas del libro de texto. En la figura 18 se pueden observar que las calificaciones de cada uno de los alumnos muestran que ninguno obtuvo una calificación satisfactoria, siendo la máxima de 5.4 por lo que en términos de aprobación están reprobados.

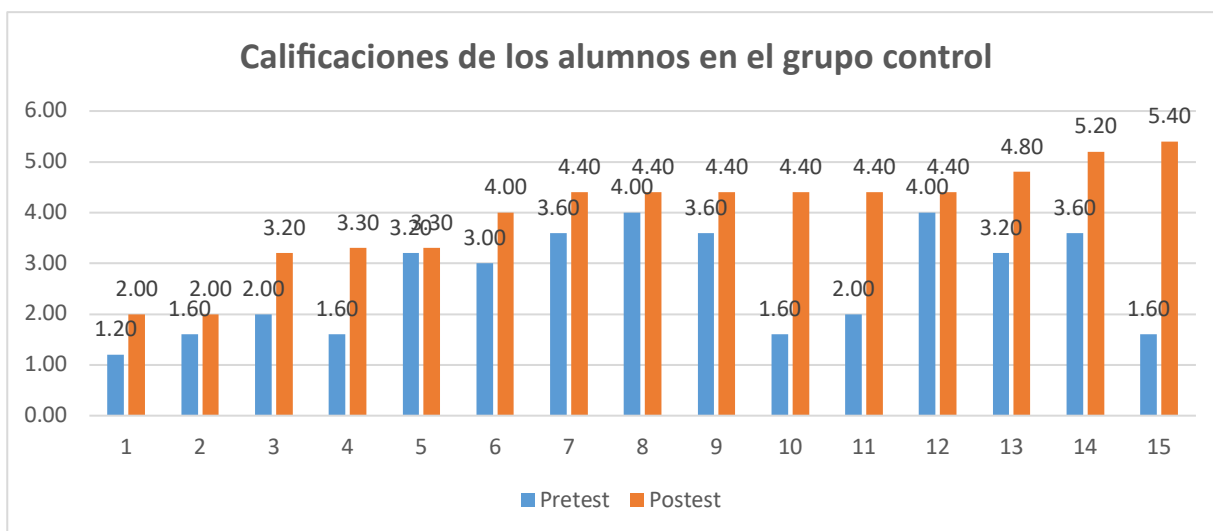


Figura 18. Calificaciones obtenidas para cada uno de los alumnos en el grupo control en el pretest y postest. Las calificaciones estan ordenas de menor a mayor calificación obtenida en el postest.

Las calificaciones obtenidas por el grupo experimental A (14 alumnos) se pueden ver en la figura 19. En este grupo se aplicó la estrategia en la que se utilizó el *software educativo*. La figura indica que solo 3 alumnos (21.4%) de los 14 obtuvieron calificaciones aprobatorias por arriba del 6, siendo la calificación máxima de 8.4

obtenida por 2 alumnos. Las preguntas del test están divididas en 4 categorías, siendo las categorías de bases genéticas de la evolución y de mecanismos del proceso evolutivo en donde los alumnos más obtuvieron aciertos. En cambio, obtuvieron poca cantidad de aciertos en las categorías de genética de poblaciones.

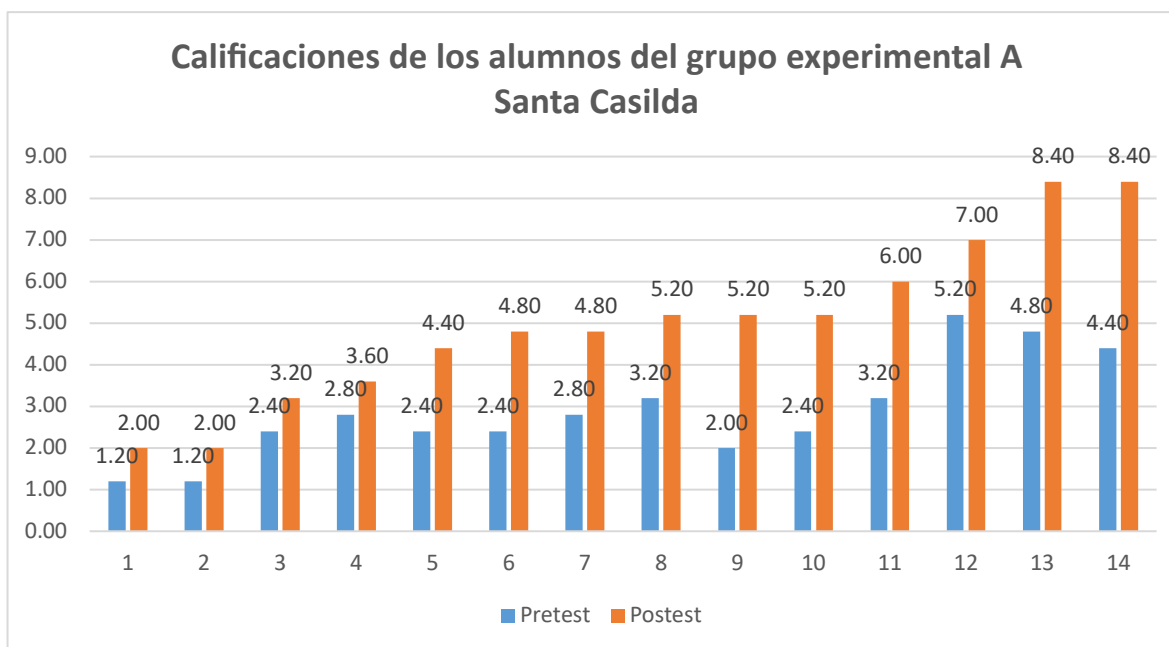


Figura 19. Calificaciones obtenidas para cada uno de los alumnos en el grupo Experimental A Santa Casilda en el pretest y postest. Las calificaciones están ordenadas de menor a mayor calificación obtenida en el postest.

