



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**  
**BIOLOGÍA**

**CONCEPTO DE MUTACIÓN EN ALUMNOS DE NIVEL MEDIO SUPERIOR PARA LA  
COMPRENSIÓN DE LA TEORÍA SINTÉTICA EVOLUTIVA.**

**T E S I S**  
**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:**  
**MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

**PRESENTA:**  
**GRISELDA ADRIANA GUTIÉRREZ CARRILLO**

**DIRECTORA DE TESIS:**  
**M. en C. Irma Elena Dueñas García**

**MIEMBROS DEL COMITÉ TUTOR:**  
**Dr. Arturo Silva Rodríguez**  
**Dr. José Francisco Gómez Clavel**

**ENTIDAD(ES) DE ADSCRIPCIÓN**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Estado de México**  
**Noviembre 2021**



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.

*“¿La sumisión o la libertad? ¿La valentía o el miedo?  
Vivir es un camino que deja marcas,  
cicatrices que el tiempo logra suavizar, pero jamás borrar.  
Se puede aprender a ocultarlas o a caminar con ellas,  
a ponernos de pie y seguir al destino sin mirar atrás.  
Aprender de nuevo a vivir sin miedo.  
Aprender a ser forastera y construir un propio pueblo,  
siempre en compañía de nuestros viejos fantasmas.”*

*Isabel Allende, 2021*

# *Agradecimientos*

A la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), a la Dirección del plantel Azcapotzalco, por las facilidades otorgadas, así como a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por la beca PASPA otorgada para poder realizar este posgrado.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que me ha formado desde el bachillerato hasta el posgrado y me ha dado la gran oportunidad de laborar en ella.

A la M. en C. Irma Elena Dueñas García por su compromiso para guiarme en este proyecto.

Al comité tutorial integrado por: Dr. Francisco Gómez Clave, Dr. Arturo Silva Rodríguez, Dra. Erica Torrens y al M. en D. Juan Francisco Barba Torres, por sus oportunas observaciones que enriquecieron este proyecto.

A los profesores del CCH-Azcapotzalco que me permitieron de trabajar con sus grupos.

A mis padres, Elena y José Luis que desde niña me llamaron “campeona”, haciéndome sentir que soy capaz de hacer cualquier cosa. Sé que todo lo que hicieron en su momento fue porque pensaron que eso sería lo mejor para mí, por eso, GRACIAS.

A mis hermanos Rafael y Fabián, los admiro, los quiero y los respeto, ejemplo y gran apoyo para mí, sé que ahí están y ustedes saben, que ahí estaré.

A mi prima, hermana y amiga Valeria, tu sabes que me tienes a mí, siempre a mí. A mi amiga y compañera de trabajo Abigail, a quien admiro, agradezco su compañía y consejos. Ambas me ponen los pies en la tierra.

A mis compañeras de MADEMS, Mary y July por su amistad y compañía en esta trevesía.

A quien me acompañó al inicio de esta aventura y que hoy no es parte de mi vida, gracias por el impulso y por los aprendizajes.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO I. MARCO CONCEPTUAL.....</b>	<b>10</b>
1.1 BACHILLERATO UNAM.....	10
1.2 MODELO EDUCATIVO DEL CCH .....	11
1.3 CONSTRUCTIVISMO.....	12
1.3.1 APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.....	15
1.3.2 IDEAS PREVIAS .....	16
1.3.3 CAMBIO CONCEPTUAL .....	18
1.4 ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA .....	20
1.4.1 CIENCIA ESCOLAR .....	23
1.5 BIOLOGÍA EN EL CCH .....	24
1.6 OBSTÁCULOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA SINTÉTICA EVOLUTIVA.....	26
1.6.1 MUTACIÓN: CONCEPTO CLAVE PARA COMPRENDER LA TEORÍA SINTÉTICA EVOLUTIVA.....	31
1.6.2 IDEAS SOBRE EL CONCEPTO DE MUTACIÓN .....	32
<b>CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>35</b>
2.1 INVESTIGACIÓN EDUCATIVA .....	35
2.2 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA.....	35
2.3 INSTRUMENTO ESCALA LIKERT .....	36
2.4 CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA LIKERT .....	37
2.5.1 PRE-TEST.....	41
2.5.2 POST-TEST .....	42
<b>CAPITULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
3.1 POBLACIÓN CCH-AZCAPOTZALCO.....	44
3.2 CATEGORIZACIÓN.....	44
3.2.1 VARIACIÓN GENÉTICA .....	45
3.2.2 HERENCIA.....	52
3.2.3 PRE-ADAPTACIÓN .....	55

3.2.4	POST-ADAPTACIÓN.....	60
3.2.5	INFLUENCIA DE CIENCIA FICCIÓN .....	63
3.3	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	73
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>80</b>
	<b>CONSIDERACIONES FINALES .....</b>	<b>81</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>83</b>
	<b>ANEXO 1 .....</b>	<b>87</b>
	<b>ANEXO 2 .....</b>	<b>88</b>

# INTRODUCCIÓN

El Modelo Educativo del CCH, rompió con una tendencia educativa tradicional, enciclopedista y memorística, en donde el alumno dependía totalmente del profesor para aprender, impulsando una propuesta educativa a través de la vivencia y la experiencia, el alumno construirá su conocimiento, convirtiéndolo en el centro del acto educativo y al profesor como un orientador o guía. Las bases pedagógicas y psicológicas de este modelo educativo radican en la Teoría Constructivista y en la Teoría del Aprendizaje significativo.

Ausubel (1986) lo resume de la siguiente manera: "*Si tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente*" (pag. 6). De forma que el profesor, como orientador indaga en la estructura interna cognitiva, es decir, en el conjunto de conceptos o ideas que el alumno posee en una determinada área de conocimientos, y de esta forma los alumnos construyen el conocimiento a partir de sus ideas y representaciones previas (que pueden ser intuitivas, erróneas o esquemáticas) sobre la realidad a la que se refiere dicho conocimiento.

Las ideas o representaciones previas, poseen diversos orígenes, tales como: construcciones personales que suelen basarse en una explicación por casualidad simple, en una aplicación errónea de empirismos, explicaciones teleológicas, la influencia de los medios de entretenimiento y comunicación tales como películas, cómics, redes sociales, entre otros; estas ideas se mantienen en la sociedad, porque suelen ser estables y resistentes al cambio, son compartidas por personas de diferentes características e idiosincrasias, además de poseer una similitud histórica y universalidad (Bello, 2004). Fundamentalmente la enseñanza de la ciencia consiste en promover un cambio en dichas ideas y representaciones, con el fin de acercarlas progresivamente al entramado conceptual y sistemático del conocimiento científico. El profesor llevará al alumno a un conflicto cognitivo, entre sus ideas previas y las nuevas ya sea por incompatibilidad, por sustitución de los nuevos conceptos o por la mezcla de ambas. En este momento es cuando el profesor ha guiado al alumno hacia un aprendizaje significativo (Pozo, *et al*, 1999).

Diversas investigaciones educativas sobre cómo afectan las creencias o ideas previas o preconcepciones de los alumnos, han mostrado las dificultades que tienen los estudiantes para comprender la Evolución, debido a diferentes razones como el escaso manejo de conceptos de genética básica (DNA, gen, alelo, mutación, fenotipo, genotipo y herencia), la influencia de la ciencia ficción que emplea estos términos de manera errónea, las ideas teleológicas y las explicaciones causa y efecto y la representación de este fenómeno mediante imágenes simplificadas.

En el caso de las mutaciones, la creencia que prevalece es que son solo causa de enfermedades o mal formaciones, que son consecuencia de causas externas como las exposición a radiaciones nucleares o cósmicas, cuando también puede deberse a procesos internos. Además, se considera que aquellos organismos que las presentan suelen ser individuos excepcionales (Grau y Manuel, 2002).

Para que el alumno pueda comprender el hecho evolutivo, el profesor tendrá que guiarlo para que sustituya, reacomode o complete sus ideas previas sobre las mutaciones en los siguientes sentidos: a) distinguir los diferentes procesos que son responsables de la aparición de la variabilidad en las poblaciones y en el mantenimiento en los descendientes de dichas variaciones a lo largo del tiempo, es decir, la naturaleza de las mutaciones como fuente de variación y la herencia de los caracteres, b) identificar la importancia de la Selección Natural (SN) en la línea de “favorecer” o “perjudicar” determinadas características entre los individuos que componen las poblaciones, c) interpretar la naturaleza del cambio evolutivo en las poblaciones y que los individuos cambian lentamente a lo largo del tiempo. Esto favorecerá en el alumno un pensamiento evolutivo que los apoyará a comprender la importancia biológica de ciertos fenómenos, desde la división celular hasta el funcionamiento de los ecosistemas.

De acuerdo con lo anterior, el presente proyecto tuvo como objetivo identificar el cambio conceptual o de percepción en los alumnos de nivel medio superior (CCH-Azcapotzalco) sobre el concepto de mutación para la comprensión de la Teoría Sintética Evolutiva. Para lograrlo, se tuvieron que identificar las ideas en los alumnos antes y después de la intervención del profesor, además de realizar una revisión bibliográfica sobre las referencias que se sugieren en el programa



de estudios de Biología del CCH, con el fin de identificar dos enfoques relacionados con las mutaciones: el enfoque evolutivo en el cual se abordan como fuente de variación, y el enfoque médico en el cual se relacionan solo como fuentes de enfermedades, ya que estos libros son fuente de información para los alumnos y profesores.

## JUSTIFICACIÓN

La Teoría Evolutiva es un tema unificador en las Ciencias Biológicas, por lo tanto, es fundamental en la enseñanza de la Biología ya que es un modelo básico y clásico en los contenidos de los diversos niveles académicos; sin embargo, se le considera una de las unidades didácticas más complejas, porque es un tema difícil de aprender y de enseñar (Tamayo, 2010). En la mayoría de los análisis sobre este problema se asume que la teoría de la evolución es un contenido claramente definido cuyos componentes (conceptos, modelos y términos técnicos) están delimitados y sin ambigüedades. No obstante, una mirada superficial a la literatura sobre epistemología específica de la biología deja en claro que la biología evolutiva (como toda ciencia) presenta innumerables problemas en relación con el significado y alcance de sus modelos. Es por ello que, los contenidos científicos en general y el modelo de evolución por selección natural en particular, presentan aspectos conceptuales y epistemológicamente problemáticos que es necesario tener en cuenta en la enseñanza (González Galli et al., 2016). La aceptación y asimilación por parte del alumnado hacia este tema, tiene sus bases tanto en la didáctica como en los componentes externos a la enseñanza, por ejemplo, que puede ir en contra de las creencias arraigadas sobre cuándo y cómo se crearon los seres vivos (Sánchez J., 2017).

En el Colegio de Ciencias y Humanidades se imparte la asignatura obligatoria de Biología I-II, durante el tercer y cuarto semestre. En el programa de estudios, se encuentra descrito el enfoque disciplinario, el cual contempla como eje estructurante la evolución, complementado por cuatro ejes más: el pensamiento evolutivo, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología-ambiente (SCTA) y las propiedades de los sistemas biológicos.

Los contenidos de Biología I se encuentran divididos en tres unidades. Para los fines de esta investigación nos enfocamos en la 3era Unidad: ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?, en el aprendizaje: *“Aprecia que las mutaciones son fuente de cambio en los sistemas biológicos”*. Las estrategias de enseñanza que el docente realice con sus

alumnos para construir este aprendizaje pueden influir en la valoración del concepto de mutación como fuente de variación o pueden reafirmar las ideas previas erróneas que se presentan en los alumnos y que por consiguiente no favorecerán la comprensión de la Teoría Sintética Evolutiva. Este tema se aborda en cuarto semestre en el curso de Biología II, en la 2da. Unidad: ¿Cómo se explica el origen y diversidad de los sistemas biológicos?, en el aprendizaje *“Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo”*. Identificar las ideas que tienen los alumnos sobre las mutaciones, permite al profesor diseñar estrategias didácticas para contribuir al logro de los aprendizajes y en este caso, también a que los alumnos construyan un pensamiento evolutivo científico, lo cual es importante porque para aquellos alumnos de bachillerato que no elijan una carrera del área 2 (Ciencias Biológicas, Químicas y de Salud), éste será el último contacto que tendrán con la asignatura de biología y con el concepto de mutación y evolución.

# CAPÍTULO I. MARCO CONCEPTUAL

## 1.1 BACHILLERATO UNAM

En México, la Educación Media Superior (EMS) o Bachillerato forma parte de la educación básica, con una duración, en su mayoría de tres años. En este tiempo se pretende capacitar a los alumnos para vivir útilmente en la nación. Existen dos modalidades de bachillerato: el Bachillerato Tecnológico o Bivalente, que se imparte en 12 tipos de instituciones diferentes, y está principalmente orientado hacia el mercado del trabajo y el Bachillerato General o Propedéutico, que está dirigido para que los alumnos continúen con sus estudios universitarios. Existen 13 tipos de instituciones en el país con esta característica, entre ellos la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM, las cuales son de las más prestigiadas desde hace más de 30 años, debido a su orientación hacia los estudios de educación superior (Villa Lever, 2006).

El proyecto del Colegio de Ciencias y Humanidades surgió de la demanda creciente por acceder al nivel medio superior y para vincular las diversas facultades, institutos y centros de investigación de la UNAM. Desde su creación durante el rectorado del Dr. Pablo González Casanova, el 26 de enero de 1971 y aprobado por el Consejo Universitario de la UNAM, el CCH ha buscado el equilibrio en la formación científica y humanística de los alumnos, para fomentar personas cultas, que se formen en lo intelectual, que desarrollen un pensamiento científico y que cuenten con una firme escala de valores. En resumen, la tarea del Colegio es propiciar en los educandos la capacidad autónoma de aprendizaje, de juicio y de crítica. Actualmente el Colegio de Ciencias y Humanidades cuenta con 5 planteles distribuidos en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, CCH-Azcapotzalco, CCH-Naucalpan, CCH-Vallejo, CCH-Oriente y CCH-Sur; de acuerdo con el portal de internet del Colegio, en ellos se atiende a una población estudiantil de 58,196 alumnos, con una plantilla docente de 3,088 profesores y 2,365 trabajadores (<https://www.cch.unam.mx/>).

En el Plan de Estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades se remarca la importancia del conocimiento científico en el área de ciencias experimentales donde se pretende *“que la formación científica básica del bachiller sea útil para cualquier ciudadano del mundo actual, en*

*la medida en que incorpore nociones y conceptos de ciencia, sus formas de proceder, actitudes características, la terminología científica, sus aplicaciones tecnológicas, y contribuya, así provisto, a desarrollar una relación más armónica entre sociedad y el ambiente” (PEA, 1996 , p. 52)*

## **1.2 MODELO EDUCATIVO DEL CCH**

En los modelos educativos se concentran los propósitos educativos de una institución, los fundamentos pedagógicos y filosóficos, además de los enfoques o ejes de enseñanza y aprendizaje. En particular, el Modelo Educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades, responde a una demanda social por una educación alejada del autoritarismo y el enciclopedismo, enfocándose en las materias básicas, asumiendo como opción un concepto de cultura activa y productiva que consiste en saber leer y redactar escritos académicos, en informarse sobre lo que se ignora; en tener una experiencia viva en los laboratorios de las ciencias de la naturaleza y de los procedimientos que originan el conocimiento histórico; en el razonamiento matemático y en la curiosidad por la lectura de los grandes autores, entre otros (Bazán Levy 2015).

El Modelo Educativo del Colegio (MEC) se caracteriza por contener los aprendizajes, los saberes científicos y humanísticos que determinado cuerpo colegiado considera como los más relevantes sobre la naturaleza, sociedad y tecnología desarrollados en las cuatro áreas de conocimiento: matemáticas, ciencias experimentales, histórico social y talleres de lenguaje y comunicación. En el MEC se establece que la educación del estudiante tiene una doble finalidad, la personal y la social, que (idealmente) llevará al desarrollo de un alumno y al mejoramiento de la sociedad. En la dimensión personal, los alumnos adquieren una cultura básica (entendida como el conjunto de saberes conceptuales y prácticos, así como de valores éticos), que un bachiller debe poseer al finalizar sus estudios, que le permita continuar con estudios universitarios, o aplicarla en su vida cotidiana (Becerra *et al* 2015). En cuanto a la dimensión social, fomenta un pensamiento analítico, crítico y participativo, que, junto con la dimensión personal, ayudará al alumno a adquirir un compromiso social y personal para contribuir a la transformación de su país, dicho de otra manera:

*“una formación que les permitirá contribuir a la construcción de una sociedad democrática, solidaria, justa e incluyente, forjadora de contextos óptimos para el desarrollo de un mundo mejor”* (PEA, p. 3)

Bajo los tres principios *Aprender a aprender, Aprender a hacer y Aprender a ser* se busca que el alumno sea el centro del acto educativo, fomentando su independencia y autorregulación del conocimiento, mediante habilidades intelectuales para incorporarse al ciclo profesional y acrecentar su desarrollo personal y sociocultural. Por otro lado, el docente, funge como orientador y guía, por lo que es importante que además del dominio del contenido disciplinario, también tenga la capacidad de establecer estrategias que guíen al alumno a construir sus aprendizajes (García Camacho, 2015)

### **1.3 CONSTRUCTIVISMO**

En la actualidad, el término constructivismo se ha hecho familiar en el ámbito educativo, sobre todo para referirse a una corriente psicopedagógica que promueve los aspectos heurísticos, constructivos e interactivos en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Como teoría del conocimiento (una teoría filosófica, en particular epistemológica) y del aprendizaje (una teoría psicológica), el constructivismo ha sido la influencia teórica más importante para la enseñanza contemporánea. Su efecto es evidente en los debates teóricos, el diseño curricular y las prácticas pedagógicas (Mattews, 2017).

Mario Carretero (2000) define al constructivismo de la siguiente manera:

*“...es la idea de que el individuo -tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos- no es un simple producto del ambiente ni resultado de sus disposiciones internas, sino, una construcción propia; que se produce día a día como resultado de la interacción entre esos factores. En consecuencia, según la posición constructivista, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del ser humano”* (p. 24).

Se consideran dos tradiciones fundamentales del constructivismo: el psicológico que tiene su origen en las descripciones que Jean Piaget hizo del aprendizaje en los niños como un proceso de construcción personal, individual e intelectual que surge a partir de sus actividades en el mundo.

Esta tradición se bifurca, por un lado, en la tradición más personal y subjetiva de Piaget, que puede verse en el trabajo de Von Glaserfeld, y por el otro en el constructivismo social del ruso Vygotsky y sus seguidores, que hacen énfasis en la importancia de la reconstrucción cognitiva de los individuos (Matthew, 2017, p. 389).

La segunda tradición del constructivismo es la sociológica (inicialmente denominada movimiento de las concepciones alternativas), que nació con Emilie Durkheim y que enriquecieron sociólogos de la cultura como Peter Berger y, más recientemente sociólogos de la ciencia de la Escuela de Edimburgo, como Barry Barnes, David Bloor, Harry Collins y Bruno Latour (Marín, 2003). Esta tradición sociológica sostiene que el conocimiento científico se construye y se justifica socialmente, e investiga las circunstancias y las dinámicas de la construcción de la ciencia (ídem, p. 391). En la enseñanza de la ciencia, su interés se dirige en su mejoramiento mediante el empleo de principios o mensajes sencillos como las concepciones específicas de los alumnos sobre los contenidos de enseñanza. De esta forma, el alumno debe aprender ciencia en consonancia con la actividad científica (individual, social, histórica) (Marin, 2003).

Aunque en la literatura existe una buena cantidad de términos para el constructivismo, por ejemplo, los que menciona Good (1993): contextual, dialéctico, empírico, humanístico, metodológico, moderado, piagetiano, postepistemológico, pragmático, radical, realista, social, sociohistórico, humanista, débil, trivial, entre otros; Marín (2003) considera que en la didáctica de las ciencias, cuatro versiones han tenido una influencia significativa, que son el constructivismo piagetiano, humanístico, social y radical. A continuación, se describen cada una de ellas de acuerdo con este autor.

*Constructivismo piagetiano:* describe que el aprendizaje es un proceso interno considerando la interacción con el medio externo.

*Constructivismo humanístico:* será uno de los enfoques que adquiere más influencia, se fundamenta en la propuesta de aprendizaje significativo de Ausubel. Posteriormente seguidores de este autor como Novak y Hanesian realizan propuestas didácticas como los mapas conceptuales y la V de Gowin.

*Constructivismo social*: también denominado movimiento de las concepciones alternativas. Propone iniciar con las concepciones específicas de los individuos sobre los contenidos de la ciencia. Esta propuesta se asocia poco a poco con el constructivismo humanístico.

*Constructivismo radical*: propuesta por Von Glaserfeld (1981), promueve que el conocimiento ya no se refiere a una realidad objetiva, sino a una interpretación y ordenamiento del mundo construido a partir de las propias experiencias del individuo. Marín (2003) describe que el ámbito de la enseñanza de las ciencias, esta más vinculado con la especulación y confrontación filosófica que en abordar cuestiones en el aula.

En el aula, Coll (1994) menciona que la concepción constructivista se organiza en torno a tres ideas fundamentales.

1. *El alumno será responsable de su propio proceso de aprendizaje*. A diferencia de otras corrientes educativas, el alumno es el que construirá su conocimiento, es el sujeto activo en el aula que explora, descubre y manipula el conocimiento.
2. *La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que poseen y a un grado considerable de elaboración*. El sujeto activo (alumno) presenta un grupo de conocimientos previos, debido a que el conocimiento que se enseña en las aulas es resultado de un proceso de construcción de contenidos a nivel social.
3. *La función del docente es engarzar los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo culturalmente organizado*. La función del docente es de orientador y guía para que el alumno construya su conocimiento, además de brindar las condiciones óptimas.

En el constructivismo existe una prevalencia por describir la construcción del conocimiento a partir de procesos activos, en el cual está involucrado el sujeto (alumno) y su entorno. La construcción del conocimiento depende de dos aspectos fundamentales, el primero son los conocimientos previos que se tengan sobre la nueva información (conceptual, procedimental o actitudinal) y el segundo resulta de la actividad cognitiva interna que el sujeto realice al respecto. Pozo (1991) lo denomina como *constructivismo dinámico*, es decir, la construcción del mundo en el que vivimos a partir de nuestras ideas, concepciones o estructuras cognitivas, están en continuo cambio.

### 1.3.1 APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO

El aprendizaje significativo es una teoría del aprendizaje que se encuentra dentro de la teoría constructivista, descrita por el psicólogo y pedagogo David Ausubel presentada en la década de los sesenta, en su obra: “The Psychology of Meaningful Learning: An Introduction to School Learning” (1968) en Nueva York. A pesar del tiempo transcurrido, es una teoría actual, necesaria para la enseñanza.