El juego usado en la estrategia ejemplifica el mecanismo de selección natural razón por la cual en los grupos experimentales los alumnos obtuvieron una mayor cantidad de aciertos, aunque en otras preguntas fuera de esta categoría obtuvieron pocas respuestas correctas.

En las preguntas número 7, 22, 23 y 24 (ver anexo 2) todas del tema de mecanismos del proceso evolutivo, el porcentaje de alumnos que acertaron correctamente fue por encima de 60%. Siendo la pregunta 22 la que la mayoría de los alumnos contestó correctamente en un 92.9%.

Es observable que, en cuanto a las calificaciones medias de los alumnos por grupo, ningún grupo obtuvo una media por encima del 6.0. Sin embargo, si observamos en que preguntas los alumnos contestaron correctamente es en las preguntas relacionadas con el mecanismo de selección natural.

Las calificaciones obtenidas por el grupo experimental B Yoricostio muestran (ver figura 20) que solo 2 alumnos obtuvieron una calificación por encima de 6.0, lo que representa que solo el 25% de los alumnos de este grupo experimental aprobaron. En este caso las respuestas de estos alumnos son muy similares al grupo experimental A en cuanto a las preguntas relacionadas con mecanismos del proceso evolutivo y bases genéticas de la evolución.

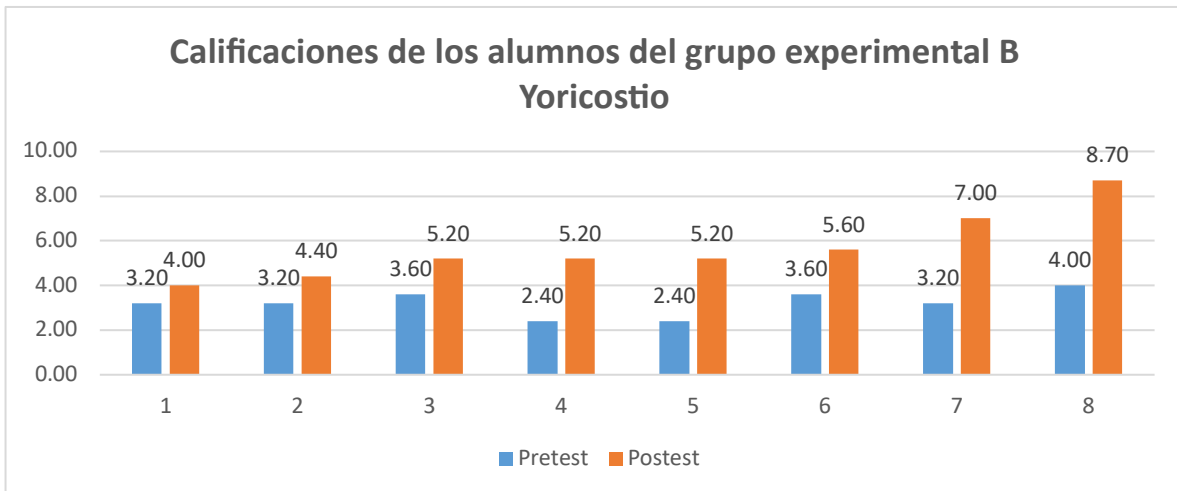


Figura 20. Calificaciones obtenidas para cada uno de los alumnos en el grupo Experimental B Yoricostio en el pretest y postest. Las calificaciones están ordenadas de menor a mayor calificación obtenida en el postest.

Se realizó también un cuestionario con preguntas abiertas para conocer el dominio del tema de selección natural. Se utilizó un estudio de caso con dos preguntas asociadas:

1. En una población de escarabajos hay una frecuencia alélica para el color verde (A dominante) de 67% y para el color café (a recesivo) de 33%. Supongamos que hubo una sequía por lo tanto las hojas de los árboles se

tornaron cafés, por lo tanto, hay una ventaja para el alelo café. Los pájaros son depredadores de los escarabajos. Ante este escenario: a) ¿Qué podría suceder con las frecuencias alélicas? b) ¿Qué mecanismo actúa sobre la población de escarabajos?, ¿Por qué?

Para evaluar sus respuestas se tomó en cuenta que utilizaran correctamente los conceptos de adaptación, mutación, reproducción diferencial, frecuencia alélica y selección natural.

En los estudios de caso en el grupo control solo 1 estudiante de 15 realizó una explicación correcta para ambas situaciones expuestas.

En el grupo experimental A el 35.7 % de los alumnos (ver figura 21) contestó correctamente dando una explicación clara del escenario natural y de cómo actúa el mecanismo de selección natural. Un 35.7% contestó con algunos conceptos correctos sin embargo no lograron dar una explicación válida. Primero porque no lograron identificar claramente como actúa la selección natural y segundo porque confundieron conceptos. Un 14.29% no lograron explicar al mínimo aceptable o dejaron en blanco.

“La frecuencia alélica del (A) del escarabajo verde disminuiría, la frecuencia recesiva (a) de los escarabajos cafés aumentará, ya que los escarabajos del alelo café tienen aptitud para sobrevivir, porque se lo comen menos los pájaros.”