Ausubel, comenta que “el aprendizaje significativo... es mucho más que simplemente almacenar información en la estructura cognitiva existente. La emergencia de significados, en la medida que nuevos conceptos e ideas son incorporados a la estructura cognitiva, está lejos de ser un fenómeno pasivo” (citado por Moreira 2017, pág. 3). Es por ello, que se deben considerar los conocimientos previos de los alumnos, ya que de esto dependerá su interpretación sobre la nueva información. Pozo (1991), lo resume con la frase del psicólogo Koffka, “Vemos las cosas no como son, sino como somos nosotros”, es decir la percepción y comprensión que una persona tiene sobre un hecho dado, depende decisivamente de las ideas o constructos que esa persona tenga sobre el dominio correspondiente. En el caso de la Enseñanza de la Ciencia, estas interpretaciones que los alumnos han construido para describir o explicar un fenómeno deberán someterse a un conflicto cognitivo, donde se sustituyan o modifiquen para acercarse a las construcciones científicas que son aceptadas en un momento dado. El núcleo principal de esta idea es que exista una interacción cognitiva, pues aquello que el estudiante ya sabe, es un factor que tiene influencia en el aprendizaje.

Pozo (1991) considera que para lograr un aprendizaje significativo son importantes dos aspectos: el primero es la actitud del aprendiz, es decir, su predisposición para aprender y el segundo es que el material a ser aprendido sea potencialmente significativo, que tenga un sentido para el alumno. Así, la adquisición de nuevos conocimientos implicará significado, comprensión, criticidad y posibilidades de usar esos conocimientos en explicaciones, argumentaciones y solución de situaciones, sustituyendo el aprendizaje memorístico que en la mayoría de los casos tiene la finalidad de responder asertivamente a pruebas de alto y bajo impacto (Pozo, 1991).



A partir de esta teoría, han existido otras aportaciones, como la de los colaboradores de Ausubel Joseph Novak y Hanesian, quienes otorgan el aprendizaje significativo una connotación humanística, proponiendo que éste subyace a la integración constructiva, positiva entre pensamiento, sentimientos y acciones que conducen al engrandecimiento humano (Pozo, 1991). La perspectiva de Novak es que cuando el aprendizaje es significativo el aprendiz crece, tiene una buena sensación y se predispone a nuevos aprendizajes en el área (Moreira 2017). Esta predisposición lleva a generar un ciclo continuo de aprendizaje, el cual puede romperse cuando el aprendizaje se vuelve mecánico, es decir memorístico y sin sentido, acompañado de un material sin significado para el alumno, el cual desarrollará una actitud de rechazo para el aprendizaje actual y los posteriores.

### **1.3.2 IDEAS PREVIAS**

Conocer las ideas previas que tienen los alumnos sobre un determinado concepto, brinda un apoyo al profesor para preparar estrategias de enseñanza y así favorecer el aprendizaje en el alumno, sobre todo cuando se habla de temas científicos (Viennot, L.1979, Mc Dermott, L. 1984 citados por Carrasco 2005). De acuerdo con Jiménez P. M. y Fernández J., (1988) estas ideas han sido nombradas de manera diferente por diversos autores, por ejemplo, Ausubel (1983), las denominó *preconceptos*, Novak (1983) *concepciones erróneas*, Pozo (1991) *concepciones espontáneas*. Sin embargo, la denominación más recurrente por los docentes es la de *ideas previas*, ya que hace referencia a una concepción que no ha sido transformada por la acción del profesor en el aula. Las ideas previas son inherentes al pensamiento humano, o por lo menos a determinadas formas de procesar lo que ocurre a nuestro alrededor (Grau y Manuel, 2002). Las ideas previas de los alumnos, en un inicio recibieron denominaciones con claras connotaciones negativas (concepciones erróneas, preconcepciones, errores conceptuales...), pero poco a poco esto ha ido cambiando (teorías espontáneas, ciencia intuitiva, marcos alternativos, concepciones espontáneas, construcciones personales) (Campanario y Otero 2000).

Las construcciones personales elaboradas suelen ser más o menos espontáneas por su interacción cotidiana con el mundo, por ejemplo, utilizando *reglas simplificadoras* para identificar y entender las causas de procesos complejos o el uso del *sentido común* para comprender determinados conceptos científicos, lo que puede conllevar a la aplicación de interpretaciones

erróneas. Las construcciones personales elaboradas también ocurren por *un pensamiento causal simple* (si ocurre un fenómeno, debe existir una causa que debe ser cercana en el tiempo y en el espacio) por sostener una visión *teleológica* (determinar que todo fenómeno natural tiene una finalidad o propósito), por la aplicación errónea de cierto *empirismo* y, también importante, por la influencia de los medios de comunicación y entretenimiento, donde se utilizan conceptos científicos desmedidamente y bajo interpretaciones erróneas, creando confusión e inclusive reafirmando las construcciones personales. (Grau y Manuel, 2002).

Pozo y colaboradores en el 1991, consideran que las ideas previas son estables y resistentes al cambio, por lo que muchas veces persisten a pesar de muchos años de instrucción científica, y aunque suelen ser construcciones personales con un significado idiosincrático (Ausubel, Novak y Hanesian, 1986) son compartidas por personas de diversas características (edad, país de procedencia, formación, etc.), existiendo en general unas pocas tipologías en las que puede clasificarse la mayor parte de las concepciones alternativas en un área dada. Esta universalidad llega incluso a trascender el tiempo, apareciendo en los alumnos actuales ideas similares a las elaboradas por filósofos y científicos eminentes de tiempos pasados sobre temas tales como el calor, la fuerza y el movimiento, la naturaleza corpuscular de la materia o la selección natural. Esta similitud histórica está siendo explotada como una fuente de sugerencias para la secuenciación y organización de los contenidos (Pozo, 1991).

Las ideas previas de los alumnos se caracterizan por ser casi siempre científicamente incorrectas, lo cual ha contribuido sin duda al gran desarrollo de la investigación en esta área. Es razonable, en cierta medida, que las ideas previas sean científicamente inadecuadas porque lo contrario haría necesario el gran esfuerzo de abstracción y lucha contra el sentido común que implica la construcción de la ciencia. (Campanario y Otero 2000). Conocer las ideas previas permite entender por qué los alumnos plantean ciertas preguntas aparentemente absurdas pero que para ellos están llenas de sentido. De esta manera, en gran medida las ideas previas determinan qué aspectos de la realidad son dignos de ser estudiados para entender una determinada situación.

La mayoría de los investigadores en Didáctica de las Ciencias, están de acuerdo en que aquellas concepciones alternativas más resistentes a los cambios son las que están ancladas

mentalmente a otras ideas conformando esquemas conceptuales coherentes para el que las posee. Desafortunadamente, las predicciones que formulan los alumnos a partir de las ideas previas pueden ser muchas veces correctas, de ahí deriva en parte la dificultad de sustituir o eliminarlas. Es posible que el alumno conteste bien determinadas preguntas basándose en razonamientos incorrectos (Campanario y Otero 2000).

### 1.3.3 CAMBIO CONCEPTUAL

Si bien el aprendizaje significativo considera la interacción cognitiva entre las ideas previas y la nueva información sobre un área en específico, ¿cómo saber que se ha dado un cambio conceptual? o ¿cómo se dio? La definición sobre el cambio conceptual ha sido modificada debido a las diversas posiciones de quienes lo proponen, hay autores que lo definen como la sustitución de las ideas previas de los alumnos por las aceptadas científicamente. Existen dos maneras de explicar este cambio, ya sea por la sustitución de manera radical o la gradual y parcial, llegando a aceptar la coexistencia dual o múltiple de concepciones en el alumno y cuyo uso estará determinado por el contexto social y en ocasiones, fuertemente determinado por aspectos afectivos (Bello, 2004).

Autores como Chi (2003), proponen una analogía entre las teorías construidas por los alumnos y las teorías científicas, para explicar el cambio conceptual como un cambio de teoría. Para comprender esta analogía es necesario saber que Nudler (2004) ha resumido los modelos para explicar el cambio científico en dos principales, , el *continuismo acumulacionista* que supone que las nuevas teorías no expulsan simplemente a las antiguas sino que las preservan pero fijando límites a su ámbito de validez y el *discontinuidad rupturista* que asume que cuando una teoría no logra explicar ciertos fenómenos naturales, es sustituida por una nueva, la cual es inconmensurable con la anterior.

Striker y Posner describen al cambio conceptual bajo el modelo del *continuismo acumulacionista*, mientras que Chi (2003), lo describe como un modelo *discontinuidad rupturista*. Sin embargo ambas posturas consideran dos formas de cambio, por *asimilación* y *acomodación*.

Strike y Posner (1985), retomaron las ideas de Piaget y consideran que la *asimilación* implica los tipos de aprendizaje donde no se requiere una revisión conceptual mayor, mientras que la *acomodación* es un proceso gradual que implica una reestructuración para obtener la nueva concepción. Los mismos autores proponen que se requieren las siguientes condiciones: *a) insatisfacción*: es preciso que el estudiante no se sienta satisfecho con sus preconcepciones existentes; *b) claridad*: la nueva información o concepción debe ser clara; *d) aceptabilidad*: la nueva concepción deberá parecer plausible y *d) aplicabilidad*: la nueva concepción deberá de tener un uso extenso hacia un amplio grupo de fenómenos o eventos, además de solucionar los problemas o llenar los huecos que no podía hacer con su antigua concepción.

Por otro lado, Chi (2003), considera que el cambio conceptual es el proceso de reparar ideas previas, a través de reasignar la categorización de un concepto, pasando de una categoría ontológica a otra. Al proceso de reparar preconcepciones se le llama reorganización conceptual. El conocimiento se puede presentar a través de modelos mentales, los cuales son un tipo de representación del conocimiento implícito, incompleto, impreciso, incoherente o fragmentado y presenta proposiciones aisladas sin conexiones. Otros suelen ser coherentes, pero también defectuosos, ya que se estructuraron a partir de un conjunto de creencias, interpretaciones o principios que pueden ser incorrectos y correctos. El único compromiso de los modelos mentales es su funcionalidad para el sujeto (Greca *et al*, 1998). Los mecanismos que pueden remover creencias incorrectas para reparar o reestructurar estos modelos mentales son: *asimilación* y *acomodación*. La asimilación implanta una proposición nueva, mientras que la acomodación implica la revisión a mayor profundidad de la creencia incorrecta.

Greca (1998) incorpora el concepto de Khun (1962), *incommensurabilidad*, es decir, cuando dos teorías entran en conflicto, por diferencias irresolubles en los conceptos y creencias. En este caso, los conceptos son incommensurables si se pueden definir en el ámbito de tres procesos: *a) Reemplazo*: un concepto previo es sustituido por un alternativo y diferente; *b) Diferenciación*: el concepto inicial es reemplazado por dos o más nuevos conceptos, *c) Coalescencia*: dos o más conceptos son fusionados dentro de un concepto nuevo, reemplazando al original.

Sin embargo, también existen obstáculos que evitan un cambio conceptual; Bello (2004) sugiere que ocurren cuando: 1) el alumno no ve la necesidad de cambiar y 2) al alumno le falta construir nuevas categorías para esa nueva información. Si vamos más allá de estas razones, la ausencia del cambio conceptual requiere de investigar el origen de las creencias o principios que los alumnos han construido, ya que en algunas ocasiones están acompañadas de cierta emocionalidad, de modo que la confrontación (para generar en el alumno inconformidad como lo describe Skinner y Posner), provocará más emoción que una visión o análisis racional que lo llevará a una fijación a la idea antigua y a una búsqueda continua de pruebas que apoyen, en vez de pruebas que la refuten.

Duit y Treagust 2003, consideran que el cambio conceptual, antes que nada, es un proceso complejo, que lleva tiempo y que no es lineal, puesto que conlleva avances y regresiones, que no está desligado de las cuestiones sociales y emocionales. Además, adolece de otras dimensiones del aprendizaje como el procedimental, como las habilidades de investigación y experimentales, las actitudinales hacia la ciencia y la actividad científica. Comparten la idea que el aprendizaje de las ciencias es un proceso gradual de reconstrucción de las estructuras conceptuales de los estudiantes, y que se debe poner atención en los aspectos racionales, afectivos y sociocognitivos.

## **1.4 ALFABETIZACIÓN CIENTÍFICA**

Enseñar ciencia en el bachillerato forma parte de la cultura básica ya que fomenta en los alumnos un pensamiento científico, brinda las bases para quienes seguirán una carrera científica y para los que no, es el último contacto formal en esta área del conocimiento, es decir, todos los alumnos que sigan o no una carrera científica, deberían saber algo sobre principios básicos de ciertas disciplinas científicas.

Es así como ha surgido en la enseñanza de la ciencia el término *alfabetización científica*. Para algunos autores, la alfabetización es un proceso de cambio en el propio individuo que se alfabetiza –aprende–, es decir, aquel que se evidencia en la adquisición de ciertos saberes (conceptos, habilidades o valores) que se producen en el sujeto y que le permiten participar en actividades letradas de su comunidad. La alfabetización se nutre de diversas disciplinas, como la pedagogía, la lingüística, la psicología y la sociología, en esta última se cuestiona la función de la

educación y la alfabetización en su posibilidad de reproducción o transformación social (Manghi Haquin, *et al* 2016), lo cual muestra que la alfabetización varía de contexto en contexto.

La idea de alfabetización científica, según varios autores surgió a finales de los años 50, pero es en la última década cuando ha adquirido mayor difusión entre los investigadores, diseñadores de currículos y profesores de ciencia (Gil y Vilches, 2001).

Bybee en 1997, se refiere a ella como una expresión de un amplio movimiento educativo, sugiere acercarse a este término aceptando su carácter de metáfora, porque de esta manera se permitirá rechazar la simplificación del concepto a su significado literal: una alfabetización científica, aunque debe de incluir el manejo del vocabulario científico no debe limitarse a esa definición funcional, además refiere que hablar de alfabetización científica implica hablar de ciencia para todos (Gil y Vilches, 2001). Al ser considerado un amplio movimiento, Marco (2000) clasifica tres tipos de alfabetización científica: la *alfabetización científica práctica*: es decir cuando se utilicen los conocimientos científicos en la vida diaria para mejorar las condiciones de vida; la *alfabetización científica cívica*: para intervenir bajo un criterio científico en decisiones sociopolíticas que beneficien a una comunidad y la *alfabetización científica cultural*: está relacionada con la naturaleza de la ciencia, la tecnología y su incidencia en la configuración social.

A pesar de esta clasificación, la alfabetización científica no debe abordarse de manera aislada, pues, como apunta Marco (2000), cada tipo que propone se complementa, de modo que cada alumno debe formarse considerando todas, pues en conjunto permiten la adquisición de una cultura básica científica.

En dicha cultura se incluyen diversos aspectos: los conocimientos de ciertos hechos, principios, teorías y leyes; la ejemplificación en el uso del conocimiento científico en situaciones reales, mediante la resolución de problemas donde se apliquen habilidades y conocimientos científicos a investigaciones reales. Los procedimientos, sus métodos e instrumentos, pero también sus limitantes; la interacción con la tecnología y su diferenciación entre ellas (ciencia y tecnología) (Matews, 2017). Los debates sobre cuestiones económicas, políticas y sociales junto con las éticas

y morales de la ciencia y la tecnología, la contextualización en cuanto a la historia y el desarrollo de la ciencia y la tecnología, es decir, la naturaleza de la ciencia y sus consideraciones filosóficas.

Otra postura sobre el alfabetismo es la de Jhon D. Miller 2007 (citado por Matthews (2017) que considera dos dimensiones: 1) el conocimiento de los contenidos de la ciencia y 2) el de sus procesos. El primero incluye los conocimientos básicos, los conceptos como átomo, gen, gravedad, fuerza, elemento, etc. El segundo requiere además de conocimientos sobre cómo funciona la ciencia, conocer algunos hechos científicos, los métodos, los experimentos y la comprobación de hipótesis.

La defensa de la ciencia en la escuela es importante, incluso indispensable para la salud intelectual de la sociedad, pues la desinformación que conduce a visiones irracionales y pseudocientíficas del mundo ya están bien afianzadas en la cultura occidental, y la anticiencia es cada vez más popular.

Es común leer noticias amarillistas que se relacionan con la ciencia y que carecen de sustento, como la medicina alternativa, las teorías conspiratorias, los horóscopos, entre otros, que llegan a tener consecuencias graves en la población. Matthews 2017 reporta que en los estudios realizados por la empresa estadounidense de análisis y asesoría Gallup en 1991 sobre el pensamiento anticientífico, muestran sistemáticamente que cerca de la tercera parte de la población cree en fantasmas, telepatía, posesión demoníaca y poderes psíquicos, entre otros. Esto no ha cambiado en la actualidad, pues con el surgimiento de las redes sociales, la información llega rápidamente y con ello la difusión de amplia gama de ideas desacreditadas y peligrosas como que la tierra en realidad es plana o que las vacunas causan autismo.

Recientemente la situación sobre la pandemia por la enfermedad COVID-19 provocada por el virus SAR-CoV-2, ha generado una serie de explicaciones sobre su origen, como que se creó en un laboratorio, que tiene el propósito de controlarnos, que a las personas que se encontraban en el hospital por esta enfermedad les quitaban el líquido de las rodillas, e inclusive se ha difundido la duda de su existencia. Además, se desarrollaron ideas sobre su vacuna, que contenía un chip o material hereditario que podía modificar el DNA que se encuentra en las células causando

mutaciones o enfermedades. Algunas de estas ideas causan risa por su irracionalidad, pero lo cierto es que pueden causar mucho daño en una sociedad.

Lo que se espera de la enseñanza de la ciencia en las instituciones educativas es que *“Las personas o alumnos científicamente alfabetizados sepan que la ciencia, y la tecnología son iniciativas humanas interdependientes, con sus propias fortalezas y limitaciones; comprendan conceptos y principios claves de la ciencia; estén familiarizados con el mundo natural y reconozca tanto su diversidad como su unidad, y emplea el conocimiento científico y las formas científicas con propósitos individuales como sociales.”* (AAAS, 1989 citado por Matthews 2017 p.41).

### **1.4.1 CIENCIA ESCOLAR**

Más allá de considerar de vital importancia la alfabetización científica en alumnos que elijan o no una carrera relacionada con las ciencias, también hay que pensar en lo que se enseña en el aula, es decir la ciencia escolar. Pro (2011), diferencia la “ciencia científica” de la “ciencia escolar”, ya que considera que algunos de los problemas de las clases de ciencias radica en la ignorancia de algunos aspectos que se deben considerar como: a) los científicos eligen su profesión, mientras que los alumnos, no eligen, se les obliga a tomar clases de ciencias, b) los científicos se especializan en alguna área de la ciencia, pero los alumnos deberán aprender todo de todas las ciencias; c) la actividad profesional de un científico cumple la función de dedicarse en su campo tiempo completo, mientras que el alumno tendrá que incorporar otras asignaturas, que en algunos casos ve poca o nula relación con las asignaturas de ciencia y d) la capacidad intelectual de un científico, es mayor que la de un alumnos que se encuentra inclusive en un nivel universitario, ya que aún se encuentra en un proceso de desarrollo cognitivo.

Recordemos que lo que necesitamos es formar alumnos científicamente alfabetizados, que aporten beneficios a la ciudadanía. La ciencia escolar, no se refiere a que se rebaje o desvalore la ciencia, sino ser más asequible a los alumnos, futuros ciudadanos. De tal manera que el profesorado requiere habilidades específicas, como conocer y apreciar la ciencia, pero desde la naturaleza de la ciencia (filosofía e historia de la ciencia), que tenga una apreciación positiva a la profesión educativa, esto le ayudará a crear un ambiente propicio de aprendizaje para sus alumnos y podrá motivar su interés por su estudio (Matthews, 2017)



## 1.5 BIOLOGÍA EN EL CCH

De acuerdo con el Plan de Estudios y el Modelo educativo del CCH, la asignatura de Biología se encuentra dentro del área de conocimientos de las Ciencias Experimentales. Se divide en dos, Biología I y II, que se imparte en tercer y cuarto semestre de forma obligatoria, mientras que en quinto y sexto semestre se encuentra de manera optativa, para aquellos que tienen interés en ingresar a una carrera relacionada con el Área II (Ciencias Biológicas, Químicas y Salud), la asignatura de Biología III y IV.

El programa de Estudios de Biología I y II actualizado en 2017, establece que el curso de Biología está *“orientado a contribuir en la formación integral de los alumnos en este campo del saber, a través de la adquisición de los conocimientos y principios propios de esta disciplina, así como propiciar el desarrollo de habilidades, actitudes y valores que les permitan enfrentar con éxito los problemas relativos al aprendizaje de nuevos conocimientos en este campo”* (pág. 5).

El enfoque disciplinario tiene como eje estructurante la evolución y se complementa con cuatro ejes, a) el pensamiento evolutivo, b) el análisis histórico, c) las relaciones sociedad-ciencia-tecnología-ambiente y d) las propiedades de los sistemas biológicos. Los contenidos de Biología I y II se dividen en unidades y cada una cuenta con un propósito (Tabla1). Las bases conceptuales sobre genética se abordan en la segunda unidad de Biología I, que servirán como base para comprender la Teoría Sintética Evolutiva, en el siguiente curso de Biología II.

El enfoque didáctico hace referencia a una enseñanza constructivista, tanto en el aula como en el laboratorio, en donde exista una interacción entre el sujeto y el objeto de conocimiento. En donde se apliquen los aprendizajes a situaciones diferentes, que sean de interés para los alumnos y muestran realidades que los lleve a contrastar el conocimiento científico de otros conocimientos. No olvidando, que los alumnos tienen ideas previas respecto a los fenómenos naturales y hay que llevarlo a una reestructuración de esas ideas para que sean compatibles con el conocimiento científico.