“El mecanismo evolutivo que actúa es la selección natural ya que hay variabilidad, y los cafés son menos comidos por lo pájaros, los escarabajos hijos serán cafés.” (respuesta de uno de los alumnos que dieron una explicación correcta).

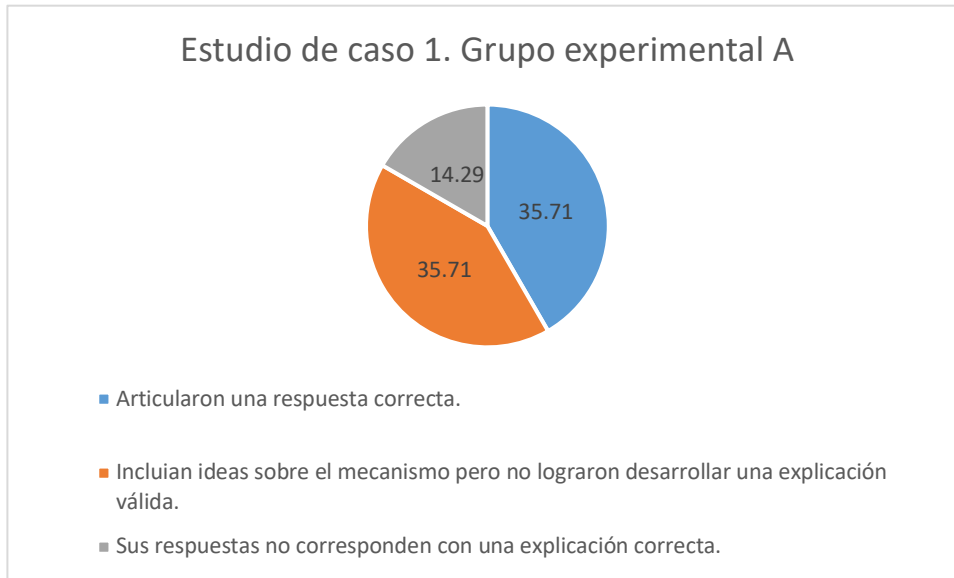


Figura 21. Porcentaje de alumnos que dieron una explicación correcta en el estudio de caso 1.

En el grupo experimental B (ver figura 22), 3 alumnos de 8 contestaron correctamente a las preguntas del estudio de caso 1, lo que representa solo el 37.5%, mientras que 5 (62.5%) alumnos no lograron explicar correctamente lo que se les preguntaba.

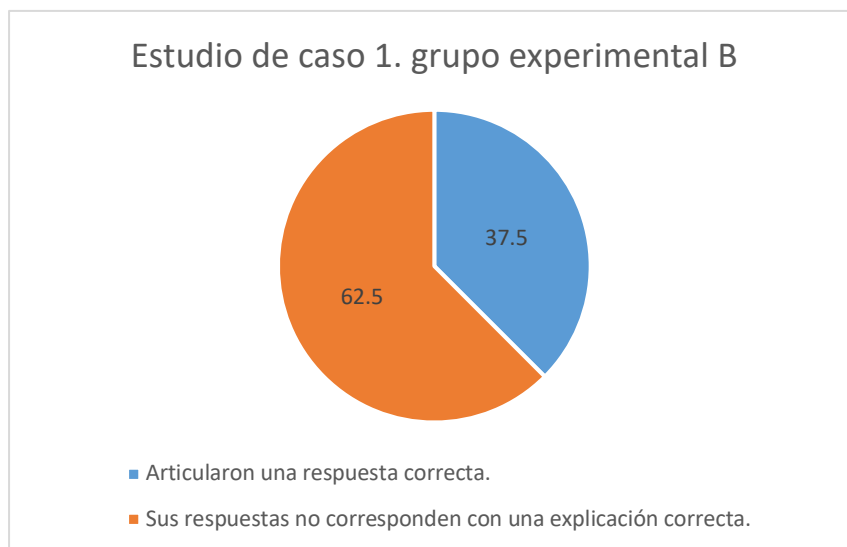


Figura 22. Porcentaje de alumnos que dieron una explicación correcta en el estudio de caso 1.

En ambos cuestionarios tanto en el test como en el estudio de caso el porcentaje de alumnos que obtuvieron una calificación aprobatoria no fue superior al 37.5%. El estudio de caso evidencia que los estudiantes que si lograron un aprendizaje sobre el tema de selección natural lograron comprender de mejor manera los procesos de su mecanismo. Esto puede ser explicado en que el software educativo utilizado es una simulación de la selección natural en donde se dan las condiciones para que ocurra el cambio de frecuencias alélicas, la presión de selección y la herencia de los alelos con mejor aptitud.

Las condiciones cuando se aplicó la estrategia fueron las ideales en cuanto al espacio y al mobiliario. Sin embargo, solo se contó con 5 computadoras y cuando se trabajó se hizo por equipos de tres en el grupo control y el grupo experimental A, en el grupo experimental B, se usaron 3 computadoras distribuidas en 2 equipos de 3 alumnos y 1 equipo compartido por 2 alumnos. Una vez que terminó la secuencia didáctica se le preguntó de manera oral a los alumnos como se sentían después de haber trabajado usando un juego virtual, dijeron haberse sentido motivados y querían seguir jugando. Se observó que los alumnos que usaron software educativo eran más participativos y explicaban a sus compañeros que no entendían como era la dinámica del juego, esto en comparación con el grupo control.