**Tabla 1**

*Descripción del contenido por unidades de la asignatura de Biología en tercer y cuarto semestre del CCH-Azcapotzalco*

<b>Biología I</b>		<b>Biología II</b>	
<b>3er. Semestre</b>		<b>4to. Semestre</b>	
<b>Unidad 1 ¿Por qué la Biología es una ciencia y cuál es su objeto de estudio?</b>	<b>Propósito</b>	<b>Unidad 1 ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?</b>	<b>Propósito</b>
	Reconocerá que la biología es una ciencia en constante desarrollo, a través del estudio de los sistemas biológicos para que le permitan comprender su dinámica y cambio.		Identificará los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo.
<b>Unidad 2 ¿Cuál es la unidad estructural, funcional y evolutiva de los sistemas biológicos?</b>	Identificará las estructuras y componentes celulares a través de la teoría celular para que reconozca a la célula como la unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.	<b>Unidad 2 ¿Cómo interactúan los sistemas vivos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?</b>	Decribirá la estructura y funcionamiento del ecosistema, a partir de las interacciones que se presentan entre sus componentes, para que reflexione sobre el efecto que el desarrollo humano ha causado en la biodiversidad y las alternativas del manejo sustentable en la conservación biológica.
<b>Unidad 3 ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?</b>	Identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética, como responsables de la continuidad y cambio en los sistemas biológicos, para que comprenda su importancia biológica y evolutiva.		

## 1.6 OBSTÁCULOS PARA LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA SINTÉTICA EVOLUTIVA.

La ilustración la “Marcha del progreso” también conocida como “Camino del Homo sapiens”, fue realizada por el ilustrador Rudolph Zallinger para el volumen “Early Man” de la enciclopedia “Life Nature” escrito por el antropólogo Francis Clarck Howell en colaboración con los editores de Time-Life publicado en 1965. Se trata de una sección plegable desde la página 41 a la 45 la cual muestra 15 antepasados evolutivos humanos de los últimos 25 millones de años. Se hace una separación entre los proto-simios, los parantropos, australopitecus y humanos, alineados como si estuvieran caminando, acompañado con el siguiente descripción: “¿Cuáles fueron las etapas de la larga marcha del hombre desde los ancestros simiescos hasta los sapiens? Comenzando por la derecha y avanzando a lo largo de cuatro páginas más; se encuentra los hitos de la evolución de los primates y los humanos tal y como los científicos los conocen hoy, reconstruidos a partir de pruebas fósiles incompletas.” (Switek, 2010).

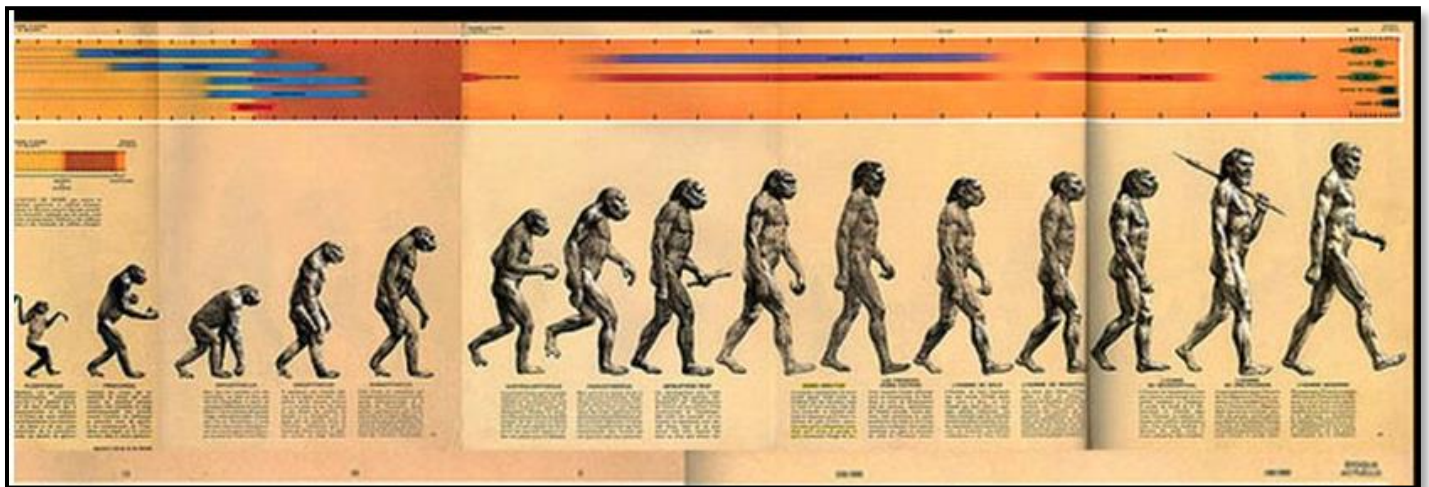
Los primeros 5 primates de la ilustración corresponden a los proto-simios:

1. Pliopithecus
2. Proconsul
3. Dryopithecus
4. Oreopithecus
5. Ramapithecus

El resto representan los que se consideran ancestros de los humanos:

6. Australopithecus
7. Paranthropus
8. Australopithecus avanzado
9. Homo erectus
10. Primeros Homo sapiens
11. Hombre de Solo
12. Hombre de Rhodesia
13. Hombre de Neandertal
14. Hombre de Cromañón
15. Hombre Moderno

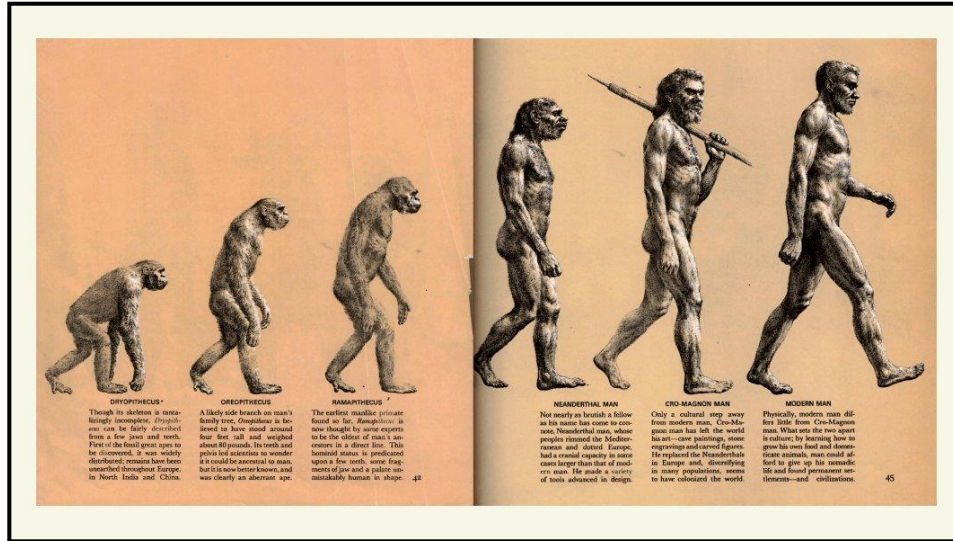
La ilustración aclara que los primeros simios o proto-simios que abarca de los 25 millones a los 3 millones en la escala geológica, no deben de considerarse ancestros humanos reales, en el caso del *Oreopithecus*, es una “rama lateral probable en el árbol genealógico del hombre”, añade que se dibujaron de manera erguida con el fin de hacer una comparación con el tamaño, ya que en realidad eran cuadrúpedos y que las ilustraciones fueron realizadas a partir de muy pocos fragmentos óseos, como una mandíbula, algunos dientes y por lo tanto son producto de hipótesis fundamentadas (Moreno-Garvayo, 2021). Identifica a partir de una escala geológica, cuándo vivieron estos organismos, por ejemplo: en azul para los proto-simios, rojo y violeta para los homínidos y los primeros hombres, verde para *Homo sapiens* y que las discontinuidades de las barras indican la extinción de una línea evolutiva o los vacíos en el registro fósil (Figura 1).



**Figura 1.** La representación original de “La marcha del progreso” fue elaborada por Rudolph F. Zallinger en 1965. Tomada de: <https://peabody.yale.edu/collections/archives/biography/rudolph-franz-zallinger>.

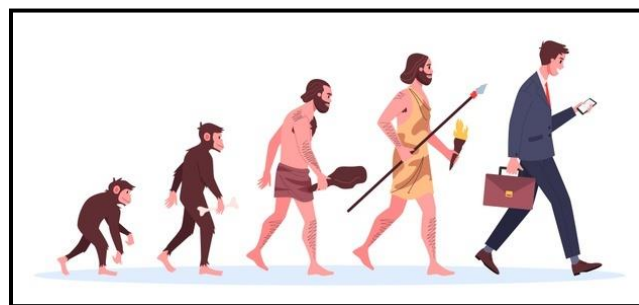
La ilustración no es errónea como pudiera pensarse, puesto que si se interpreta con base en el texto, se recalca que hay muchos callejones sin salida (extinciones) en la ruta a *Homo sapiens* y que aún existían varios huecos que rellenar, además de mencionar una ramificación en los “*Oreopithecus*”.

Como producto de la síntesis de esta ilustración, de las 15 especies se seleccionaron las que corresponden a la posición 3, 4, 5, 13, 14 y 15, las tres primeras corresponden al inicio de la escala evolutiva los proto-simios, los cuales ya se había aclarado no incluirlos como antepasados de los humanos y las otras tres restantes pertenecen a los homínidos (Figura 2).



**Figura. 2.** Ilustración sintetizada a partir de la “Marcha progresista”. Se aprecia los ejemplares 3. Dryopithecus, 4. Oreopithecus, 5. Ramapithecus, 13. Hombre de Neandertal, 14. Hombre de Cromañón y 15. Hombre Moderno. **Tomada de:** <https://peabody.yale.edu/collections/archives/biography/rudolph-franz-zallinger>

Esta reducción puede influir para que la Evolución se interprete como un proceso que va en un solo sentido de lo inferior a lo superior, como un progreso de mejoramiento y crecimiento, que inicia con simios semi-encorvados y concluye con el humano actual. En la actualidad, hay varias versiones de esta imagen, en donde los personajes están acompañadas de herramientas como el uso de rocas, el fuego, lanzas, hasta celulares o computadoras, inclusive la vestimenta cambia (Figura 3).



**Figura 3.** Representación simplificada de la evolución del hombre, se observan cambios hacia un mejoramiento, de ser cuadrupedo a bípedo, de ocupar herramientas como huesos a celulares y portafolios, además de cambio en su vestimenta.

Las palabras como las imágenes no son autoexplicativas y pueden ser polisémicas, por ejemplo, la palabra “banco” puede tener dos posibles interpretaciones, podría referirse a una empresa financiera, pero también puede ser un mueble en donde sentarse, esto dependerá del contexto en el que se haga referencia. Lo mismo sucede con la palabra evolución, las ideas de proceso lineal, progreso o mejoramiento, pueden estar relacionadas con el concepto, pero son visiones teleológicas que en la Biología no cobran sentido.

Las visiones teleológicas y finalistas, en biología evolutiva, se trasladan en conceptos subjetivos como son: “orden”, “dirección”, “progreso”, “perfección” o “tendencia”, que llevan implícito un modelo de organismo ideal perfecto, al que tendería la evolución. Se emplean términos como “más evolucionados” o “más primitivos”, olvidando las múltiples ramificaciones. Los alumnos suelen identificar causas con propósitos, a veces los propios profesores y expertos describen la evolución metafóricamente en términos teleológicos, confundiendo a los estudiantes y frecuentemente los textos de estudio colocan al ser humano como referente de la perfección (Tamayo 2010 y González Galli 2015).

La investigación didáctica de las ciencias ha revelado que en numerosos países los estudiantes egresados de la enseñanza media, y el público general, demuestran una pobre comprensión de los principales conceptos de la biología evolutiva. González Galli, 2015, recopila de diversos autores los factores que dificultan la enseñanza y el aprendizaje de la teoría evolutiva:

- a) La presencia e influencia de valores e ideas religiosas tanto en estudiantes como en profesores.
- b) La presencia y la persistencia de concepciones alternativas, no necesariamente asociadas al pensamiento religioso.
- c) La presencia inadecuada de los materiales y estrategias didácticas.
- d) El insuficiente desarrollo cognitivo de los estudiantes.
- e) El escaso conocimiento y/o la no aceptación de la teoría de la evolución por parte de los profesores de ciencias.

Estas ideas convergen en ciertos puntos, los cuales describe Galli y colaboradores en 2015.

- a) Son, en ciertos aspectos, semejantes a la teoría lamarckiana de la evolución.
- b) Suponen que el cambio evolutivo es consecuencia del cambio individual.

- c) Se basan en la noción de “necesidad”.
- d) Implican la noción de “uso y desuso” de estructuras orgánicas.
- e) Involucran la noción de “herencia de los caracteres adquiridos”.
- f) Suponen que el cambio evolutivo obedece a fines predeterminados (teleología).

Los obstáculos epistemológicos según el francés Gastón Bachelard, son maneras de razonar que subyacen a diversas concepciones alternativas que sostienen los estudiantes y que funcionan como el «núcleo duro» de las concepciones, por lo que influyen fuertemente en la resistencia al aprendizaje y en los razonamientos científicos (Pérez *et al*, 2018).

En resumen, Galli en 2016, identifica tres obstáculos para comprender la Teoría Evolutiva Sintética:

- a) *Teleológicos*: existe un principio intrínseco de la naturaleza que dirige a todos los organismos hacia la perfección. La naturaleza responde a un plan previo y perfecto. Así, cada organismo tiene una causa final, una razón de ser (finalismo) y cumple un papel determinado para garantizar el funcionamiento del mundo,
- b) *Finalistas*: el motor del cambio es la necesidad de superar la dificultad que puede presentar el ambiente para la supervivencia, como por ejemplo la necesidad de hacerse resistente a un pesticida.
- c) *Causación espontánea*: los modelos causales espontáneos suponen que un agente externo provoca en forma directa e inmediata la aparición, en un individuo, de una característica adaptativa en relación con dicho agente.

Otros obstáculos radican en que varios conceptos básicos son difíciles de definir, delimitar o identificar, siendo debatidos por los propios científicos. Sin embargo, muchos deben ser considerados en la enseñanza para poder abordar otro concepto complejo, las nociones inadecuadas de la genética, como los conceptos básicos sobre ADN, ARN, gen, cromosoma, alelo, mutación, recombinación genética, variación genética, herencia mendeliana, así como, población, azar, meiosis y mitosis. Esta problemática se ve reflejada desde hace mucho tiempo y es persistente en la actualidad.

Bugallo en 1995 reunió varios trabajos elaborados en los 90`s, en los cuales se muestra que algunas de las principales fuentes de concepciones alternativas y de dificultades para el aprendizaje de la genética identificadas son:

*El uso de la terminología:*

1. La semejanza superficial entre los procesos de división celular, mitosis y meiosis provoca confusión entre los términos y oculta lo significativo, que son las diferencias entre ambos procesos.
2. En los libros de texto se usan de forma incorrecta y ambigua ciertos conceptos genéticos, por ejemplo, gen y alelo se emplean indistintamente, sin establecer su significado correcto.
3. La confusión provocada por el uso dado a diversos términos genéticos en el lenguaje coloquial, como es el caso de “mutación” que dan origen a nuevas características.

### **1.6.1 MUTACIÓN: CONCEPTO CLAVE PARA COMPRENDER LA TEORÍA SINTÉTICA EVOLUTIVA.**

El neodarwinismo o Teoría Sintética Evolutiva reconoce que dos procesos distintos, fundamentalmente diferentes en causas y efectos, influyen en las características exhibidas en las poblaciones a través del tiempo. Las nuevas características se originan debido a cambios en el material genético (mutación o recombinación genética) que sobreviven o se eliminan a causa de la acción de Selección Natural. Para Darwin fue muy importante establecer que las variaciones heredables que entraban en juego en el proceso de selección surgían sin tener ninguna correlación directa con la adaptación a esta desconexión causal entre el origen de una variación y su papel en el proceso evolutivo, la denominó variación al azar (Hernández R. et al 2009).

La variabilidad hereditaria, reflejada por la existencia de múltiples alelos en una población, constituye claramente un prerequisite para el cambio evolutivo. Si todos los individuos de una población son homocigotos para el mismo alelo de un locus determinado, no puede darse evolución en dicho locus hasta que no surja un nuevo alelo por mutación. Si, por el contrario, existen dos o más alelos en una población, la frecuencia de un alelo puede incrementar a expensas de la del otro o de los otros como consecuencia de la Selección Natural. El valor selectivo de un alelo no se encuentra evidentemente fijado. El ambiente es variable en el espacio y en el tiempo; en



determinadas condiciones se ve favorecido un alelo y en condiciones diferentes se ve favorecido otro alelo. Una población con cantidades considerables de variabilidad genética puede, por tanto, protegerse frente a futuros cambios en el ambiente. Es decir, que sin variación no puede ocurrir la evolución (Ayala, 1979).

La evolución, además de los cambios provocados en la estructura de los genes por mutación, implica cambios en la cantidad y en la organización de éstos. Un organismo puede presentar en cada célula una cantidad de ADN muy superior a la de nuestros antepasados unicelulares de hace mil millones de años. Los incrementos (o decrementos) evolutivos del material hereditario se producen sobre mediante duplicados (o deleciones) de segmentos de ADN; a continuación, los segmentos duplicados pueden evolucionar para cubrir funciones nuevas, mientras que los segmentos preexistentes conservan la función.

Las fuerzas que originan a las mutaciones génicas operan aleatoriamente, en el sentido de que las mutaciones genéticas se producen sin que exista ninguna relación con su futura adaptabilidad al ambiente. En otras palabras, un individuo mutante no tiene una probabilidad de aparecer en un ambiente en el que será favorecido mayor que en otro ambiente en el que sería seleccionado en contra. Si aparece un mutante favorecido, puede considerarse que presenta una “preadaptación” a ese ambiente determinado: no apareció como respuesta adaptativa, sino que más bien resultó ser adaptativo una vez que haya aparecido.

## **1.6.2 IDEAS SOBRE EL CONCEPTO DE MUTACIÓN**

Para muchos alumnos “mutación” se refiere a cualquier tipo de cambio en un organismo. Se suele asociar con anormalidades o defectos, pero pocas veces se relaciona con, variación, adaptación o evolución. Suelen suponer que toda mutación se transmitirá a la descendencia (aunque no afecte a las células germinales), que surgen por cambios ambientales o por necesidad simultáneamente en todos los organismos sometidos a ciertas variaciones ambientales. Frecuentemente confunden mutaciones con cambios asociados al crecimiento, la metamorfosis o la pubertad. Algunos alumnos creen que en el origen de las variaciones hereditarias incluyen la necesidad, el esfuerzo o el propósito (Tamayo, 2010).

También suelen ser consideradas como un fenómeno negativo, causantes de alteraciones del funcionamiento normal de un organismo, es decir, enfermedades como el cáncer o síndromes (Down, Turner, X frágil, doble Y, XYY), lo que puede llevar a que se aprecien de manera negativa o se le dé un significado opuesto al que considera la comunidad científica. Regularmente, términos como mutante (de manera peyorativa), extraño, deforme, se convierten en sinónimos de mutación (Grau y Manuel, 2002).

Según Grau y Manuel (2002) existen diferencias de interpretación sobre las mutaciones que realizan los medios de comunicación, especialmente las películas de ciencia ficción, con la interpretación de la comunidad científica, lo que ocasiona una percepción errónea sobre estas en la población, especialmente en los jóvenes que frecuentan este tipo de entretenimiento. Por ejemplo:

- a) Todos somos portadores de una mutación, en la ciencia ficción trata de raros individuos excepcionales.
- b) Las modificaciones suelen implicar cambios sutiles, mientras que en la ciencia ficción los cambios son drásticos.
- c) Las mutaciones no se dan bruscamente sino “a lo largo de las generaciones”.
- d) Las mutaciones no tienen necesariamente causas externas, pueden ser consecuencia de procesos internos.

Otros autores como Álvarez Pérez, 2005, consideran que los alumnos deben distinguir los siguientes puntos sobre el concepto de mutación:

- a) Le llamamos mutación a las modificaciones en el material genético de una célula, pueden ocurrir al momento de la duplicación.
- b) La mutación es fuente de variación y se genera continuamente.
- c) La unidad de mutación es el gen.
- d) La magnitud de las consecuencias (fenotípicas) de una mutación es variable: puede ser pequeña, grande o regular.
- e) Los efectos (fenotípicos) de una mutación son variables: pueden ser neutros, positivos o negativos.
- f) Las causas de las mutaciones son variables, pueden ser causadas por agentes externos o internos.

Diversas investigaciones educativas, han mostrado las dificultades que tienen los estudiantes para aprender sobre estos temas y las dificultades que tienen los docentes para planificar sus estrategias de enseñanza para ayudar a los estudiantes a aprender. Pues la labor del docente de biología hacia este tema debe centrarse en desmitificar las ideas construidas por los alumnos y en fomentar habilidades asociadas con la actividad científica, como formular hipótesis, analizar resultados o establecer conclusiones, que puedan alentar el desarrollo de ciertas actitudes propias del campo de la ciencia (Ayuso y Banet, 2003).

# **CAPÍTULO II. MARCO METODOLÓGICO**

## **2.1 INVESTIGACIÓN EDUCATIVA**

La Investigación Educativa es un estudio científico y sistemático de recogida y análisis de información con un fin concreto, que utiliza metodologías cualitativas y cuantitativas, las cuales se diferencian por la obtención y el análisis de los datos; ya que puede hacerse con técnicas de medición, entrevistas y observaciones o documentos. Los educadores y otros profesionales utilizan la investigación básica, aplicada y evaluativa para propósitos diferentes, como la interpretación de evidencia empírica acumulada, la toma de decisiones basadas en la comprensión de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula, pero también por parte de los cuerpos políticos involucrados en la educación. La investigación educativa apunta hacia un mejoramiento continuo de los programas de estudio, la práctica educativa del profesorado y la evaluación del aprendizaje. En general, la investigación proporciona información válida y conocimientos precisos sobre la educación con el propósito de tomar decisiones informadas. El proceso en la investigación educativa se caracteriza por cinco fases: 1) identificación de los problemas de investigación, 2) estudios empíricos, 3) replicación, 4) síntesis de la investigación, 5) puesta en práctica y evaluación. A partir de la primera fase, surgió la necesidad de elaborar la presente investigación (McMillan, et al 2005).

Durante mi experiencia como docente de biología en el CCH, observé que frecuentemente los alumnos no relacionan el concepto de mutación como fuente de variación al abordar el aprendizaje sobre la Teoría Sintética Evolutiva en Biología II, lo que hacía más difícil su comprensión, por lo que consideré que la causa probable era que los profesores (incluyéndome), abordamos el concepto de mutación con una visión médica, es decir, solo nos enfocamos en que causaban enfermedades y no, que son una fuente de variación.