Sin embargo las respuestas de los estudios de caso, así como las observaciones cualitativas registradas en el diario del profesor, y el test conceptual permiten sostener que para una mejora en la comprensión del proceso evolutivo es necesario que los estudiantes comprendan y dominen una gran cantidad de conceptos, y desarrollen una elevada capacidad para relacionarlos, no sólo en fenómenos que ocurren en una generación, sino también en un lapso más amplio de tiempo dependiendo del ciclo de vida que tienen las especies en particular. Ramírez (2014) y Pedraza (2019) en sus estudios hacen hincapié en utilizar correctamente el instrumento de evaluación, así como en profundizar la estrategia con nuevos grupos de estudio para generalizar una estrategia y tener conclusiones que permitan mejorar la práctica educativa para que exista un mejor aprendizaje.

V. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, se observa que el *software educativo* desarrollado para el aprendizaje de la selección natural es una herramienta que se puede utilizar para que los estudiantes logren mejorar la comprensión del tema. Así mismo, se observó un mejoramiento de los aprendizajes de la genética de poblaciones y de las bases genéticas de la evolución respecto al control.
- En los resultados obtenidos en el postest se observa que en los grupos experimentales A Santa Casilda y experimental B Yoricostio existe un mayor número de respuestas correctas. Sin embargo, aunque hubo diferencias entre los grupos experimentales A y B con respecto al control la calificación obtenida, esta no es aprobatoria.
- En la categoría de mecanismos del proceso evolutivo y bases genéticas de la evolución, los alumnos lograron obtener mejor calificación que en la categoría de genética de poblaciones.
- Lo anterior permite sostener que el *software lúdico educativo* que se utilizó permite una mejor comprensión solo del tema de selección natural.
- Se cumplió con el objetivo de mejorar la comprensión de la selección natural mediante el uso del juego virtual *presas y depredadores*.
- El estudio de caso permitió dimensionar la comprensión de la selección natural a través de una explicación abierta.

- Se logró aplicar una secuencia didáctica, la cual incluyó el uso del software educativo el cual fue diseñado y creado para este fin en particular. Mediante esta secuencia didáctica se observó una mejor motivación y participación de los alumnos en las actividades de aprendizaje diseñadas para la comprensión de la selección natural.

5.1. Propuesta.

- Llevar esta estrategia didáctica que usa el *software educativo* “presas y depredadores” a otras instituciones educativas de educación media superior, con el objetivo de que usen esta herramienta y así ampliar los resultados de este trabajo de investigación. El juego “presas y depredadores” se puede usar también para el aprendizaje de genética mendeliana, deriva génica y genética de poblaciones.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Cabrero H.J y Camacho .J.P. (2002). Fundamentos de genética. En Evolución: la base de la biología (pp. 83-126). España. Ed. Proyecto Sur ediciones S.L.
2. Campanario J.M. y Moya, A. ¿Cómo enseñar ciencias?. Enseñanza de las ciencias. 17 (2). 179-192.
3. Cataldi, Z. (2000). *Una metodología para el diseño, desarrollo y evaluación de software educativo* [Magister en Automatización de Oficinas, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/4055>
4. Chaves, A. L. (2011). Implicaciones educativas de la teoría sociocultural de Vigotsky. *Revista Educación*, 25(2), 59. <https://doi.org/10.15517/revedu.v25i2.3581>.
5. Covarrubias P. P. (2010). Origen y enfoques contemporáneos de la Psicología educativa. En F. Tirado Segura, M. Martínez Rodríguez, P. Covarrubias Papahui, P. Díaz-Barriga Arceo, M. López Olivas, y R. Quesada Castillo, *Psicología Educativa. Para afrontar los retos del siglo XXI*. (Págs. 1-58). México. McGrawHill.
6. Decreto que crea el Telebachillerato Michoacán. Diario Oficial del gobierno del Estado de Michoacán de Ocampo. Morelia, Michoacán México, 27 de abril de 2011.
7. Della costa, G.M. y Occelli, M. (2020) Análisis de simulaciones computacionales para la enseñanza del modelo de evolución biológica por selección natural. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 17(2), 2201. doi: 10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2020.v17.i2.2201
8. Dominguez, C., Fornoni, J., & Sosenski, P. (2009). ¿Qué es la selección natural? *En: Revista ciencia*. 1(1). 12-21.
9. Endler, J. A., (1986). *Natural Selection in the Wild*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press.
10. Fabela, J. L. G. (2006). ¿Qué es el paradigma humanista en la educación?. *Qué es el paradigma humanista en la educación*, 1(2), 3.
11. Fernández J.J. y Sanjosé V. (2007). Permanencia de ideas alternativas sobre evolución de las especies en la población culta no especializada. *Didáctica de la ciencias experimentales y sociales*. 21(1), 129-149.
12. Folguera G. y Galli L. (2012). La extensión de la síntesis evolutiva y los alcances sobre la enseñanza de la teoría de la evolución. *Biografía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*. 1(5), 4-18.
13. Futuyma, D.J. (2012). *Evolucion*. Sunderland. EE.UU. Sinauer Associates.
14. Gianoli, E. (2004). Plasticidad fenotípica adaptativa en plantas. 14 (1). 13-25.