## **2.2 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA Y CUALITATIVA**

En la investigación educativa se utilizan ambos enfoques, el cualitativo y el cuantitativo, los cuales se diferencian entre otros aspectos por su objeto de investigación, precisión; medida y estadístico o descripción detallada de fenómenos, diseño experimental, precisión, razonamiento:

deductivo o inductivo; proceso establecidos antes de que comience la investigación o estrategia flexibles y cambiantes a lo largo de la investigación). La cuantitativa presenta resultados estadísticos en forma de números, mientras que la cualitativa presenta los datos como una narración (McMillan et al, 2005). La descripción sobre la metodología que se utilizó en este proyecto se dividió en dos partes: la primera es la investigación cuantitativa que se diseñó para reunir datos para identificar el cambio conceptual de mutación en los alumnos del tercer semestre que cursaron las asignaturas de Biología I-II, mediante el instrumento Escala Likert, y su análisis estadístico por Wilcoxon. La segunda parte, la cualitativa, corresponde a la revisión documental de los libros de consulta que se sugiere a los alumnos en el programa de estudios de Biología I-II del CCH-Azcapotzalco.

### **2.3 INSTRUMENTO ESCALA LIKERT**

La Escala Likert identifica tres acciones básicas a través de las que se obtendrá información, datos o respuestas en una investigación: a) acciones de observación, b) interrogatorio y c) simulación. La escala Likert se encuentra dentro de la acción de interrogatorio (Namakforoosh, 2000); este método de medición de actitudes fue desarrollado por Rensis Likert en 1932 y aunque ya es un método antiguo, se trata de un enfoque vigente y bastante popular (Sampieri, 2014).

Se eligió la escala Likert ya que posibilita la recolección de información variada sobre los sujetos, desde datos muy concretos y específicos como edad, estado civil, lugar de origen, etc., hasta información más compleja y subjetiva que requiere una mayor elaboración de la persona interrogada, como son sus percepciones, actitudes, representaciones, preferencias y opiniones, a las que se accede a través de “lo dicho” o la expresión de la persona. Consiste en un conjunto de ítems presentados en forma de afirmaciones o juicios, ante los cuales se pide la reacción de los participantes. Es decir, se presenta cada afirmación y se solicita al sujeto que externé su reacción eligiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala. A cada punto se le asigna un valor numérico (Sampieri, 2014). El interrogado señala su grado de acuerdo o en desacuerdo con cada ítem, proposición o afirmación relativa al asunto estudiado; a cada posible respuesta se le da una puntuación favorable o desfavorable.

Una característica de los ítems en la escala de Likert es que las alternativas de respuestas son fijas para todas las proposiciones y todas tienen asignado un peso o valor similar o equivalente. Así, la probabilidad de acuerdo o en desacuerdo con cualquiera de las series de ítems favorables o desfavorables, con respecto a un objeto, varía directamente con el grado de actitud de un individuo.

Un individuo con una actitud favorable responderá favorablemente a muchos ítems (es decir, estará de acuerdo con muchos ítems favorables al objeto y disenterá a los desfavorables); de un individuo ambivalente puede esperarse que responda desfavorablemente a unos y favorablemente a otros; un individuo con una actitud desfavorable responderá desfavorablemente a muchos ítems.

## **2.4 CONSTRUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA ESCALA LIKERT**

La elaboración de la escala Likert se llevó en tres etapas: a) Fase Construcción del instrumento, b) Fase de validación de expertos y c) Fase de confiabilidad estadística. a) Fase de construcción del instrumento: consistió en definir los conceptos que se relacionaban a las mutaciones y la Teoría Sintética, a partir de estos, se determinó cuáles serían los ítems que se elaborarían en relación con este constructo, por lo que se decidió que serían cinco categorías: 1) variación, 2) herencia, 3) pre-adaptación, 4) post-adaptación, 5) influencia de la ciencia ficción (Tabla 2). Se elaboraron 35 ítems, con una escala de nivel 5, es decir que las opciones de respuestas se determinaron como: 1-Muy en desacuerdo (MDS), 2-Desacuerdo (DS), 3-Ni de acuerdo/Ni en desacuerdo (ND/NA), 4-De acuerdo (DA) y 5-Muy de acuerdo (MDA). De tal manera que, si el alumno presenta una actitud positiva hacia el concepto de Mutación, se consideraba positivo (4 y 5), negativo (1 y 2), y para el caso de que no presentara la suficiente información para tomar una decisión positiva o negativa se determinó la opción ND/NA. También se incluyeron ítems negativos, es decir, la respuesta correcta fuera MDS y DS. Con el fin de llevar un mejor manejo de los datos, el instrumento se elaboró y se aplicó en la plataforma GoogleForms en Drive.

La segunda etapa b) Fase de validación por expertos, consiste en la evaluación de los ítems que conforman el instrumento por personas cuya especialización y experiencia profesional estuviera relacionada al tema de investigación, de esta manera les permitiría valorar el contenido y la estructura de cada uno de los ítems (Soriano, 2014). El cuestionario fue revisado por cinco

profesores, tres de Biología del CCH-Azcapotzalco que tienen entre 10-25 años de experiencia y dos profesores pertenecientes al comité tutorial, la profesora M. en C. Irma Elena Dueñas García, experta en Genética y el Dr. Arturo Silva experto en Evaluación e Investigación Psicológica, ambos pertenecen a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Se tomaron en cuenta sus observaciones para realizar las modificaciones pertinentes.

Por último, la tercera c) Fase de confiabilidad estadística, es la versión piloto del instrumento, la cual se aplicó a 100 alumnos pertenecientes al 3er semestre del CCH-Azcapotzalco a finales de septiembre e inicios de octubre del 2019. Posteriormente se analizaron los resultados mediante el programa SPSS v.25. Posteriormente se aplicó la prueba de consistencia interna para lo cual se utiliza el alfa de Cronbach que es una medida interna de la confiabilidad o consistencia interna de un instrumento. De acuerdo con la literatura: “El valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0.70; por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja. Por su parte, el valor máximo esperado es 0.90; por encima de este valor se considera que hay redundancia o duplicación. Varios ítems están midiendo exactamente el mismo elemento de un constructo; por lo tanto, los ítems redundantes deben eliminarse. Usualmente se prefieren valores de alfa entre 0.70 y 0.90” (Soriano, 2014).

El resultado de la aplicación piloto de la escala Likert tuvo una consistencia interna de 0.692, lo que no llegaba al mínimo aceptable, por lo que a partir del análisis de correlación de ítems se eliminaron aquellos que presentaron una consistencia interna menor a 0.6. En total se eliminaron 15 ítems (Anexo 1), teniendo como resultado final una consistencia interna de 0.746 colocando al instrumento en el criterio aceptable para su aplicación, con un número final de 20 ítems.

---

**Tabla 2.**

***Ítems que integraron el cuestionario pre y post-test.***

---

No.	ÍTEM	CATEGORÍA
1	<i>... los organismos no han sido estáticos, pues a lo largo del tiempo han sufrido cambios originados por mutaciones que los han favorecido.</i>	VARIACIÓN

---

<b>2</b>	<i>... la variación que existe entre los organismos de una población se puede originar mediante mutaciones</i>	
<b>3</b>	<i>...en realidad, todos los organismos somos portadores de mutaciones.</i>	
<b>4</b>	<i>...las mutaciones son la materia prima de la evolución.</i>	
<b>5</b>	<i>...las mutaciones surgen en un organismo y no en una población.</i>	
<b>6</b>	... las mutaciones constituyen variaciones que son heredadas.	HERENCIA
<b>7</b>	... las mutaciones pueden ser heredadas.	
<b>8</b>	... dependiendo del ambiente, las mutaciones pueden ser ventajosas o no.	
<b>9</b>	... las mutaciones permiten a los seres vivos ajustarse al medio ambiente.	PRE-ADAPTACIÓN
<b>10</b>	... algunas bacterias pueden presentar genes que les confieren resistencia a un antibiótico, antes de estar expuestas a éste.	
<b>11</b>	... las bacterias se hacen resistentes cuando se exponen a un antibiótico.	POST-ADAPTACIÓN
<b>12</b>	... el uso de DDT (insecticida) cambió las poblaciones de mosquitos para que fueran resistentes.	
<b>13</b>	... un mutante tiene características sobrehumanas.	
<b>14</b>	... las mutaciones generan en los organismos características superiores a los demás organismos.	
<b>15</b>	... un organismo mutante es un monstruo.	INFLUENCIA CIENCIA
<b>16</b>	... las mutaciones causan solo enfermedades o malformaciones.	FICCIÓN
<b>17</b>	... un fenómeno es un organismo que presenta características físicas aberrantes o monstruosas ocasionadas por mutaciones.	



---

**18** ... los cambios físicos que sufrió Peter Parker debido a la mordedura de una araña radioactiva modificaron su material genético. Esta es una forma de generar y transmitir mutaciones en los organismos.

---

**19** ... las radiaciones, ocasionan mutaciones en el material genético que pueden brindar mejores características físicas.

---

**20** ... las mutaciones surgen espontáneamente.

---

## 2.5 CONTEXTO Y APLICACIÓN DEL INSTRUMENTO

Para la aplicación del instrumento se buscaron ciertas condiciones; en el caso del nivel medio superior en el CCH-Azcapotzalco se eligieron grupos de alumnos que estuvieran cursando, de manera ordinaria, el tercer semestre de la asignatura de Biología I y con un profesor asignado para todo el ciclo escolar (2020-1 y 2020-2), para tener continuidad con el curso de Biología II.

### 2.5.1 PRE-TEST

Inicialmente se aplicaría el pre-test, durante los meses octubre-noviembre del 2019, sin embargo, fue hasta los meses de enero-febrero del 2020, debido a varias circunstancias, como la suspensión de actividades en el Colegio, que ocasionó el retraso en la impartición de los contenidos, mayor presión en los profesores y reducción de tiempo. La aplicación del pretest se aplicó en la Sala Telmex del CCH-Azcapotzalco (Figura 4) a 214 alumnos de manera sincrónica mediante un formulario en GoogleForms. Esta herramienta permitió que los ítems se distribuyeran de manera aleatoria. Cabe señalar que se le entregó a los alumnos del CCH-Azcapotzalco una carta de consentimiento informado, ya que en su mayoría eran menores de edad. En este escrito se les informaba el propósito de la investigación y el uso que se le daría a los datos recolectados, también se les indicó que su participación era voluntaria y que tenían la libertad de contestar o no el cuestionario (Anexo 2).



**Figura 4.** Alumnos respondiendo el *pre-test* en línea en la Sala Telmex del CCH-Azcapotzalco.

## 2.5.2 POST-TEST

El pos-test se aplicó en otras circunstancias, debido a la contingencia sanitaria por COVID-19. Se contactó con los profesores de cada grupo y se les envió por correo electrónico la liga para que la compartieran con sus alumnos, esta los llevaría al cuestionario en GoogleForms. Se realizó en junio del 2020 antes de que concluyera el curso Biología II, pero después de que se abordará el tema de sobre la Teoría Sintética.

## 2.6 ESTADÍSTICO WILCOXON

Los resultados de los cuestionarios pre y post-test, se sometieron al análisis estadístico Wilcoxon, que es una prueba no paramétrica, la cual consiste en comprobar si hay diferencias entre las distribuciones de dos poblaciones. Es una prueba flexible que se puede utilizar en distintas situaciones, con muestras de diferente tamaño y con pocas restricciones. Lo que se requiere es que la variable sea continua y que sean observaciones pareadas, es decir, que sean sujetos de una misma muestra con medidas pre y post-prueba, o bien sujetos que hayan sido pareados bajo criterios bien definidos. Para efectuar esta prueba se calculan las diferencias entre los pares de datos y se registran los valores absolutos entre ellas (Gómez-Gómez, *et al* 2003). Dicho análisis, se realizó por medio del programa SPSS v.25, con el cual se obtuvo el nivel de significancia ( $\alpha$ ). Los valores comunes de  $\alpha$  son 0.05 y 0.01. Si la probabilidad asociada con la ocurrencia de acuerdo con  $H_0$  (esto es cuando la hipótesis nula es cierta) de un valor particular proporcionado por una prueba estadística (y valores extremos) es igual o menor que  $\alpha$ , rechazamos la  $H_0$  a favor de  $H_1$ . (Siegal et al 1995). De acuerdo con este valor, se determinó si existían diferencias en las respuestas durante el pre y el *post-test*.

## 2.7 REVISIÓN DE LAS REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

En el Programa de Estudios de Biología del CCH, se encuentra al final de cada unidad una sección de “Recomendaciones bibliográficas para profesores y alumnos”, como apoyo para la enseñanza y el aprendizaje. En este trabajo se consideraron solo los que son recomendados hacia los alumnos. Estos libros se encuentran a su disposición en la biblioteca del Colegio, lo que facilita su acceso y revisión. Se realizó la consulta de cada uno de ellos, para identificar los enfoques con el que se abordaba el concepto de mutación, es decir, el enfoque Evolutivo; el que se relaciona como una fuente de variación, que da origen a nuevos alelos, y el enfoque Médico; el cual describe la mutación como fuente de enfermedades o síndromes.

Se determinaron estos enfoques ya que pueden influir en la interpretación de los alumnos sobre el concepto de mutación. En la tabla 4 se muestra un listado de los libros que se revisaron.

---

**Tabla 4.**

**Sugerencias de referencias bibliográficas para los alumnos del CCH, que se encuentran en el Programa de Biología**

---

- |   |  |
|---|--|
| 1 | Audesirk, Teresa, Gerald Audesirk y Bruce Byers (2012). <i>Biología. La vida en la Tierra</i> . México: Pearson.   |
| 2 | Campbell, Neil, Lawrence Mitchel y Jane Reece (2001). <i>Biología, conceptos y relaciones</i> . México: Pearson Educación.   |
| 3 | Curtis, Helena, Sue Barnes, Adriana Shenk y Graciela Flores (2007). <i>Invitación a la biología</i> . Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.                 |
| 4 | Oram, Raymond (2007). <i>Biología. Sistemas biológicos</i> . México: McGraw-Hill/ Interamericana.  |
| 5 | Sadava, David, Graig Heller, Gorden Orians, Willians Purves y David Hillis (2009). <i>Vida. la ciencia de la biología</i> . México: Editorial Médica Panamericana. |
| 6 | Solomon, Eldra, Linda Berg y Diana Martin (2008). <i>Biología</i> . México: McGraw Hill / Interamericana.  |
-

# CAPITULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

## 3.1 POBLACIÓN CCH-AZCAPOTZALCO

El número de alumnos del CCH-Azcapotzalco que contestaron el pretest fueron 214, mientras que 108 respondieron el *post-test* fueron 108 (Tabla 5). Hubo un descenso en el número de alumnos que contestaron el cuestionario, debido a la deserción provocada por la emergencia sanitaria por COVID-19. De acuerdo con esto, se seleccionaron solo los alumnos que contestaron ambos cuestionarios.

**Tabla 5.**

**Número de alumnos que contestaron el cuestionario pre y *post-test***

<b>CCH-Azcapotzalco</b>		
	<i>PRE-TEST</i>	<i>POST-TEST</i>
<b>No. de alumnos</b>	214	108

## 3.2 CATEGORIZACIÓN

El análisis y la discusión de los resultados se presentarán de acuerdo con las categorías que se establecieron en la elaboración del instrumento.

- a) Variación genética
- b) Herencia
- c) Pre-adaptación
- d) Post-adaptación
- e) Influencia de la ciencia ficción

### 3.2.1 VARIACIÓN GENÉTICA

La variación genética o la variabilidad hereditaria la define R. Fisher 1918 como “la variación que se presenta en el material genético de una población o especie”. Esta se ve reflejada por la existencia de múltiples alelos en una población y constituye un prerrequisito para el cambio evolutivo. Ayala (1979), explica que, si todos los individuos de una población son homocigotos para el mismo alelo, no puede darse evolución en dicho locus hasta que no surja un nuevo alelo por mutación. Además, para que la selección natural pueda actuar sobre un carácter, debe haber algo que seleccionar, es decir, varios alelos para el gen que codifica ese carácter. Existen diversas causas que pueden generar variación, aunque las principales son las mutaciones y la recombinación genética durante la Meiosis.

De acuerdo con esta idea, se elaboraron cuatro preguntas en esta categoría, con el fin de identificar las ideas de los alumnos sobre las mutaciones como una fuente de variación y su relación con la evolución. En la tabla 6 se muestran los resultados estadísticos de cada ítem. Más adelante se describen los resultados por cada pregunta.

En esta categoría, para identificar si hubo un cambio antes y después, las respuestas que se esperaba en el post-test se encuentran entre las opciones 4 y 5, es decir “De acuerdo” (DA) y “Muy de acuerdo” (MDA) respectivamente.

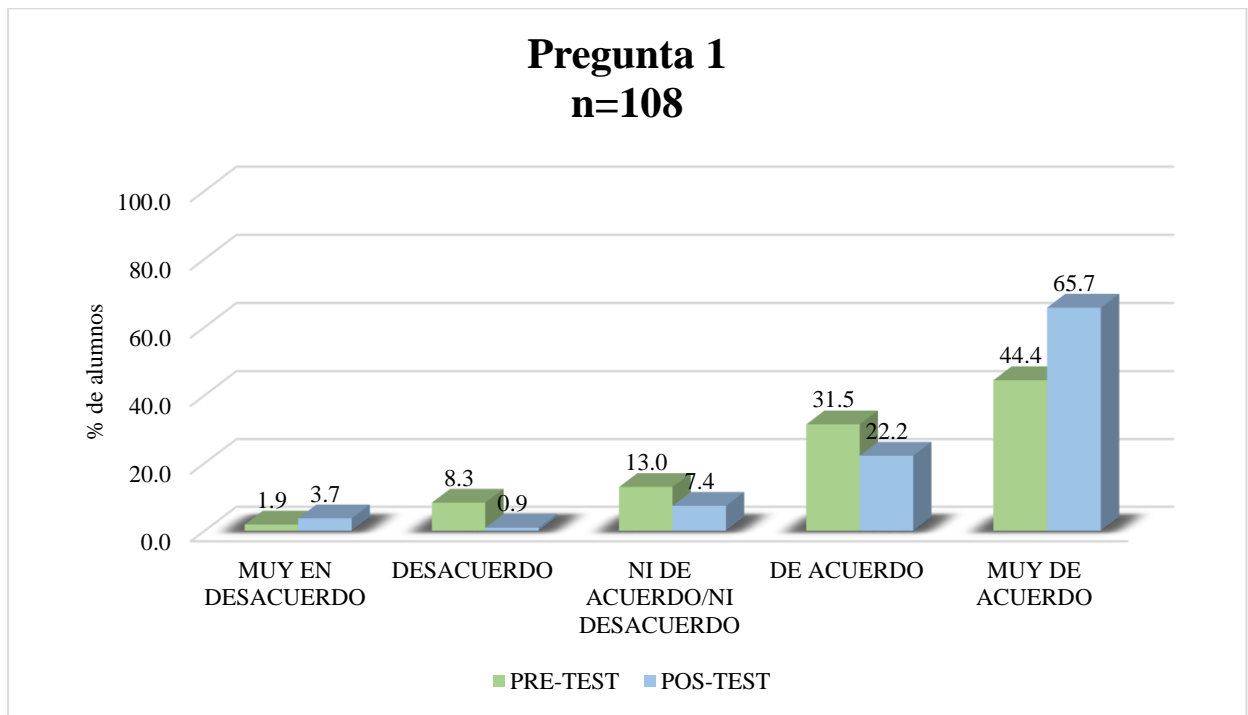
**Tabla 6.**

*Nivel de significancia para las preguntas de la categoría: Variación genética.*

<i>Consideras que...</i>	<b>N=108</b>		
		<i>PRE-TEST</i>	<i>POST-TEST</i>
<i>1. ... los organismos no han sido estáticos, pues a lo largo del tiempo han sufrido cambios originados por mutaciones que los han favorecido.</i>	Media	4.10	4.45
	Mediana	4	5
	Desv. Estándar	1.041	0.0951
	Nivel de significancia		0.004
	p<0.05		
	Media	3.48	3.88
	Mediana	3.5	4

<b>2. ...la variación que existe entre los organismos de una población se puede originar mediante mutaciones.</b>	Desv. Estándar	1.018	0.0954
	Nivel de significancia p<0.05		0.002
<b>3. ... en realidad, todos los organismos somos portadores de mutaciones.</b>	Media	3.78	3.97
	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	1.026	1.00
	Nivel de significancia p>0.05		1.132
<b>4. ...las mutaciones son la materia prima de la evolución.</b>	Media	3.28	3.94
	Mediana	3	4
	Desv. Estándar	1.142	0.994
	Nivel de significancia p<0.05		0.000
<b>5. las mutaciones surgen en un organismo y no en una población.</b>	Media	3.34	3.33
	Mediana	3.5	3
	Desv. Estándar	1.254	1.215
	Nivel de significancia p>0.05		0.848

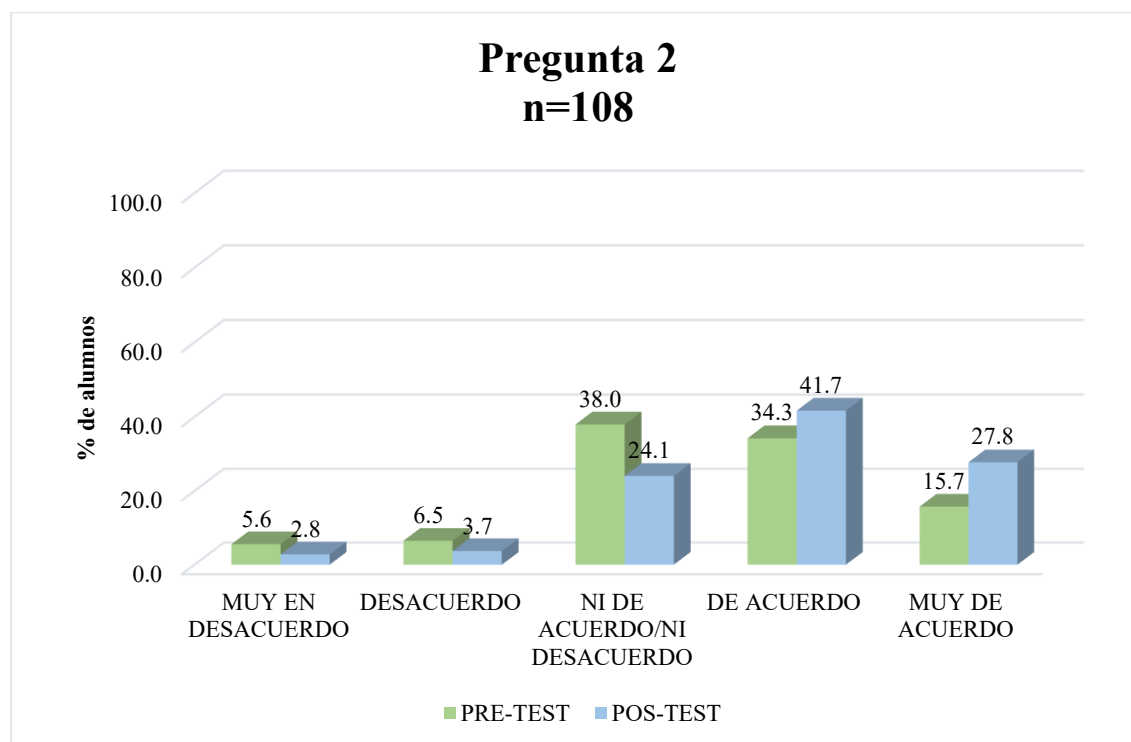
Para la pregunta 1.- “los organismos no han sido estáticos, pues a lo largo del tiempo han sufrido cambios originados por mutaciones que los han favorecido”, en el *pre-test* 44% de los alumnos respondieron MDA, 31.5% DA, y en el *post-test* hubo un incremento en la respuesta hacia MA con 65.7% y disminuyó con DA 22.2% (Gráfica 1). Desde el *pre-test*, los alumnos consideraron que las mutaciones son fuente de cambios favorables para el organismo, en el *post-test* se observa que esta idea se mantiene y además aumenta el porcentaje de alumnos que contestaron asertivamente (MA) a la pregunta, por lo que sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gl=108$ ) entre ambas pruebas.