15. Gonzalez, L. y Meinardi, E. (2011). El pensamiento finalista como obstáculo epistemológico para la enseñanza del modelo Darwiniano. *Enseñanza de las ciencias*. 1(1). 1274-1276.
16. Hermann, R.S. (2008). Evolution as a controversial issue: a review of instructional approaches. *Science and Education*. 17, 1011–1032.
17. Jones, T. y Laughlin, T. (2010). PopGen Fishbowl: A Free Online Simulation Model of Microevolutionary Processes. *The American Biology Teacher*. 72 (2).100-103.
18. Kalinowski, S. T., Leonard, M. J., Andrews, T. M., & Litt, A. R. (2013). Six Classroom Exercises to Teach Natural Selection to Undergraduate Biology Students. *CBE Life Sciences Education*, 12(3), 483-493. <https://doi.org/10.1187/cbe-12-06-0070>
19. Latham, L. G. y Scully, E. P. (2008). critters! a realistic simulation for teaching evolutionary biology. *the american biology teacher*.70 (1), 30.
20. Lazcano A. (2005). Teaching evolution in Mexico: Preaching to the choir. *Science*. 310, 787 – 789.
21. Ledo V., Gómez M. F., y Ruiz P.A. (2010). Software educativos. *Educación Médica Superior*, 24(1), 97-110.
22. Leiva, C. (2005). Conductismo, cognitivismo y aprendizaje. *Revista Tecnología En Marcha*, 18(1). Recuperado a partir de https://181.193.125.13/index.php/tec_marcha/article/view/442
23. Maldonado, M. P. (2008). Aprendizaje basado en proyectos colaborativos. Una experiencia en educación superior. *Laurus*. Septiembre-Noviembre, 158-180.
24. Marqués P. (1996). Software educativo. Universidad Autónoma de Barcelona. http://recursos.salonesvirtuales.com/assets/bloques/educativo_de_pere_MA_RQUES.pdf
25. Noguera S. R., & Ruiz R. (2005). Pangénesis y vitalismo científico. *Asclepio*, 57(1), 219-236. <https://doi.org/10.3989/asclepio.2005.v57.i1.39>
26. Olmedo O. J. (2010). Implicaciones del desarrollo cognitivo en el proceso de enseñanza-aprendizaje en el alumnado de 6 a 16 años. *Psicología y psiquiatría del niño y adolescente*. 1(9), 1 -10.
27. Pantoja C. y Covarrubias P. (2013). La enseñanza de la Biología en el bachillerato a partir del aprendizaje basado en problemas (ABP). *Perfiles educativos*. 1(35), 93-109.
28. Paredes, R. y José B. (2003). Un software educativo sobre formación cooperativista. *Cayapa Revista Venezolana de Economía Social*. Primer semestre, 131-133.

29. Pedraza Giraldo, K. (2019). *Enseñanza de la selección natural utilizando herramientas TICs*.
30. Pósito de Roca R.M. (2012). El problema de enseñar y aprender ciencias naturales en los nuevos ambientes educativos. *Tesis de licenciatura*. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
31. Pozo, J. I. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. España. Ediciones Morata.
32. Ramírez Olaya, Luis. (2014). Juego de Simulación para enseñar evolución por selección natural a estudiantes de noveno grado. Vol. 7. No 1.. 115-133.
33. Royer A.M Y Schultheis E.H. (2014). Evolving Better Cars: Teaching Evolution by Natural Selection with a Digital Inquiry Activity. *The American Biology Teacher*, 76(4):259-264. 2014.
34. Ruiz R. (2009). Evolucion. Universidad Nacional autonoma de México. http://conceptos sociales.unam.mx/conceptos_final/428trabajo.pdf
35. Soler, M. (2002). La evolución y la biología evolutiva. En *Evolución : la base de la biología* (pp. 21-26). España. Ed. Proyecto Sur ediciones S.L.
36. Tidon, Rosana, & Lewontin, Richard C.. (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27(1), 124-131. <https://doi.org/10.1590/S1415-47572004000100021>
37. Tirado S.F. y López, T. A. (1994). Problemas de la enseñanza de la Biología en México. *Perfiles Educativos*. Octubre-Diciembre, 66.
38. Valero G. J. M. (2003). La escuela que yo quiero. 19-35. Editorial del progreso: México.
39. Vidales, S. (2009). El fracaso escolar en la educación media superior. El caso del bachillerato de una universidad mexicana. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. 1(1). 320-341.
40. Vilchez J.MV. (2016). *Didáctica de la ciencias en educación primaria*. España. Ediciones pirámide.
41. Villalobos E. (2003). Educación y estilos de aprendizaje-enseñanza. 54-86. Publicaciones Cruz: México.

VII. ANEXOS

ANEXO 1. FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Por este medio te informo que realizo una investigación para la elaboración de una tesis de maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Por lo tanto, te informo que deseo participes respondiendo a un cuestionario, después tomaras clases y por último responderás un segundo cuestionario, tus respuestas serán confidenciales y anónimas, así como ten la confianza que tus datos personales serán tratados asegurando tu privacidad.

ATENTAMENTE

JOSE DE CUITLAHUAC HIDALGO JUAREZ

¡DE ANTEMANO MUCHAS GRACIAS POR TU PARTICIPACIÓN!

CONSENTIMIENTO

Yo _____ una vez que he sido informado sobre las actividades a realizar durante la investigación para la tesis de maestría, otorgo mi consentimiento a participar en los trabajos que tengan que ver con la investigación.