**Gráfica 1.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 1.

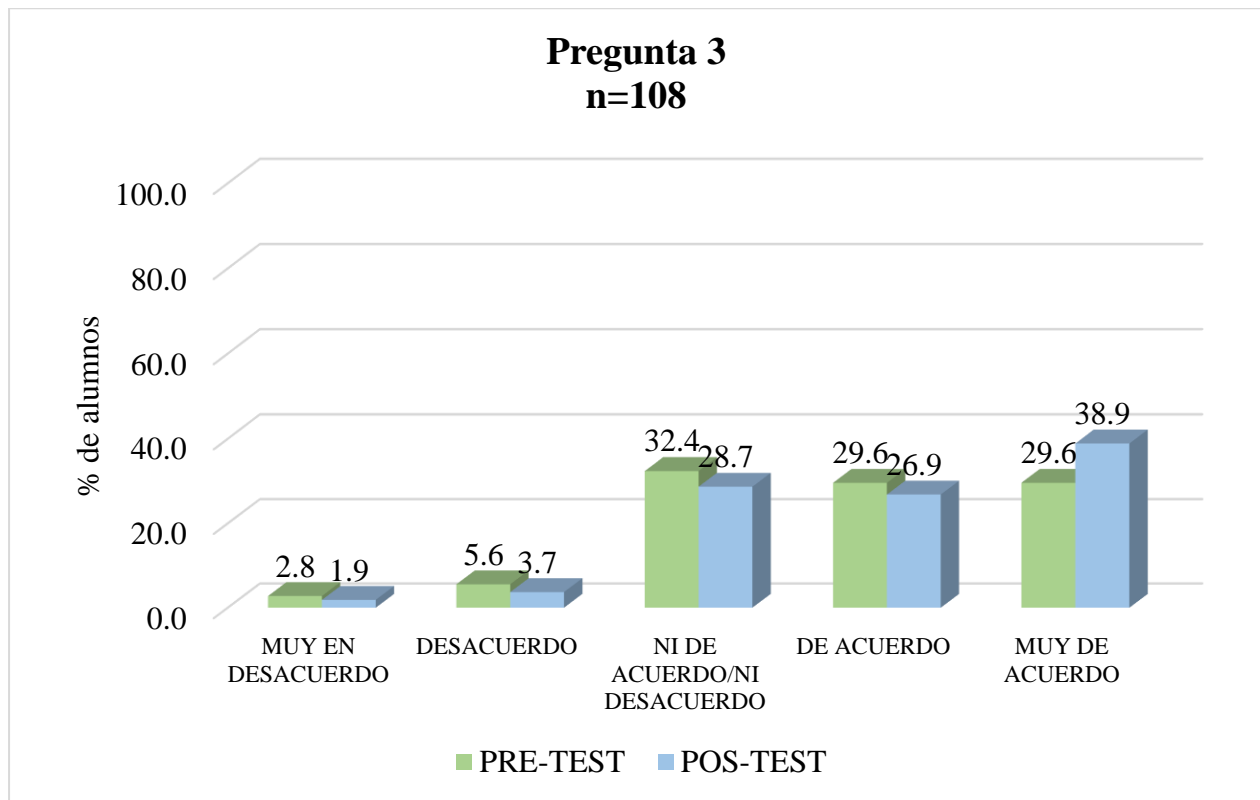


En la pregunta 2.- “la variación que existe entre los organismos de una población se puede originar mediante mutaciones”, en el *pre-test* el mayor porcentaje fue para la respuesta ND/NA con 38%, seguido de DA con 34.3%. En el *post-test* hubo un incremento en los porcentajes hacia la respuesta DA con 41.7%, seguido de MDA 27.8% (Gráfica 2). Los alumnos que contestaron en el *pre-test* ND/NA, no mostraron una postura clara, sin embargo, en el *post-test*, sus respuestas estuvieron inclinadas a MDA, de acuerdo con estos resultados sí hubo diferencias significativas  $p < 0.05$   $gl = 108$ .



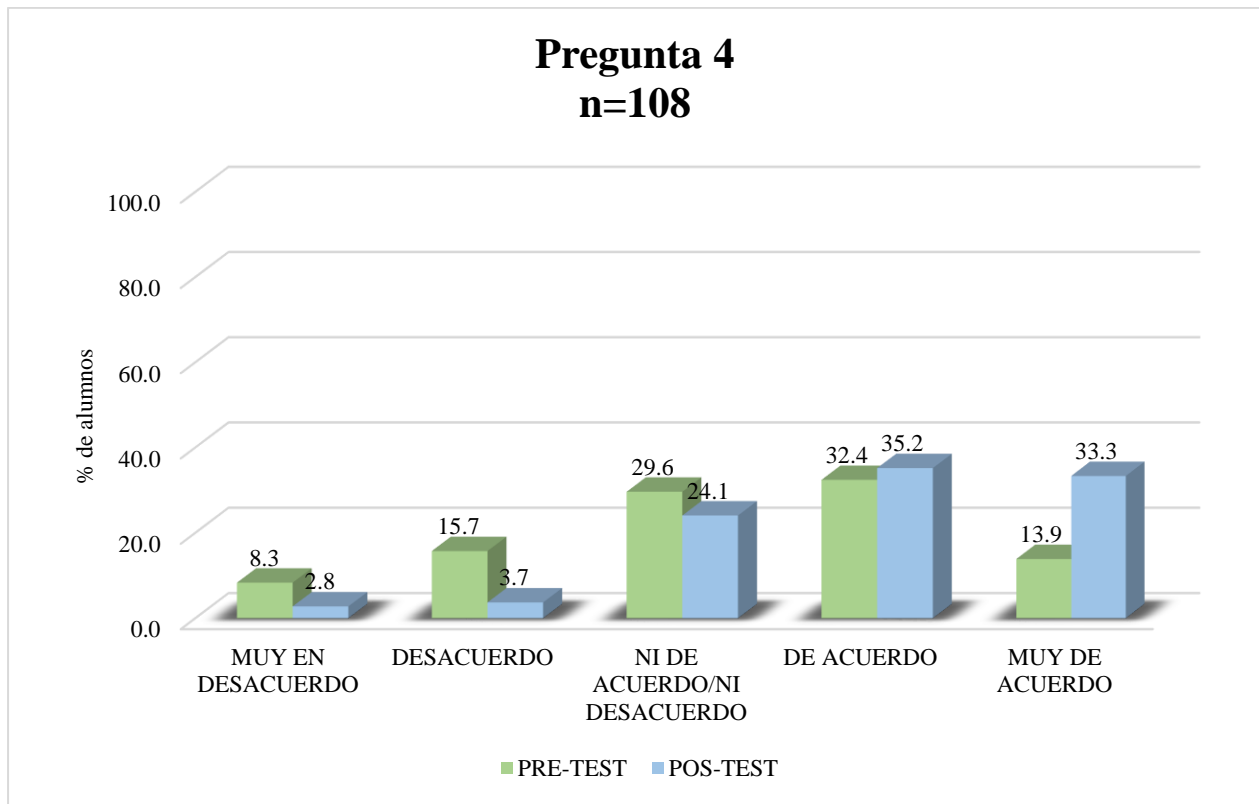
**Gráfica 2.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 2.

En el caso de la pregunta 3.-“... en realidad todos somos portadores de mutaciones”, en el pretest, el 32.4% de los alumnos respondieron ND/NA, seguido de DA Y MDA con 29.6% cada uno. En comparación con el post-test hubo un cambio, en donde 38.9% de los alumnos contestaron MDA, seguida de ND/NA con 28.7% y DA con 26.9% (Gráfica 3). La respuesta ND/NA puede indicar la falta de conocimiento para contestar la pregunta, sin embargo, en el post-test el número de alumnos que cambiaron su respuesta a MDA, sugiere que tienen la información necesaria para responder a esta pregunta asertivamente, sin embargo, a pesar de esto, las diferencias no fueron significativas ( $p > 0.05$   $gl=108$ ).



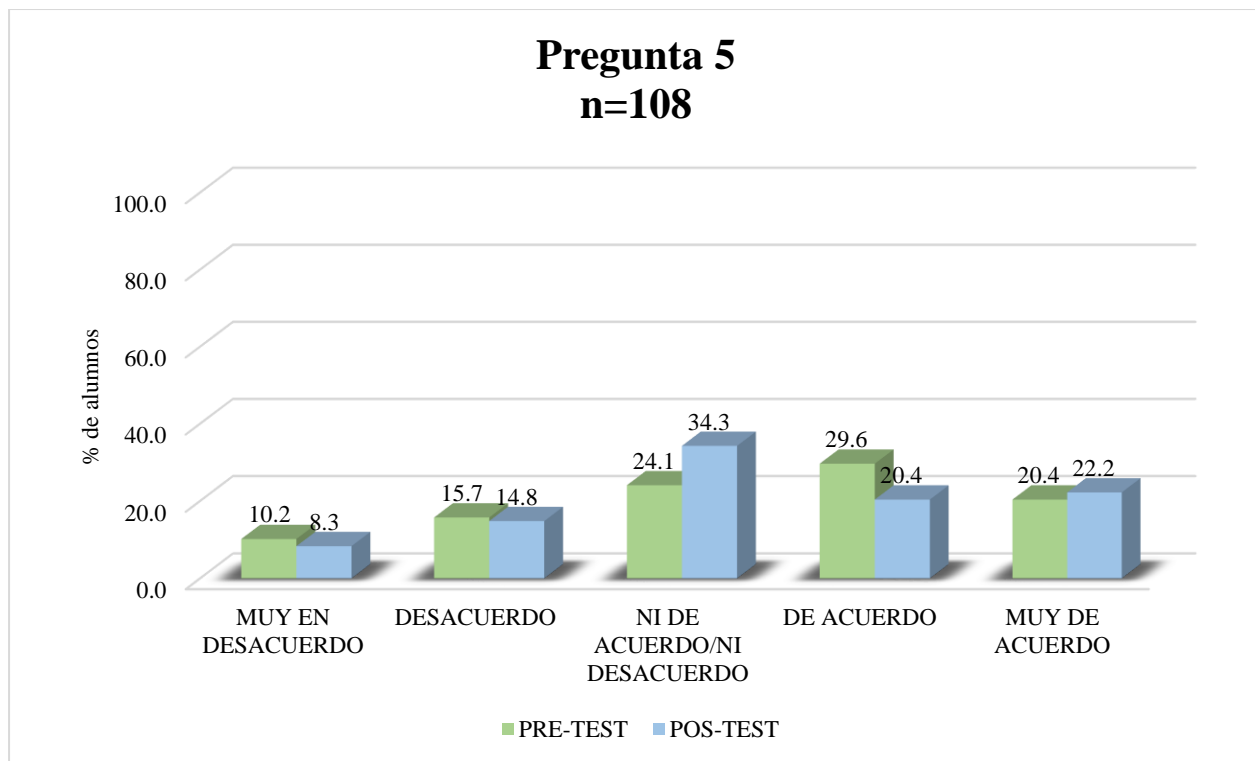
**Gráfica 3.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 3.

La pregunta 4.- “...las mutaciones son la materia prima de la evolución” en el *pre-test* respondieron DA con el 32.4 %, seguido de ND/NA con 29.6%, mientras que en el *post-test* los alumnos contestaron DA con 35.2%, seguido de MDA con 33.3%, para la respuesta ND/NA el porcentaje fue de 24.1%. En el *pre-test* los alumnos respondieron ND/NA (Gráfica 4), es decir no tenían clara la respuesta, sin embargo, en el *post-test* hubo un cambio positivo en sus respuestas al seleccionar MDA y DA, por lo que sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gl=108$ ).



**Gráfica 4.** *Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 4.*

En el caso de la pregunta 5.- “...las mutaciones surgen en un organismo y no en una población”, entre el *pre-test* y el *post-test* (Gráfica 5), la respuesta con mayor porcentaje en el *pre-test* fue para DA con 29.6%, seguido de ND/NA con 24.1%, mientras que en el *post-test* ND/NA con 34.3%, seguido de MDA con 22.2% y para DA con 20.4. En esta pregunta se esperaría que los alumnos, en el *post-test* respondieron más MDA o DA, sin embargo, su respuesta ND/NA sugiere que aún presentan confusiones, por lo que no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$   $gl=108$ ).



**Gráfica 5.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 5.

### 3.2.2 HERENCIA

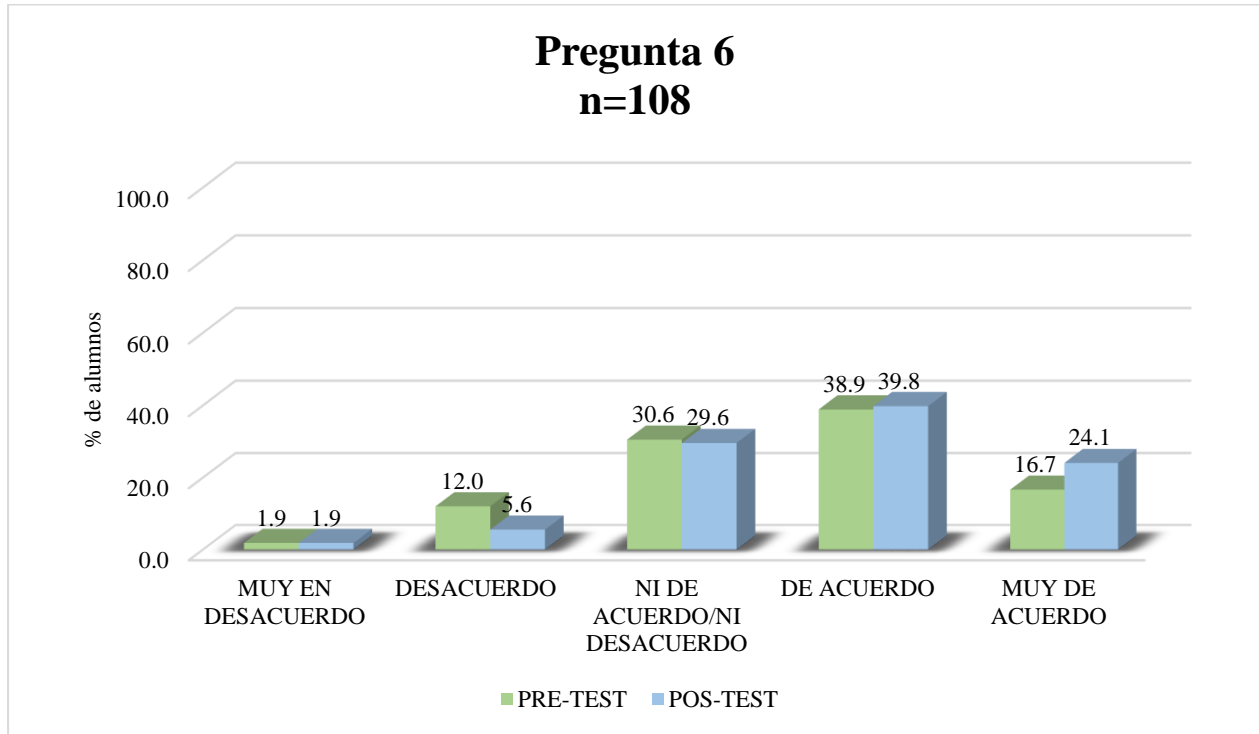
Todos los sistemas vivos varían y algunas de las diferencias se heredan, pero no todas, es decir, sólo las mutaciones que ocurren en los gametos- o en las células que originan gametos- se transmiten a la descendencia, mientras que las mutaciones que ocurren en las células somáticas se transmiten únicamente a las células hijas que se originan en mitosis. Además de relacionar a las mutaciones como fuente de variación, también es importante que los alumnos identifiquen que éstas pueden ser heredadas. En la categoría de Herencia se incluyen dos preguntas, en las cuales las respuestas esperadas son MDA y DA. En la Tabla 7 se muestran los resultados de nivel de significancia de cada una y posteriormente la descripción por pregunta.

**Tabla 7.**

*Nivel de significancia para las preguntas de la categoría: Herencia*

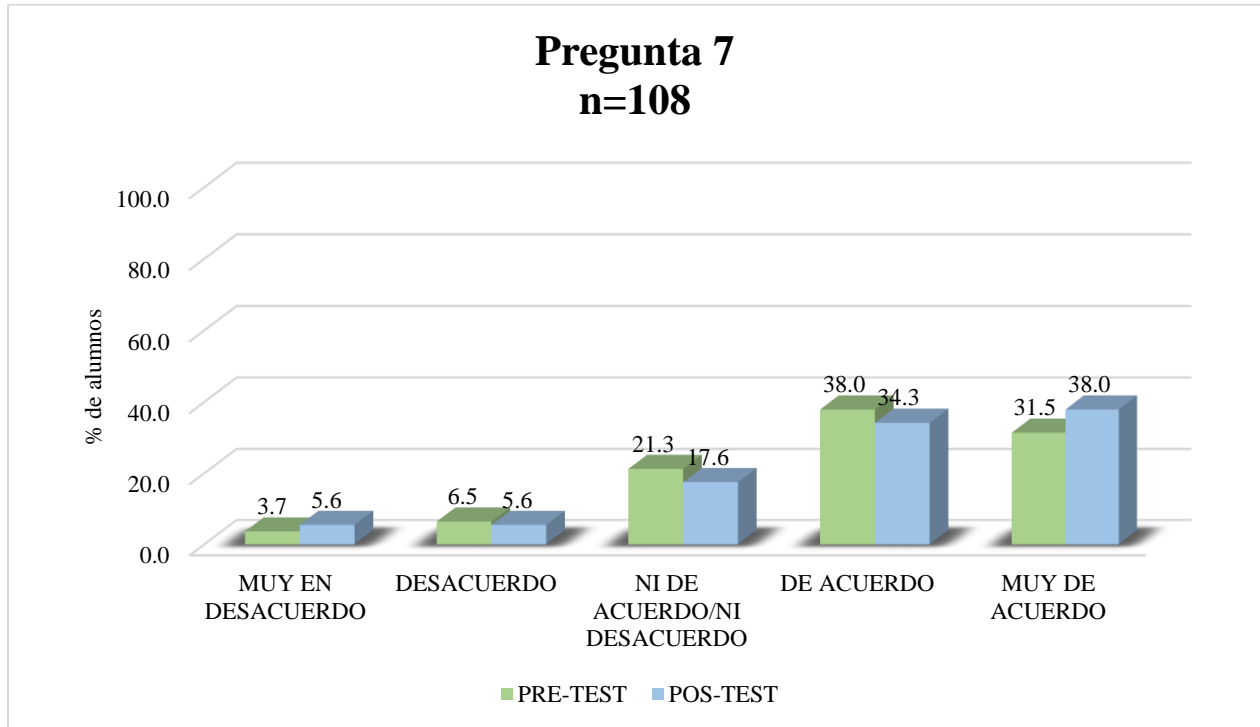
<i>Consideras que...</i>	<b>n=108</b>		
	<i>PRE-TEST</i>	<i>POST-TEST</i>	
<b>6. ...las mutaciones constituyen variaciones que son heredadas.</b>	Media	3.56	3.68
	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	0.969	0.941
	Nivel de significancia	0.137	
	p>0.05		
<b>7. ...las mutaciones pueden ser heredadas.</b>	Media	3.86	3.93
	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	1.054	1.133
	Nivel de significancia	0.514	
	(p>0.05)		

Para la pregunta 6.- “*las mutaciones constituyen variaciones que son heredadas*”, la respuesta DA fue la que obtuvo mayor porcentaje 38.9 %, para ambos test; en el *pre-test* le sigue ND/NA con 30.6% y MDA con 17.7%. Para el *post-test* ND/NA con 29.6% y MDA 23.1 % (Gráfica 6). No hubo diferencias significativas ( $p>0.05$   $gl=108$ ).



**Gráfica 6.** *Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 6.*

En el caso de la pregunta 7.- “...las mutaciones pueden ser heredadas”, en el pretest la opción de respuesta con mayor porcentaje fue DA con 37.0%, seguido de MDA con 31.5 % y ND/NA con 21.3%; en el *post-test* fue para MDA con 38.0%, seguido de DA con 33.3% y ND/NA con 17.6%. A pesar de no existir diferencias significativas ( $p > 0.05$   $gl=108$ ), se nota un ligero incremento en los alumnos que consideran que las mutaciones pueden ser heredadas (Gráfica 7).



**Gráfica 7.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 7.

### 3.2.3 PRE-ADAPTACIÓN

Las mutaciones no están dirigidas hacia una característica ventajosa o dañina para el individuo; una mutación no surge como resultado, o en anticipación de necesidades ambientales. Una mutación simplemente ocurre y a su vez, puede producir un cambio en una estructura o función de un organismo. Un individuo mutante no tiene una probabilidad de aparecer en un ambiente en el que sería seleccionado en contra. Si aparece alguna estructura: gen, cromosoma, genoma o alelo mutante que ha surgido por mutación de otro preexistente, “preadaptada” a ese ambiente determinado: no apareció como respuesta adaptativa sino que más bien resultó ser adaptativa una vez que ya había aparecido (Ayala, 1979).