Firma

Fecha

ANEXO 2. CUESTIONARIOS

CUESTIONARIO PARA LA INDAGACIÓN DE IDEAS PREVIAS

1. La selección natural funciona en:

- A. Individuos
- B. Poblaciones
- C. En todos, menos en humanos
- D. Todos los organismos

2. La evolución biológica es:

- A. El cambio de las especies a través del tiempo
- B. El camino hacia la perfección
- C. La selección natural
- D. Un concepto que nadie entiende

3. Los cambios en las especies son el resultado de:

- A. Que los organismos aprenden a modificar sus cuerpos
- B. Mutaciones aleatorias
- C. Material genético que se transmite
- D. Intervención divina

4. Un Fósil es evidencia directa de:

- A. Que las piedras pueden tener forma de animales
- B. La existencia de especies distintas a través del tiempo
- C. El diluvio universal
- D. Los fósiles no existen

5. ¿Por qué los dinosaurios no extinguieron a los humanos?

- A. Porque los humanos son más listos
- B. Los dinosaurios no vivieron junto a los humanos
- C. Porque no tenían el mismo hábitat
- D. El Humanos no eran parte de su dieta

6. Las mutaciones son:

- A. Alteraciones de la información genética

- B. Cambios que te hacen más resistente
- C. Un cambio generado por causas ambientales

TEST EVOLUCIÓN BIOLÓGICA POR SELECCIÓN NATURAL

Lee y contesta subrayando la respuesta correcta. Tienes 2 horas para contestarlo.

Fecha: _____

Grupo: _____

1. La articulación de la teoría de Darwin con la genética mendeliana ha constituido el marco del pensamiento biológico durante los últimos 60 años y es conocida como:

- a) Teoría sintética de la evolución
- b) Teoría genética de la evolución
- c) Teoría filética de la evolución
- d) Teoría mendeliana de la evolución

2. En 1801 se propuso la primera teoría explicativa de la evolución, proceso que dependería de tres factores principales:

- El sentimiento interior que impulsa a las criaturas vivas hacia mayores grados de complejidad.
 - Los cambios ambientales
 - La ley del uso y desuso de los órganos y la herencia de los caracteres adquiridos.
- ¿Quién fue su autor?**

- a) Buffon
- b) Cuvier
- c) Lamarck
- d) Darwin

3. La selección natural, según Darwin, era un proceso análogo a:

- a) La genética
- b) La selección artificial
- c) La adaptación
- d) a extinción

4. Supongamos que se descubre un cucarachicida que es eficaz en un 99,9% de los casos y que, debido a ello, todos los demás dejan de fabricarse. ¿Qué sucedería con la población mundial de cucarachas?

- a) Se extinguiría
- b) Quedaría reducida a su mínima expresión
- c) Bajaría bruscamente su número, pero luego de un tiempo seguramente se recuperaría
- d) No se vería afectada

5. Las evidencias del proceso evolutivo provienen de:

- a) El estudio de las homologías.
- b) La biogeografía.
- c) El registro fósil.
- d) Todas las anteriores son correctas.

6. En el siglo XIX, Georges Cuvier, un naturalista conocido como “padre de la paleontología”, era un influyente y firme adversario de las teorías de la evolución. ¿Cuál era su hipótesis sobre las extinciones y la aparición de nuevas especies?

- a) Competencia y creación
- b) Desadaptación y azar
- c) Sucesivas catástrofes y posteriores creaciones
- d) Involución y mutación

7. En una población, mientras los individuos con ciertas características hereditarias sobreviven y se reproducen, otros con características menos favorables mueren tempranamente y no llegan a reproducirse. Así, la población va cambiando lentamente. Este fenómeno se llama:

- a) Reproducción integral
- b) Reproducción derivada
- c) Reproducción diferencial
- d) Reproducción continua

8. Según Darwin, las variaciones hereditarias que aparecen en cada población natural se deben a:

- a) Causas sobrenaturales
- b) Adaptación
- c) Deseo interno de progreso del propio organismo

d) Azar

9. La genética de poblaciones es la síntesis entre:

- a) La teoría mendeliana y los principios de la genética
- b) La teoría mendeliana y los principios de la genética darwiniana
- c) La teoría darwiniana y los principios de la genética mendeliana
- d) Ninguna de las anteriores es correcta

10. Cada gameto contiene:

- a) Todos alelos del individuo que lo produce
- b) Sólo uno de los dos alelos del individuo que lo produce
- c) Los alelos de los dos individuos de la pareja
- d) Ninguna de las anteriores es correcta

11. El número total de alelos en población diploide es representado por:

- a) N
- b) X e Y
- c) 2N
- d) XX

12. Un patrón reproductivo en el que los individuos se aparean al azar, excluida toda preferencia fenotípica se denomina:

- a) Panspermia
- b) Heteromixia
- c) Heterospermia
- d) Panmixia

13. Dos científicos demostraron que las combinaciones que resultan del apareamiento y la reproducción en los organismos diploides no involucran un cambio en la composición general del reservorio génico de una población.

¿Quiénes fueron?

- a) Mendel y Darwin
- b) Darwin y Wallace
- c) Lewontin y Hubby
- d) Hardy y Weinberg

14. ¿Cuál es el principal mecanismo promotor de la variabilidad?

- a) La mutación
- b) La reproducción asexual
- c) La reproducción sexual
- d) a y c son correctas

15. Elija una respuesta para establecer las condiciones del modelo de Hardy-Weinberg.

- a) No ocurren mutaciones
- b) No hay inmigración ni emigración
- c) El apareamiento entre individuos es al azar
- d) Todas las anteriores son correctas

16. En una población donde se cumplen todas las condiciones del modelo de Hardy y Weinberg, las frecuencias de los alelos A y a:

- a) No cambian de una generación a otra
- b) Cambian de una generación a otra
- c) Se duplican de una generación a otra
- d) Se reducen de una generación a otra

17. La reproducción sexual produce nuevas combinaciones genéticas mediante ciertos mecanismos. ¿Cuáles son?

- a) El entrecruzamiento.
- b) La combinación al azar de los genomas parentales en la fecundación.
- c) La distribución independiente de los cromosomas durante la meiosis.
- d) Todas las anteriores.