Partiendo de estas ideas, la categoría pre-adaptación se elaboró con el propósito de identificar en los alumnos las ideas de que las mutaciones son fuente de características que permiten a los sistemas vivos ajustarse a su ambiente antes de exponerse a este, ya que, de acuerdo a la literatura, generalmente consideran que los organismos “se adaptan al ambiente por necesidad”, y que además, sus características son perfectas para un ambiente en específico. Estas ideas apoyan concepciones teleológicas sobre la evolución y no se considera del todo las variaciones que cada organismo posee y la acción de la Selección Natural. En la tabla 8 se muestran los resultados de esta categoría y a continuación se describe cada pregunta.

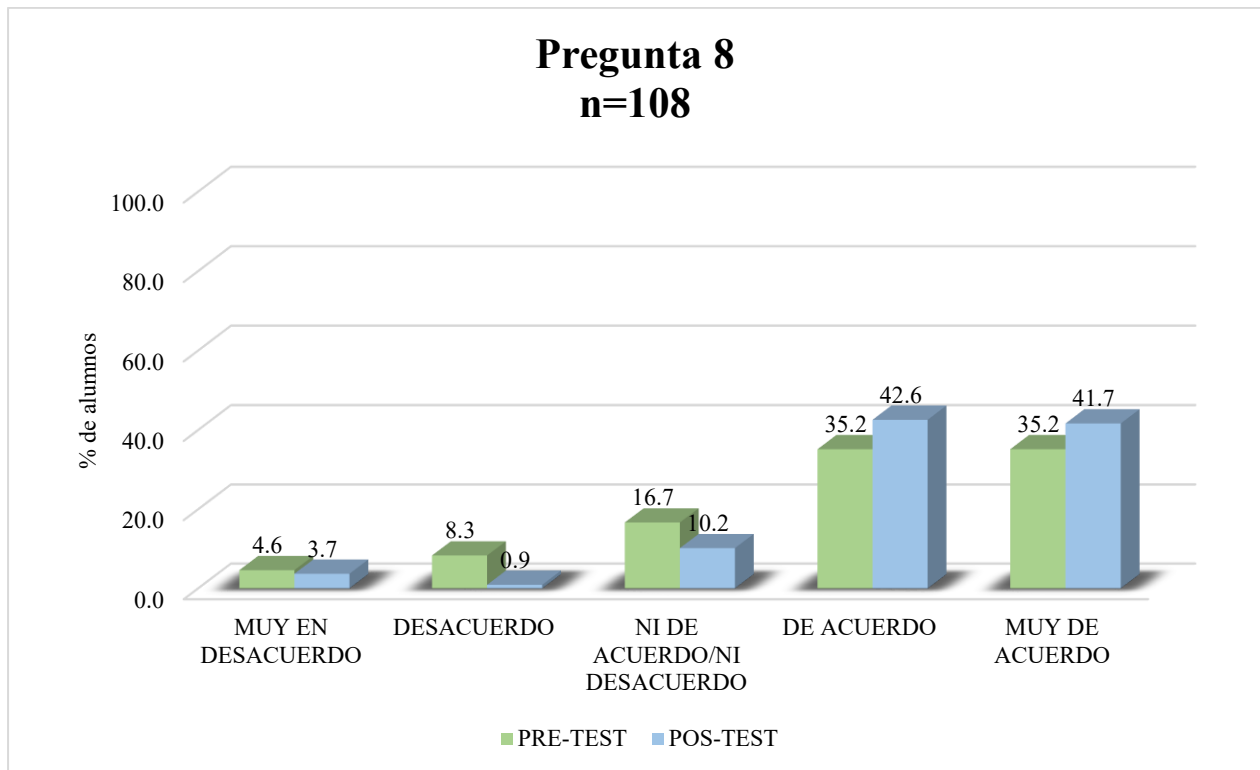
**Tabla 8.**  
*Nivel de significancia para las preguntas de la categoría: Pre-adaptación.*

<i>Consideras que...</i>	<b>n=108</b>		
	<i>PRE-TEST</i>	<i>POST-TEST</i>	
<b>8. ...dependiendo del ambiente, las mutaciones pueden ser ventajosas o no.</b>	Media	3.88	4.19
	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	1.125	0.932
	Nivel de significancia p<0.05		0.010
<b>9. ...las mutaciones permiten a los seres vivos ajustarse al medio ambiente.</b>	Media	2.94	3.15
	Mediana	3	3



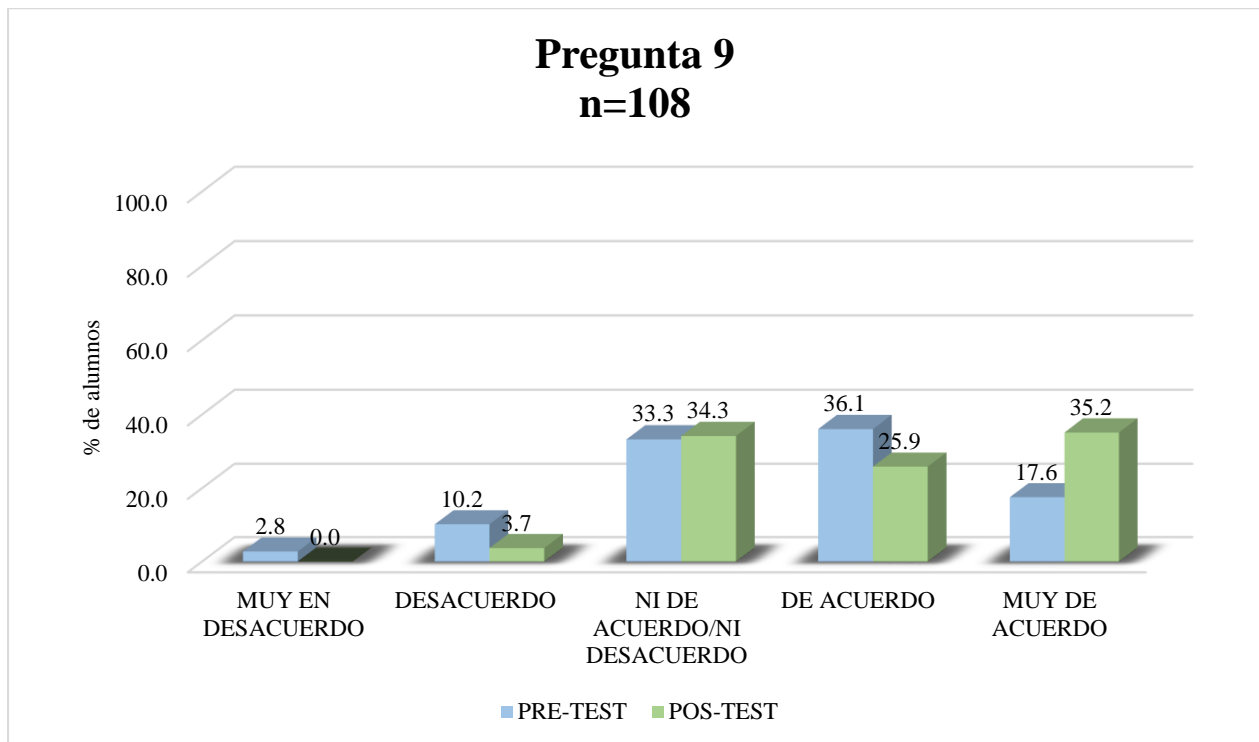
	Desv. Estándar	1.126	1.109
	Nivel de significancia		0.004
	p<0.05		
<i>10. ...algunas bacterias pueden presentar genes que les confieren resistencia a un antibiótico, antes de estar expuestas a éste.</i>	Media	3.61	3.64
	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	1.075	1.139
	Nivel de significancia		0.738
	p>0.05		

Se esperaba que las respuestas a esta categoría estuvieran dirigidas a MDA y DA. En la pregunta 8.- “...dependiendo del ambiente, las mutaciones pueden ser ventajosas o no”, sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gl=108$ ), en el *pre-test*, las opciones de respuestas con mayor porcentaje fueron MDA y DA con 35.2% cada una, seguida de ND/NA 16.7%. En el *post-test* las opciones de respuestas fueron las mismas, pero con diferencia en los porcentajes para DA 42.6% seguida de DA con 41.7% y ND/NA con 10.2% (Gráfica 8).



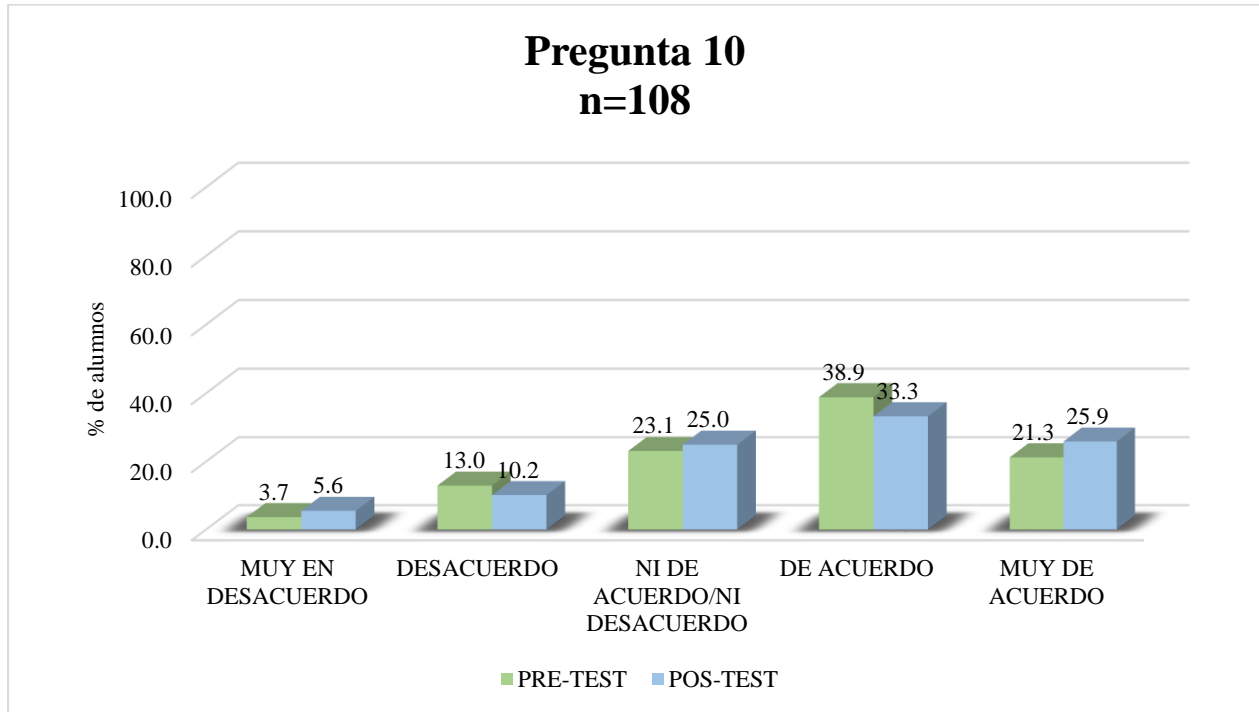
**Gráfica 8.** *Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 8.*

Para la pregunta 9.- “...las mutaciones permiten a los sistemas vivos ajustarse al medio ambiente”, sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gl=108$ ), en el pretest, las opciones de respuesta con mayor porcentaje fueron DA con 36.1% seguido de ND/NA con 33.3% y MDA con 17.6%; para el *post-test* fueron MDA con 35.2% seguido de ND/NA con 34.3% y DA con 25.9%, (Gráfica 9). En este caso, aunque los alumnos consideran que las mutaciones brindan a los organismos características adaptativas antes de estar expuestas al ambiente, los porcentajes para la respuesta ND/NA en ambas pruebas, es alto. Esto podría indicar que algunos alumnos pueden seguir presentando dudas sobre la preadaptación de los sistemas vivos.



**Gráfica 9.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 9.

Para la pregunta 10.- “...*algunas bacterias pueden presentar genes que les confieren resistencia a un antibiótico, antes de estar expuestas a éste*” no hubo diferencias significativas ( $p>0.05$   $gl=108$ ), para el *pre-test* las respuestas con mayor porcentaje fueron DA con 38.9%, seguido de ND/NA 23.1% y MDA con 21.3%, para el *post-test* fueron DA con 33.3% seguido de MDA con 25.9% y ND/NA con 25% (Gráfica 10).



**Gráfica 10.** *Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 10.*

Los alumnos consideran que las mutaciones pueden o no brindarles ventajas a los organismos, esto dependiendo de su ambiente, pero en cuanto se les pregunta sobre un organismo en específico, en este caso las bacterias, dudan sobre ello, pues los porcentajes de ND/NA, son similares y altos junto con las respuestas correctas MDA y DA.

### 3.2.4 POST-ADAPTACIÓN

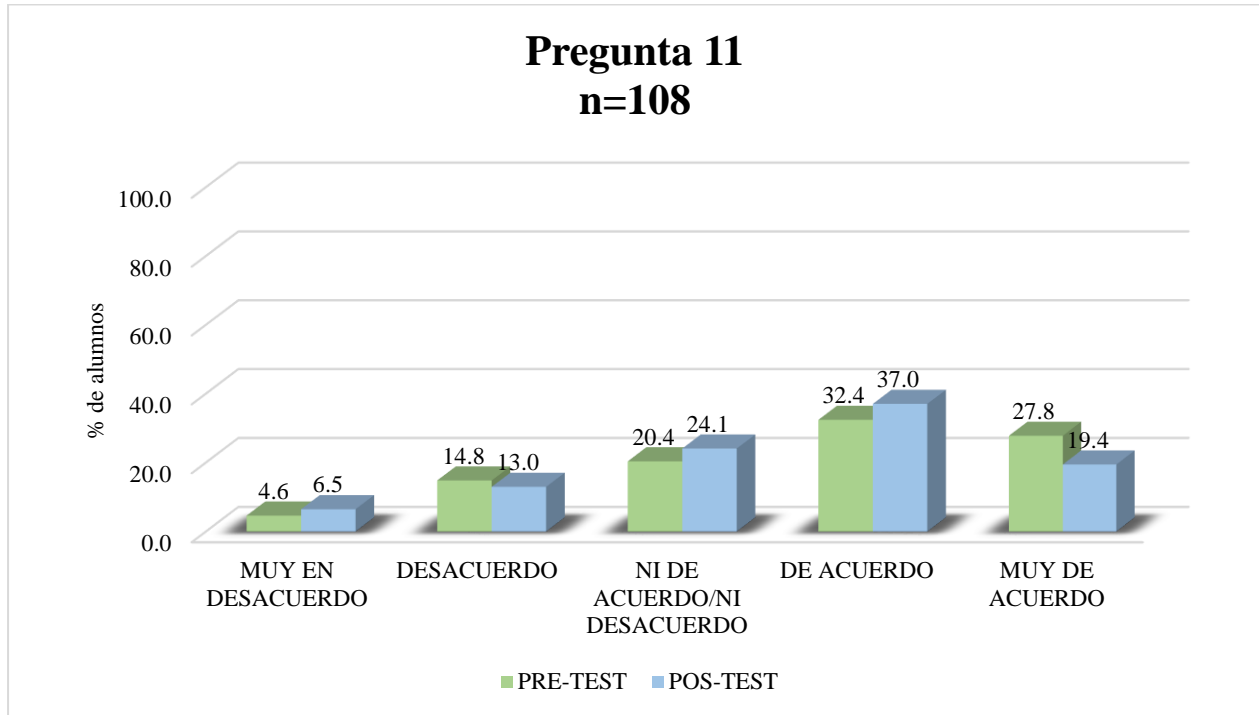
La idea post-adaptativa surgió para denominar aquellas explicaciones que hacen referencia a que los sistemas vivos se adaptan en respuesta al ambiente en el que se encuentran, es decir, que apareció una característica como respuesta adaptativa. Se recurre a lo que planteaba Lamarck, con su ley del “uso y el desuso”. Lo que se buscó en esta categoría fue identificar en los alumnos las ideas relacionadas con que los organismos ya presentan características pre-adaptativas, por lo que se esperaba que las respuestas en esta categoría fueran Muy en Desacuerdo (MDS) y Desacuerdo (DS). Sin embargo, los resultados fueron diferentes. En la tabla 9 se muestran los niveles de significancia y más adelante se describen los resultados por cada pregunta.

**Tabla 9.**

*Nivel de significancia para las preguntas de la categoría: Post-adaptación.*

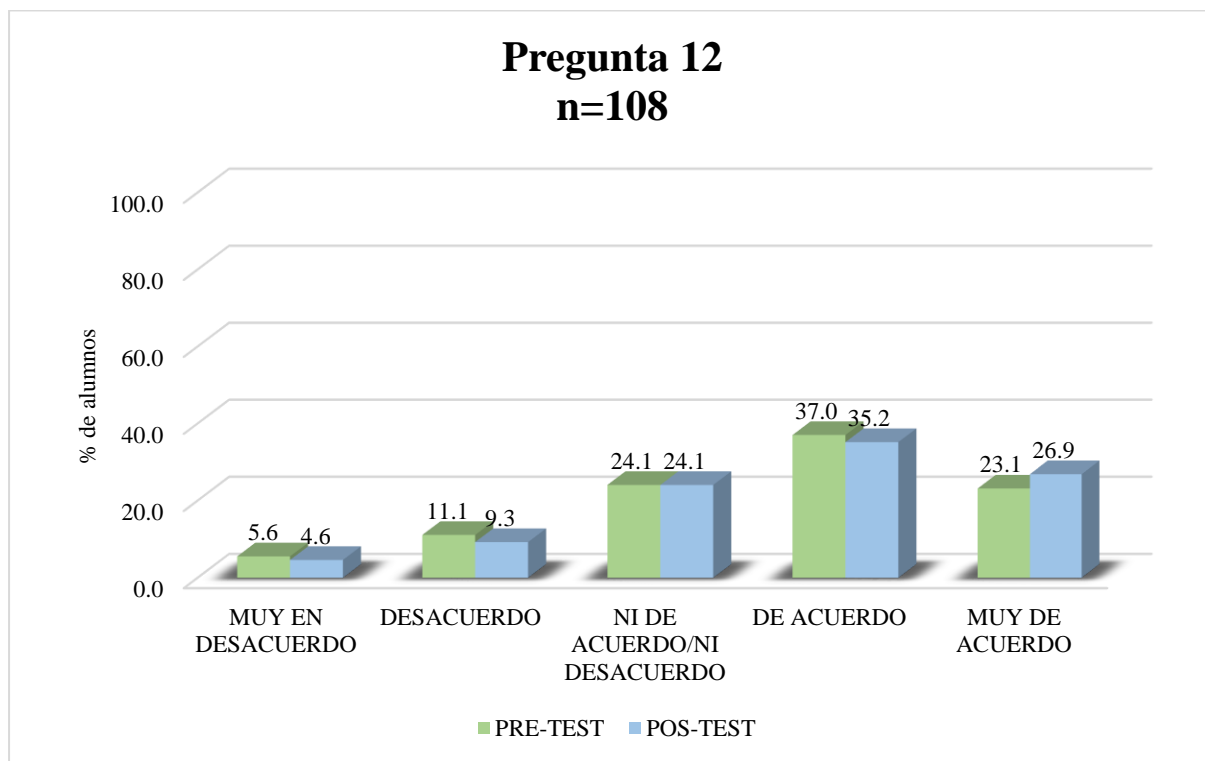
<i>Consideras que...</i>	<b>n=108</b>		
	<i>PRE-TEST</i>	<i>POST-TEST</i>	
	Media	3.61	2.5
<i>11. ...las bacterias se hacen resistentes cuando se exponen a un antibiótico.</i>	Mediana	4	2
	Desv. Estandar	1.198	1.114
	Nivel de significancia		0.000
	p<0.05		
	Media	3.6	3.71
<i>12. ...el uso de DDT (insecticida) cambió las poblaciones de mosquitos para que fueran resistentes.</i>	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	1.127	1.111
	Nivel de significancia		0.212
	p>0.05		

En la pregunta 11.- “... las bacterias se hacen resistentes cuando se exponen a un antibiótico”, las opciones de respuesta con mayor porcentaje en el pretest son DA con 32.4%, MDA con 27.8% y ND/NA con 20.4 %; para el *post-test* DA con 37.0%, ND/NA con 24.1% y MDA con 19.4% (Gráfica 11). Sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gI = 108$ ).



**Gráfica 11.** *Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 11.*

Para la pregunta 12.- “...el uso de DDT (insecticida) cambio las poblaciones de mosquitos para que fueran más resistentes”, las opciones de respuesta para el *pre-test* fueron DA con 36.1%, MDA con 23.1% y ND/NA con 24.1%, en el *post-test* DA con 34.3%, MDA con 26.9% y ND/NA con 24.1% (Gráfica 12). No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$   $gl=108$ ).



**Gráfica 12.** Respuestas del pre y el post-test, pregunta 12.

Pese a la anterior categoría de pre-adaptación, los alumnos estuvieron de acuerdo en que los sistemas vivos pueden presentar mutaciones que les confieren ventajas o no independientemente del ambiente. En esta categoría de post-adaptación se esperarían que se mantuvieran en esa posición y ante las preguntas sobre si los organismos presentan características adaptativas en respuesta a un ambiente determinado, en este caso el DDT o el antibiótico su respuesta fuera negativa es decir de MDS o DS.

### 3.2.5 INFLUENCIA DE CIENCIA FICCIÓN

Existen múltiples películas que utilizan conceptos científicos, como son las mutaciones, por ejemplo, el personaje de "Hulk" se expuso a radiaciones extremas de rayos gamma que provocaron afectaciones en su DNA; "Spiderman" fue mordido por una araña radioactiva; los "4 Fantásticos" fueron expuestos a radiación cósmica; los "X-Men" poseen un rasgo genético llamado Gen-X, por mencionar algunos.

Lo que tienen en común es que estas modificaciones en su material genético les han permitido desarrollar naturalmente poderes y habilidades sobrehumanas. En otros personajes, las mutaciones provocan enfermedades o condiciones poco favorables (Grau y Manuel, 2002). Si no se tienen las bases conceptuales sobre genética hacia las mutaciones, es probable que estas explicaciones se utilicen en la vida cotidiana.

Con el fin de identificar la percepción de los alumnos sobre las mutaciones, en el sentido de ser fuente de características físicas aberrantes, sobrehumanas y cuyo origen es desconocido, o provocado por fuentes externas como radiaciones, se realizó esta categoría compuesta de ocho ítems. Las respuestas esperadas para estas preguntas eran MDS y DS, a excepción de la pregunta 20. En la tabla 10, se muestran los resultados de nivel de significación, posteriormente se describen los resultados obtenidos por cada pregunta.

**Tabla 10.**

*Nivel de significancia para las preguntas de la categoría: Influencia de la ciencia ficción*

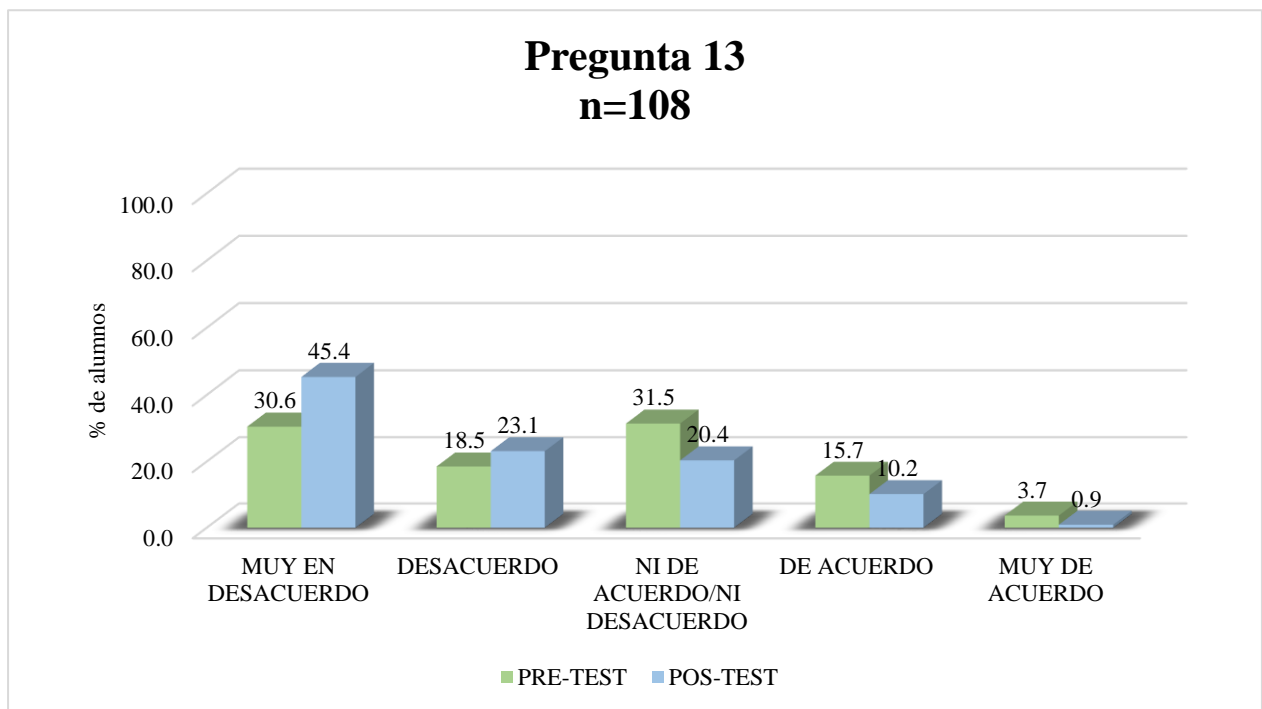
<i>Consideras que...</i>	<b>n=108</b>		
	<i>PRE-TEST</i>	<i>POST-TEST</i>	
	Media	3.56	4.05
<i>13. ...un mutante tiene características sobrehumanas.</i>	Mediana	3	4
	Desv. Estándar	1.186	1.062
	Nivel de significancia		0.002
	p<0.05		
	Media	2.94	3.15



<b>14. ...las mutaciones generan en los organismos características superiores a los demás organismos.</b>	Mediana	3	3
	Desv. Estándar	1.126	1.109
	Nivel de significancia		0.254
	p>0.05		
<b>15. ...un organismo mutante es un monstruo.</b>	Media	1.4	1.4
	Mediana	1	1
	Desv. Estándar	0.842	0.874
	Nivel de significancia		0.728
<b>16. ...las mutaciones causan solo enfermedades o malformaciones.</b>	Media	2.4	3.8
	Mediana	2	4
	Desv. Estándar	1.178	1.148
	Nivel de significancia		0.000
<b>17. ... un fenómeno es un organismo que presenta características físicas aberrantes o monstruosas ocasionadas por mutaciones.</b>	Media	2.1	2.1
	Mediana	2	2
	Desv. Estándar	1.139	1.271
	Nivel de significancia		0.978
<b>18. ...los cambios físicos que sufrió Peter Parker debido a la mordedura de una araña radioactiva modificaron su material genético. Esta es una forma de generar y transmitir mutaciones en los organismos.</b>	Media	3.53	3.66
	Mediana	4	4
	Desv. Estándar	1.271	1.462
	Nivel de significancia		0.803
<b>19. ...las radiaciones, ocasionan mutaciones en el material genético que pueden brindar mejores características físicas.</b>	Media	2.77	2.66
	Mediana	3	3
	Desv. Estándar	1.124	1.124
	Nivel de significancia		0.487

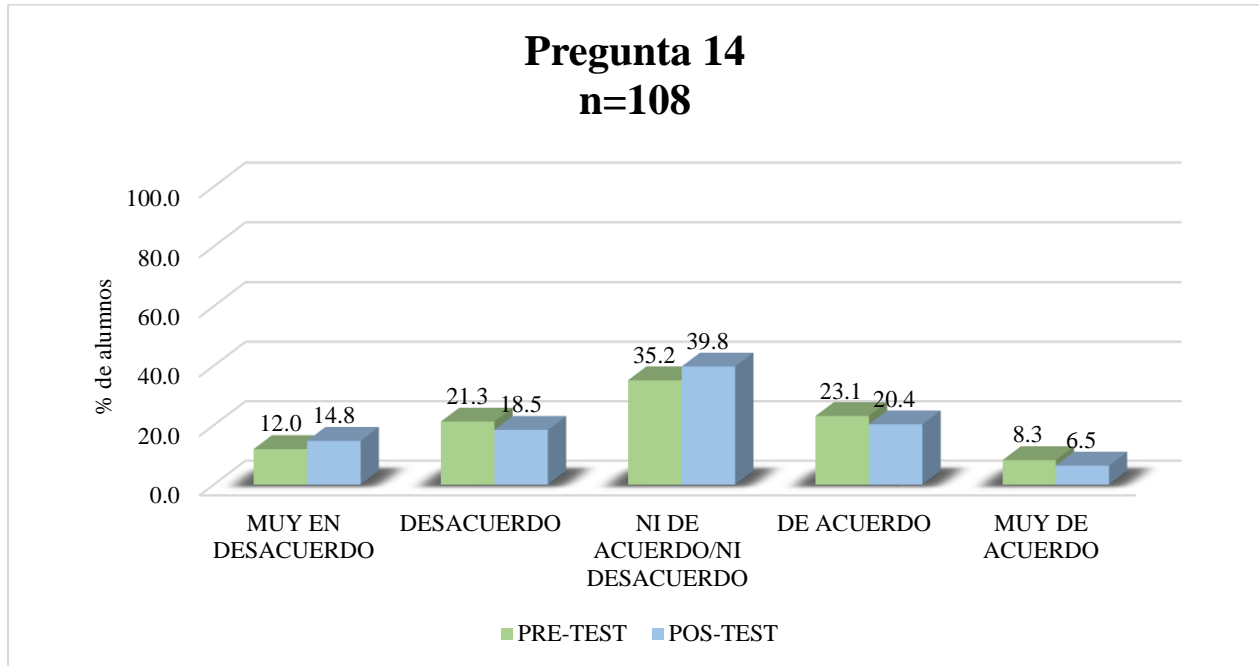
		p>0.05	
<b>20. ...las mutaciones surgen espontáneamente.</b>	Media	2.81	2.83
	Mediana	3	3
	Desv. Estándar	1.276	1.219
	Nivel de significancia		0.925
		p>0.05	

En la pregunta 13.- “...un mutante tiene características sobrehumanas”, para el *pre-test* las respuestas con mayor porcentaje fueron: ND/NA con 31.5%, MDS con 30.6% y DS con 18.5%, para el *post-test* MDS con 45.4%, DS con 23.1% y ND/NA con 20.4% (Gráfica 13). Sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gl=108$ ).



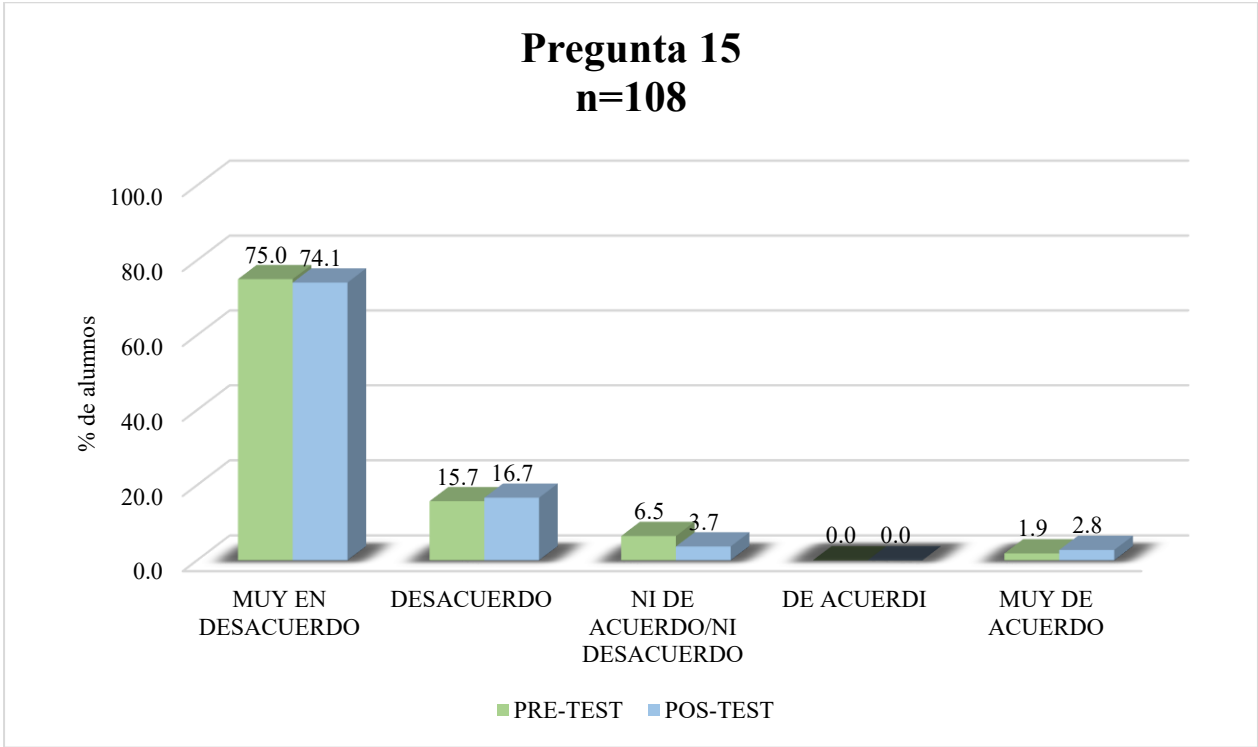
**Gráfica 13.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 13.

En la pregunta 14.- “...las mutaciones generan en los organismos características superiores a los demás organismos”, se esperaba respuestas de MDS y DS, en el *pre-test* el mayor porcentaje fue para DS y ND/NA 30.6% cada uno y DA 18.5%. En el *post-test*, cambió a ND/NA con 36.1%, DS con 23.17% y MDS con 18.5% (Gráfica 14), no hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$   $gl = 108$ ).



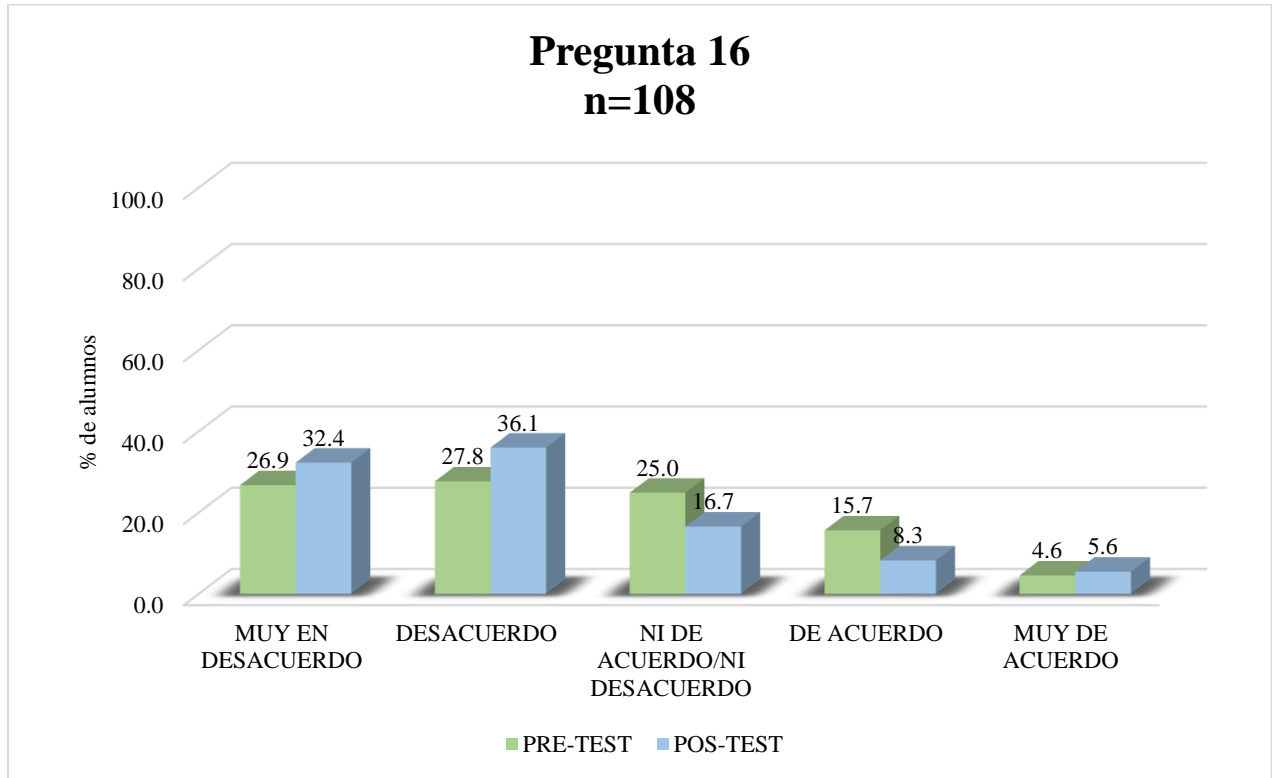
**Gráfica 14.** *Respuestas del pre y el post-test, pregunta 14.*

Para la pregunta 15.- “...un organismo mutante es un monstruo”, para el pre y post-test la respuesta con mayor porcentaje fue MDS con 75% y 74%, seguidas de DS con 16% y 17% respectivamente (Gráfica 15). No hubo diferencias significativas ( $p>0.05$   $gl=108$ ).



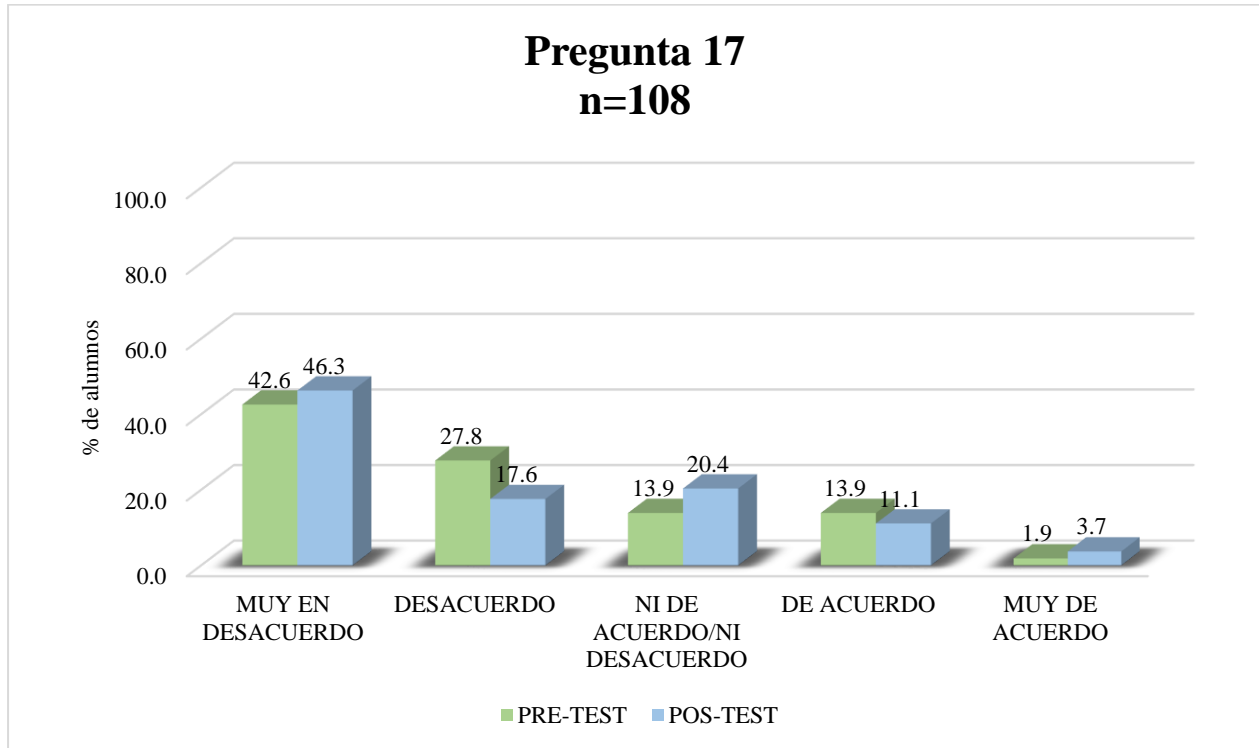
**Gráfica 15.** *Respuestas del pre y el post-test, pregunta 15.*

En la pregunta 16.-“...las mutaciones causan solo enfermedades o malformaciones”, la respuestas con mayor porcentaje fueron, DS con 27.8%, MDS con 26.9% y ND/NA con 25%, para el *post-test* 36.1%, MDS con 32.4% y ND/NA con 16.7% (Gráfica 16). Sí hubo diferencias significativas ( $p < 0.05$   $gl=108$ ).



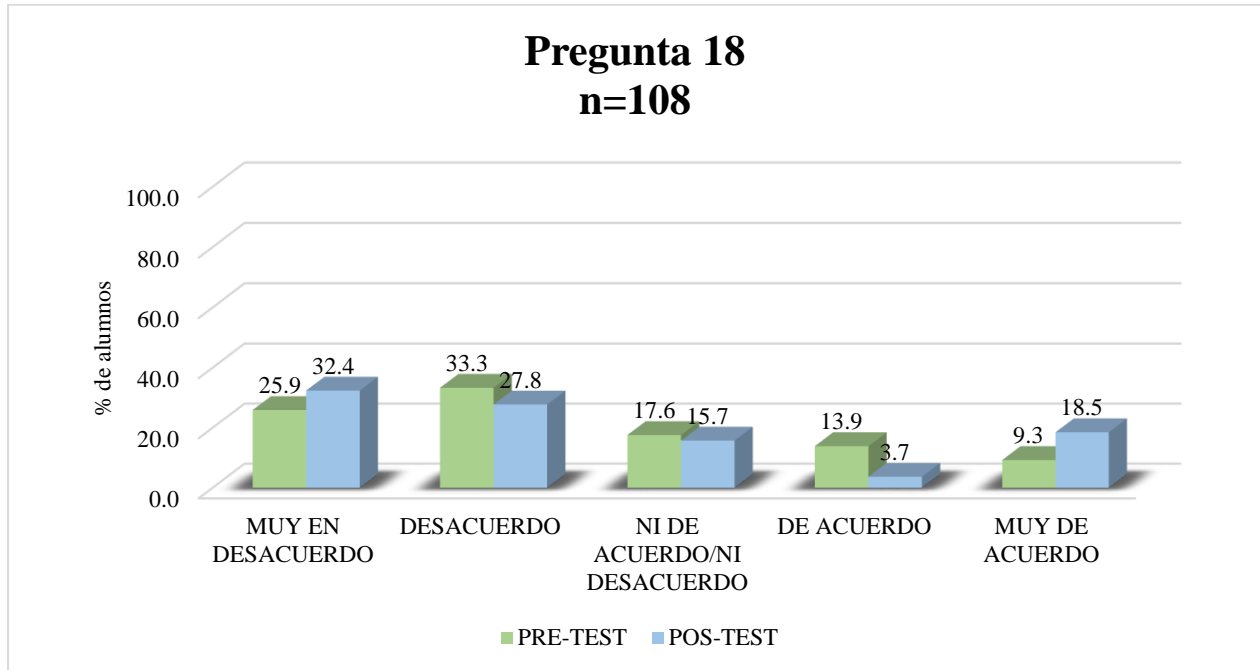
**Gráfica 16.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 16.

En la pregunta 17.-“ ...un fenómeno es un organismo que presenta características físicas aberrantes o monstruosas ocasionadas por mutaciones”, para el *pre-test* las respuestas con mayor porcentaje fueron MDS con 42.6%, DS con 27.8% y ND/NA con 13.9%;, para el *post-test*, MDS con 46.3%, ND/NA con 20.4%, DS con 17.6% (Gráfica 17). No hubo diferencias significativas ( $p>0.05$   $gl=108$ ).