18. La dinámica del cambio evolutivo que ocurre a nivel de las poblaciones puede explicarse a partir de:

- a) La selección natural
- b) La mutación
- c) La deriva genética
- d) El flujo génico que resulta de la migración
- e) Todas las anteriores son correctas

19. ¿Cómo definiría la migración?

- a) Desplazamiento de una población a otro territorio
- b) Movimiento de individuos entre poblaciones de una misma especie
- c) Desplazamiento de un individuo a otro territorio
- d) Movimiento de una población por su territorio

20. Son los mecanismos que propician la evolución y la microevolución en las poblaciones?

- a) Mutaciones.
- b) Flujo génico (migración).
- c) Deriva génica.
- d) Selección natural.
- c) Todas las anteriores.

21. La selección natural se define como:

- a) La supervivencia del más apto
- b) Variabilidad + reproducción diferencial + herencia
- c) El éxito reproductivo diferencial, que resulta de las interacciones entre los organismos y su ambiente.
- d) b y c son correctas

22. Como sabemos, en la naturaleza, las mutaciones ocurren:

- a) Cuando un organismo las necesita
- b) Periódicamente
- c) Al azar
- d) a y c son correctas

23. Se le denomina al cambio en las frecuencias génicas o alélicas en una población.

- a) Macroevolución
- b) Adaptación
- c) Selección natural
- d) Microevolución.

24. En la secta Amish, un grupo fundado en los Estados Unidos por unas pocas parejas hace unos 200 años, se presenta una frecuencia inusualmente elevada de un alelo raro. En su estado homocigótico, el alelo da por resultado dedos supernumerarios y enanismo. ¿A qué se debe la altísima proporción de polidactilia y enanismo en los Amish?

- a) Endogamia

- b) Exogamia
- c) Panmixia
- d) a y b son correctas.

ANEXO 3. PLANEACIÓN DE INTERVENCIÓN

| Sesión | Tiempo | Temas | Actividades |
|--------------------|---------------|---|--|
| Pre sesión | 2 horas | | Aplicación del pretest |
| Sesión 1 | 2 horas | Desarrollo histórico de la teoría de la evolución. Teoría de Lamarck. | Lectura colectiva y discusión del tema. Análisis de la teoría de Lamarck. |
| Sesión 2 | 2 horas | Teoría Darwin-Wallace por Selección natural y evidencias de la evolución. | Lectura sobre la construcción histórica de la teoría Darwin-Wallace. Uso del proyector para explicar las características y estudios de caso de la selección natural. |
| Sesión 3 | 2 horas | Equilibrio Hardy-Weinberg, y mecanismos evolutivos. | Uso del pizarrón para explicar. Análisis de casos por equipos (grupo control). |
| Sesión 4 | 2 horas | Análisis de estudios de caso. | Análisis del desarrollo población de presas y depredadores (grupos experimentales). |
| Post Sesión | 2 horas | | Resolución del postest |

ANEXO 4. ANALISIS DE VARIANZA.

Descriptivos

Promedios

| | N | Media | Desv. Desvia ción | Desv. Error | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
|---------------|----|---------|-------------------------|----------------|---|-----------------|--------|--------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Grupo Control | 24 | 2778,33 | 2167,155 | 442,369 | 1863,22 | 3693,44 | 0 | 7330 |
| Grupo_Exp_A | 24 | 2946,67 | 2088,521 | 426,318 | 2064,76 | 3828,57 | 0 | 6430 |
| Grupo_Exp_B | 24 | 3333,33 | 3032,135 | 618,932 | 2052,98 | 4613,69 | 0 | 10000 |
| Total | 72 | 3019,44 | 2442,841 | 287,892 | 2445,41 | 3593,48 | 0 | 10000 |

ANOVA

Promedios

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|------|------|
| Entre grupos | 3886977,778 | 2 | 1943488,889 | ,319 | ,728 |
| Dentro de grupos | 419803400,000 | 69 | 6084107,246 | | |
| Total | 423690377,778 | 71 | | | |

ANEXO 5. RESULTADOS EN EL PRETEST Y POSTEST.

Cuadro de porcentaje de preguntas contestadas correctamente para cada una de las preguntas en cada uno de los grupos en pretest y postest. En verde las preguntas relacionadas con el *desarrollo histórico de la teoría de la evolución*, en azul *mecanismos del proceso evolutivo*, en amarillo *bases genéticas de la evolución*, y en gris *Genética de poblaciones*.

| Reactivo/Grupo experimental | Control | | Experimental A | | Experimental B | |
|--|----------|----------|----------------|----------|----------------|----------|
| | Pre test | Pos test | Pre test | Pos test | Pre test | Pos test |
| 1. La articulación de la teoría de Darwin con la genética mendeliana ha constituido el marco del pensamiento biológico durante los últimos 60 años y es conoc.a como: | 6.7 | 26.6 | 0.0 | 64.3 | 0.0 | 37.5 |
| 2. En 1801 se propuso la primera teoría explicativa de la evolución, proceso que dependería de tres factores principales: - El sentimiento interior que impulsa a las criaturas vivas hacia mayores grados de complejidad. - Los cambios ambientales - La ley del uso y desuso de los órganos y la herencia de los caracteres adquiridos. ¿Quién fue su autor? | 53.3 | 66.6 | 7.1 | 78.6 | 50.0 | 100 |
| 3. La selección natural, según Darwin, era un proceso análogo a: | 0.0 | 0.00 | 0.0 | 35.7 | 0.0 | 0.0 |
| 4. Supongamos que se descubre un cucarachicida que es eficaz en un 99,9% de los casos y que, debido a ello, todos los demás dejan de fabricarse. ¿Qué sucedería con la población mundial de cucarachas? | 53.3 | 53.3 | 50.0 | 57.1 | 37.5 | 87.5 |
| 5. Las evidencias del proceso evolutivo provienen de: a)Estudio de las homologías. b)La biogeografía. c)Registro fósil. d)Todas las anteriores son correctas. | 20.0 | 20.0 | 21.4 | 28.6 | 62.5 | 87.5 |
| 6. En el siglo XIX, Georges Cuvier, un naturalista conocido como “padre de la paleontología”, era un influyente y firme adversario de las teorías de la evolución. ¿Cuál era su hipótesis sobre las extinciones y la aparición de nuevas especies? | 60.0 | 60.0 | 50.0 | 57.1 | 12.5 | 75.0 |
| 7. En una población, mientras los individuos con ciertas características hereditarias sobreviven y se reproducen, otros con características menos favorables mueren tempranamente y no llegan a reproducirse. Así, la población va cambiando lentamente. Este fenómeno se llama: | 40.0 | 53.3 | 57.1 | 71.4 | 25.0 | 75.0 |
| 8. Según Darwin, las variaciones hereditarias que aparecen en cada población natural se deben a: a) Causas sobrenaturales. b) Adaptación. c) Deseo interno de progreso del propio organismo d) Azar. | 73.3 | 80.0 | 28.6 | 71.4 | 12.5 | 25.0 |
| 9. La genética de poblaciones es la síntesis entre: a)La teoría mendeliana y los principios de genética. b) La teoría mendeliana y los principios de genética darwiniana. c) La teoría darwiniana y los principios de genética mendeliana. d) Ninguna de las anteriores es correcta. | 26.7 | 40.0 | 50.0 | 50.0 | 0.0 | 25.0 |
| 10. Cada gameto contiene: a) Todos los alelos del individuo que lo produce. b) Sólo uno de los dos alelos del individuo que lo produce. c) Los alelos de los individuos de la pareja. d) Ninguna de las anteriores es correcta. | 6.7 | 6.67 | 35.7 | 35.7 | 62.5 | 62.5 |
| 11. El número total de alelos en población diploide es representado por: | 6.7 | 6.67 | 57.1 | 57.1 | 75.0 | 87.5 |

| | | | | | | |
|--|------|------|------|------|-------|-------|
| 12. Un patrón reproductivo en el que los individuos se aparean al azar, excluida toda preferencia fenotípica se denomina: a) Panmixia. b) Heteromixia. c) Heterospermia. d) Panmixia. | 6.7 | 6.67 | 0.0 | 50.0 | 87.5 | 100 |
| 13. Dos científicos demostraron que las combinaciones que resultan del apareamiento y la reproducción en los organismos diploides no involucran un cambio en la composición general del reservorio génico de una población. ¿Quiénes fueron? | 6.7 | 6.67 | 42.9 | 42.9 | 0.0 | 25.0 |
| 14. ¿Cuál es el principal mecanismo promotor de la variabilidad? | 6.7 | 6.67 | 14.3 | 71.4 | 25.0 | 37.5 |
| 15. Elija una respuesta para establecer las condiciones del modelo de Hardy-Weinberg | 33.3 | 40.0 | 14.3 | 35.7 | 0.0 | 87.5 |
| 16. En una población donde se cumplen todas las condiciones del modelo de Hardy y Weinberg, las frecuencias de los alelos A y a: | 26.7 | 26.6 | 42.9 | 42.9 | 0.0 | 25.0 |
| 17. La reproducción sexual produce nuevas combinaciones genéticas mediante ciertos mecanismos. ¿Cuáles son? | 20.0 | 20.0 | 50.0 | 50.0 | 100.0 | 100.0 |
| 18. La dinámica del cambio evolutivo que ocurre a nivel de las poblaciones puede explicarse a partir de: | 6.7 | 26.6 | 0.0 | 35.7 | 37.5 | 50.0 |
| 19. ¿Cómo definiría la migración? | 13.3 | 20.0 | 14.3 | 50.0 | 25.0 | 12.5 |
| 20. Son los mecanismos que propician la evolución y la microevolución en las poblaciones? | 33.3 | 33.3 | 14.3 | 42.9 | 37.5 | 62.5 |
| 21. La selección natural se define como: | 46.7 | 66.6 | 21.4 | 92.9 | 0.0 | 25.0 |
| 22. Como sabemos, en la naturaleza, las mutaciones ocurren: | 66.7 | 73.3 | 64.3 | 71.4 | 37.5 | 75.0 |
| 23. Se le denomina al cambio en las frecuencias génicas o alélicas en una población, a pequeña escala. | 20.0 | 46.6 | 28.6 | 78.6 | 62.5 | 62.5 |
| 24. En la secta Amish, un grupo fundado en los Estados Unidos por unas pocas parejas hace unos 200 años, se presenta una frecuencia inusualmente elevada de un alelo raro. En su estado homocigótico, el alelo da por resultado dedos supernumerarios y enanismo. ¿A qué se debe la altísima proporción de polidactilia y enanismo en los Amish? | 33.3 | 6.67 | 42.9 | 50.0 | 50.0 | 37.5 |