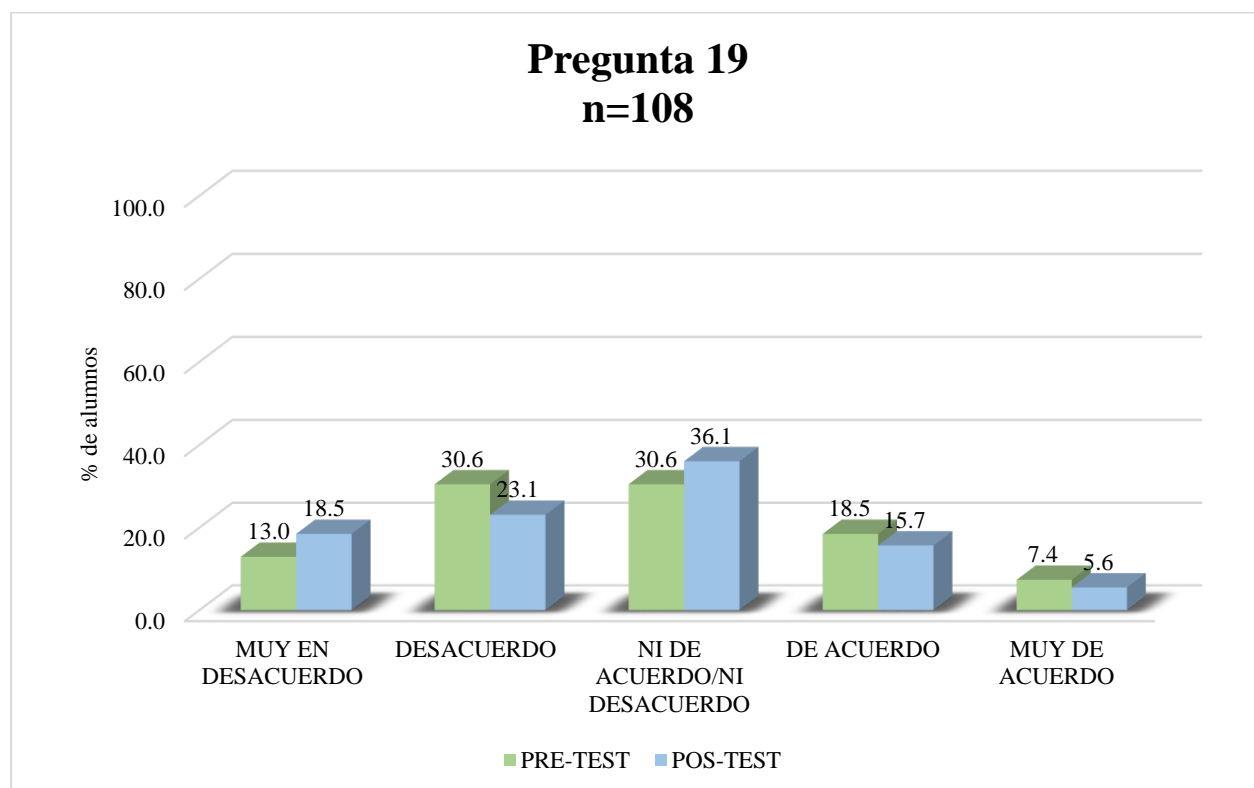
**Gráfica 17.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 17.

En la pregunta 18.- “...los cambios físicos que sufrió Peter Parker debido a la mordedura de una araña radiactiva, modificaron su material genético. Esta es una forma de generar y transmitir mutaciones en los organismos”, en cuanto a los porcentajes de respuesta en el pretest, DS con 33.3%, MDS con 25.9% y ND/NA con 17.6%, en el *post-test* MDS con 32.4%, DS con 33.3% y MDA con 18.5% (Gráfica 18). No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$   $gl=108$ ).



**Gráfica 18.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 18.

Para la pregunta 19.- “ las radiaciones, ocasionan mutaciones en el material genético que pueden brindar mejores características físicas”, en el *pre-test* las respuestas con mayor porcentaje fueron DS y ND/NA con 30.6% cada una y DA con 18.5%; para el *post-test*, ND/NA con 36.1%, DS con 23.1% y MDS con 18.5% (Gráfica 19). No hubo diferencias significativas ( $p > 0.05$   $gl=108$ ).

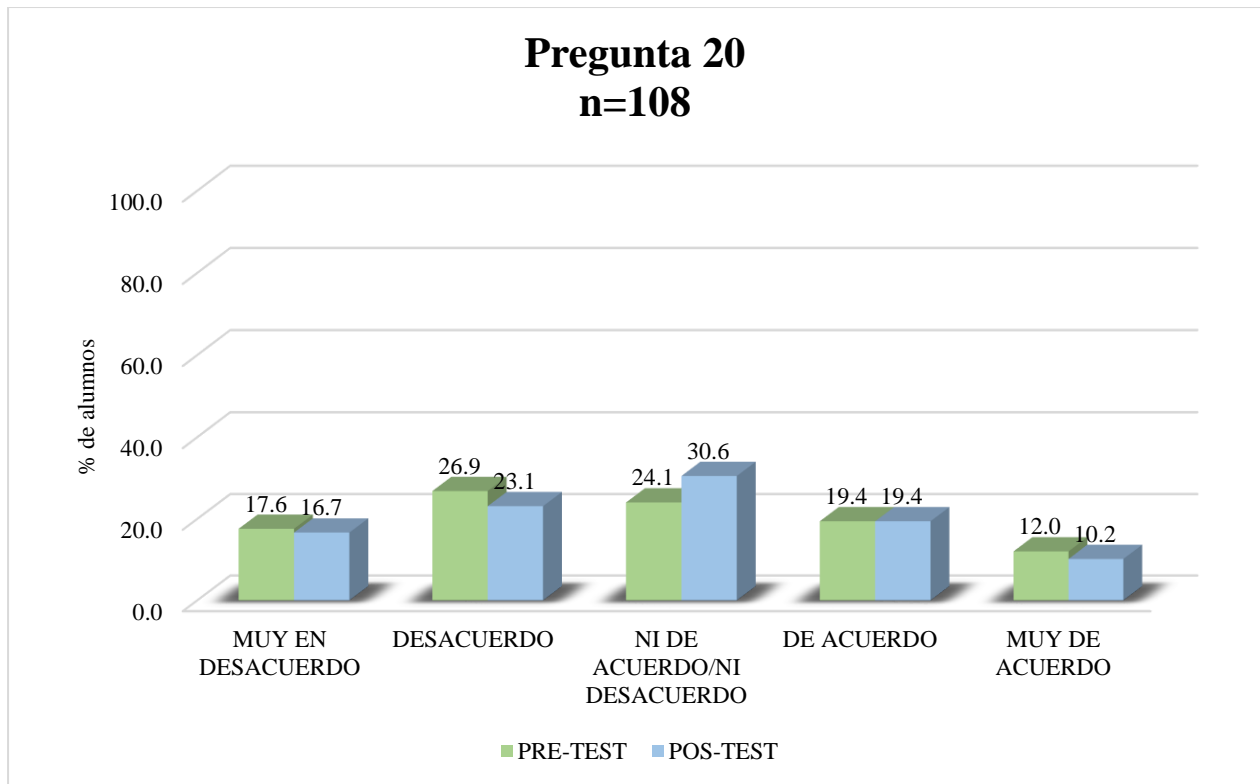


**Gráfica 19.** Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 19.

Los *alumnos* presentan desacuerdo sobre la relación de las mutaciones como fuente de características sobrehumanas o de enfermedades, tampoco consideran que las radiaciones son el origen.



Por último, en la pregunta 20.- “...las mutaciones surgen espontáneamente”, se esperaba que las respuestas estuvieran *dirigidas* hacia MDA o DA, sin embargo, las respuestas con mayor porcentaje fueron DS con 26.9%, ND/NA con 24.1% y DA con 19.4%, para el *post-test* ND/NA con 30.6%, DS con 23.1% y DA con 19.4% (Gráfica 20). No hubo diferencias significativas ( $p>0.05$   $gl=108$ ). Aunque en casos particulares, conocemos qué agentes químicos y físicos provocan mutaciones, por ejemplo las radiaciones, también hay que mencionar que las mutaciones ocurren de manera espontánea.



**Gráfica 20.** *Respuestas del pre y el pos-test, pregunta 20.*

### 3.3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Se revisaron seis libros de los nueve que aparecen al final de la Unidad 3 en el Programa de Estudios de la asignatura de Biología I-II, en la tabla 11 se muestra cómo se aborda en cada libro el concepto de mutación, desde su definición, la relación con la variación y con la evolución.

**Tabla 11.**

Descripción de cómo se maneja el concepto de mutación, en los libros sugeridos para los alumnos en el Programa de Estudios de Biología I-II

LIBRO	DEFINICIÓN MUTACIÓN	MUTACIÓN- VARIACIÓN	MUTACIÓN- EVOLUCIÓN
<b>Audesirk, Teresa, Gerald Audesirk y Bruce Byers (2012). <i>Biología. La vida en la Tierra</i>. México: Pearson.</b>	<i>“Los cambios en la secuencia de bases del ADN suelen dar por resultado un gen defectuoso, lo que se llama una <b>mutación</b>. En la mayor parte de las células, las mutaciones se reducen al mínimo por la replicación extremadamente precisa del ADN, la “revisión de originales” del ADN recién sintetizado y la reparación de todos los cambios del ADN que puedan ocurrir aun cuando se replica el ADN”</i>	<i>“Las <b>mutaciones</b> son la <b>fuerza original de la variabilidad genética</b>. Una población permanece en equilibrio evolutivo sólo si no hay <b>mutaciones</b> (cambios en la secuencia del DNA). La mayoría de las mutaciones tiene lugar durante la división celular, cuando una célula debe una copia de su DNA”</i>	<i>“El efecto acumulado de las <b>mutaciones</b> es esencial para la <b>evolución</b>. La mayoría de los organismos tiene un gran número de genes diferentes, de manera que incluso si la proporción de mutaciones es baja para cualquier gen, ese reducido número de posibilidades significativas de que cada nueva generación de una población quizá incluirá algunas mutaciones”</i>
	<i>“Las mutaciones van de cambios en pares de nucleótidos simples a desplazamientos de grandes piezas de cromosomas” (pág. 213)</i>		

---

Campbell, Neil, Lawrence Mitchel y Jane Reece (2001). *Biología, conceptos y relaciones.* México: Pearson Educación. “Una **mutación** es un cambio aleatorio en el ADN de un organismo que crea nuevo alelo” (pág. 271)

“Las **mutaciones** y la recombinación sexual, los cuales son **procesos aleatorios**, producen **variación genética**... Las **mutaciones** pueden **generar realmente nuevos alelos**” (pág. 271)

“**la mutación es vital para la evolución**, debido a que ésta es la **única fuerza que realmente genera nuevos alelos**. De este modo, la **mutación es la fuente fundamental de la variación genética**, la cual sirve como **materia prima para la evolución**” (pág. 273)

---

Curtis, Helena, Sue Barnes, Adriana Shenk y Graciela Flores (2007). *Invitación a la biología.* Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana “Hugo de Vries, hace más de 100 años, definió la **mutación** basándose en las variaciones observables de características que aparecen en el fenotipo, y conjeturó que estas variaciones debían de corresponder a cambios en los genes que luego se transmitirán a la progenie.” (pág. 176)

“...para los biólogos modernos, la **variabilidad** es una característica inherente de la población; no existe un tipo ideal, sino una gama de variantes cuyas frecuencias van cambiando en el tiempo y en el espacio y cada una de esas variantes resulta más o menos ventajosa, de acuerdo con las condiciones del ambiente.”

“...a la luz del conocimiento actual, la definición es algo diferente **una mutación es un cambio en la secuencia o en el número de nucleótidos en el ADN de una célula.**”

“A su vez, cabe destacar que, si bien una parte de la **variabilidad** es apreciable a partir de diferencias fenotípicas, existe una gran cantidad de **variabilidad genética** que permanece oculta ya que

“...al mismo tiempo, las nuevas variantes que surgen debido a la mutación resultan de suma importancia para la población, ya que aportan nueva materia prima sobre la cual operan los **procesos del cambio evolutivo**” (pág. 256-257)

sólo se manifiesta a partir de cruzamientos que exponen de manera fenotípica aquellas variantes alélicas que sólo se expresan en homocigosis.  
(pág. 256-260)

**Oram, Raymond (2007).** *Biología. Sistemas biológicos.* México: McGraw-Hill/ Interamericana. “Los mecanismos que controlan la transferencia de los rasgos hereditarios de una célula a las células hijas, por lo regular producen resultados precisos. Sin embargo, cuando ocurren errores en la duplicación del material genético, las células hijas contienen material distinto al de las células parentales. Estos errores se llaman **mutaciones** y pueden surgir por cambios en genes específicos o en la disposición de estos en un cromosoma”  
(pág. 261)

“Cuanto mayor es la **variabilidad genética** de una población, mayor es su tasa de evolución. Además, al tener **variabilidad genética** entre sus individuos, puede protegerse frente a futuros cambios ambientales y tener mayores tasas de **sobrevivencia**”

“Son alteraciones en el material genético, a diferencia de las fuentes de **variabilidad** vistas anteriormente (reproducción sexual) las mutaciones son las únicas que pueden generar **cambios evolutivos importantes**”

**Sadava, David, Graig Heller, Gorden Orians, Willians Purves y David Hillis (2009).** *Vida. la ciencia de la biología.* México: Editorial Médica Panamericana. “Las **mutaciones** son cambios heredados en los genes... los nuevos alelos resultantes pueden producir fenotipos alterados (plantas de guisantes bajas en lugar de altas)”  
(pág.274)

“El origen de la **variabilidad genética** es la **mutación**. Las velocidades de mutación son muy bajas para numerosos loci estudiados”

“...Las **mutaciones** son la **materia prima** para la **evolución**. Sin **mutación**, no **habría** **evolución**. Las **mutaciones** no impulsan la **evolución**, pero **proporcionan** la **diversidad genética** sobre la cual actúan **la línea germinal** también

---

son esenciales para la vida, ya que proporcionan **la selección natural y otros agentes**”

la **diversidad genética** Pág.277

sobre la que actúan las fuerzas de la evolución” (pág.494)

Si bien, todas las mutaciones son sucesos raros, su frecuencia varía entre los organismos y entre los genes dentro de un organismo.”

“Las **mutaciones** pueden dañar el organismo que las porta o pueden ser neutrales (no tienen efecto sobre la capacidad del organismo para sobrevivir o producir descendencia). De vez en cuando, una mutación beneficia la adaptación de un organismo a su medio o se vuelve favorable cuando las condiciones ambientales cambian”

Pág.278

---

**Solomon, Eldra, Linda Berg y Diana Martin (2008). Biología. México: McGraw Hill Interamericana.** “Las **mutaciones** con pequeños efectos fenotípicos, incluso si son ligeramente dañinas, tienen una mejor posibilidad de incorporarse en la población, en la que, en algún momento posterior en diferentes condiciones ambientales, puede producir fenotipos que sean útiles o adaptativos” (pág. 416)

“La **variación** se introduce en una población por medio de **mutaciones**, que son cambios impredecibles en el DNA”, (pág.416)

“Las **mutaciones**, que son la fuente de todos los nuevos alelos, resultan en 1) un cambio en los pares de bases de un nucleótido

“La **mutación** comúnmente es despreciable como fuerza evolutiva, pero es **esencial para el proceso evolutivo** porque es la fuente más importante de variación genética”

(pág. 416)

---

*“Enfermedades genéticas de un gen 2) un causadas por mutaciones de reordenamiento de genes genes individuales: la dentro de los cromosomas fenilcetonuria y la alcaptonuria, de modo que sus son ejemplo de desórdenes, a los interacciones producen que a veces se les llama errores diferentes efectos o 3) un innatos del metabolismo, un cambio en la estructura de desorden metabólico causado los cromosomas”*

*por la mutación de un gen que (Pág.416)*

*codifica una enzima necesaria en una vía bioquímica”*

*Pág. 358*

***“Enfermedades genéticas se heredan como rasgos autosómicos recesivos:***

*Fenilcetonuria*

*Anemia falciforme*

*Fibrosis quística*

*Tay-sachs*

***Enfermedades genéticas se heredan como rasgos autosómicos dominantes.***

*Enfermedad de Huntington”*

*(pág. 358-359)*

---

**Star, Cecie y Ralph Taggart. (2004).** *Biología: la unidad y diversidad de la vida.* México: Thomson

*“las mutaciones son cambios a pequeña escala en la secuencia de nucleótidos del ADN de la célula. Uno o más nucleótidos pueden ser sustituidos por otro o se pierden, o bien se insertan otros. Dichos cambios pueden alterar las instrucciones*

*Las mutaciones son la fuente original de nuevos alelos, ... muchas mutaciones dan lugar a alteraciones estructurales, funcionales o de comportamiento que reducen la probabilidad*

***“Mecanismos que impulsan la evolución:*** *La mutación, la selección natural y otros procesos microevolutivos afectan las frecuencias de alelos de un locus genético en la población”*

---

---

*genéticas codificadas en el ADN de que el individuo (pág. 279)*  
*y obtener un producto genético sobreviva y se reproduzca,*  
*alterado”* *mutación letal, la*  
*(pág.224)* *mutación neutra no*  
*produce efecto sobre la*  
*supervivencia o la*  
*reproducción del*  
*individuo... de manera*  
*ocasional, algún cambio*  
*en el medio ambiente*  
*favorece una mutación*  
*benéfica.*  
*(pág. 279)*

---

De los libros revisados, solo el de Biología de Solomon (2003), se refiere a las mutaciones como fuente de enfermedades, pero de tipo metabólicas. En este se presenta una clasificación de “*Enfermedades genéticas [que] se heredan como rasgos autosómicos*” y “*Enfermedades genéticas [que] se heredan como rasgos autosómicos dominantes*”, en la que se aprecia que las problematiza hacia los efectos que tendrían las enfermedades en una población con organismos con estas características, es decir, las relaciona con un proceso de Selección Natural. En la tabla 12 se muestra el enfoque con que se abordan las mutaciones (evolutivo o médico) que maneja cada una de las referencias revisadas.

---

**Tabla 12.**

*Sugerencias de referencias bibliográficas para los alumnos del CCH, que se encuentran en el Programa de Biología*

---

<b>LIBRO</b>	<b>Enfoque evolutivo</b>	<b>Enfoque médico</b>
Audesirk, Teresa, Gerald Audesirk y Bruce Byers (2012). <i>Biología. La vida en la Tierra</i> . México: Pearson.	X	
Campbell, Neil, Lawrence Mitchel y Jane Reece (2001). <i>Biología, conceptos y relaciones</i> . México: Pearson Educación.	X	
Curtis, Helena, Sue Barnes, Adriana Shenk y Graciela Flores (2007). <i>Invitación a la biología</i> . Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.	X	
Oram, Raymond (2007). <i>Biología. Sistemas biológicos</i> . México: McGraw-Hill/ Interamericana.	X	
Sadava, David, Graig Heller, Gordon Orians, Willians Purves y David Hillis (2009). <i>Vida. la ciencia de la biología</i> . México: Editorial Médica Panamericana.	X	
Solomon, Eldra, Linda Berg y Diana Martin (2008). <i>Biología</i> . México: McGraw Hill / Interamericana.	X	X
Star, Cecie y Ralph Taggart. (2004). <i>Biología: la unidad y diversidad de la vida</i> . México: Thomson	X	

---



# CONCLUSIONES

Los alumnos del CCH-Azcapotzalco, pertenecientes al 3er semestre, que participaron en esta investigación presentaron concepciones sobre las mutaciones compatibles con las aceptadas científicamente antes de la intervención del profesor. Después de la intervención se presenta un incremento en el número de alumnos que cambiaron su posición de manera positiva.

Es el caso de las categorías de “Variación genética” y “Herencia”, consideraron que las especies han cambiado y que no han permanecido estáticas a lo largo del tiempo, que todos los organismos somos portadores de mutaciones y que éstas constituyen variaciones heredadas, por lo tanto que, son la fuente primaria de la evolución.

Para la categoría de “Pre-adaptación”, consideraron que las mutaciones confieren a los organismos características ventajosas, o no, de acuerdo con su ambiente, ya que éstas permitirán ajustarse a su ambiente, sin embargo, dudan que algunos organismos como las bacterias presenten características de resistencia antes de ser expuestas a un antibiótico. Lo que nos lleva a la categoría “Post-adaptativa”, ya que los alumnos siguen considerando que los organismos adquieren características cuando se exponen al ambiente. Es decir, que coincide con una idea lamarckista del “uso y el desuso” o inclusive telológica. Esto podría ser la causa de que a algunos alumnos se les complica relacionar a las mutaciones con la evolución, en particular con la Selección Natural.

Por último, en el caso de la categoría “Influencia de la ciencia ficción”, los alumnos no coincidieron con las ideas de que esta área de entretenimiento estuviera relacionada con las mutaciones, su origen y su transmisión, por ejemplo, la mordedura de una araña radiactiva o las radiaciones en relación con las características superiores o sobrehumanas, malformaciones o aberraciones.

Son múltiples los obstáculos que frenan la comprensión de la Teoría Sintética Evolutiva, las preconcepciones construidas en la población en general y que en ocasiones pueden reafirmarse en el aula, junto con la ausencia de las bases genéticas para comprender dicho fenómeno; inclusive

hay cierto grado de causa y efecto, es decir, si no se comprenden las bases conceptuales de la Genética se pueden llegar a reafirmar, las ya comunes preconcepciones construidas.

La identificación de estos obstáculos es el primer paso para el diseño o modificación de estrategias didácticas tendientes a superarlos y que permitan un acercamiento progresivo de los modelos de los estudiantes a los modelos científicamente aceptados. Se propone que, bajo estos resultados, los profesores también enfoquemos aún más nuestra enseñanza en la idea pre-adaptativa que brinda las mutaciones en los sistemas vivos para comprender la Teoría Sintética Evolutiva.

En cuanto a la revisión de las referencias bibliográficas sugeridas hacia los alumnos en el programa de biología I-II, se maneja un adecuado uso del concepto de mutación y su relación con el proceso evolutivo. El libro *Biología* de Solomon (2003), revisa algunas enfermedades autosómicas dominantes y las relaciona con la Selección Natural, es decir, describe las mutaciones bajo un enfoque médico y evolutivo. Cabe señalar que con esta revisión no se pretende decir que el enfoque médico esté mal, sino que, todo dependerá de cómo el profesor lo relacione con la evolución de las especies, ya que, si sólo se muestra al alumnado que las mutaciones son causantes de enfermedades y no de fuentes de variación, el estudiante probablemente tendrá dificultades para comprender la Teoría Sintética Evolutiva.

## **CONSIDERACIONES FINALES**

Se propone que esta investigación se realice en cuanto se regrese a las clases presenciales y a un número mayor de alumnos; agregar más ítems en categorías como Herencia, ya que en este trabajo se exploraron las ideas sobre sí las mutaciones son heredadas, pero no en el cómo o en qué células (somáticas o sexuales) se heredan. En relación con la categoría pre-adaptación y post-adaptación, aún se mantienen ciertas ideas, como que algunas características surgen en respuesta al ambiente y no al revés, se propone realizar una investigación similar a ésta, enfocándose en estos dos puntos para observar si este comportamiento se repite en generaciones diferentes

Aunque existen múltiples investigaciones sobre las preconcepciones de los alumnos, en diferentes áreas de conocimiento, es importante seguir realizándose para identificar cómo éstas van modificándose o no, conforme cambia el contexto social en el que nos encontramos o cómo el uso

de diferentes estrategias didácticas activas como el aprendizaje basado en problemas o proyectos, las aulas invertidas, entre otros, favorecen en los alumnos ese cambio cognitivo.

# BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez P. E. (2017). Enseñanza en el camino del aprendizaje de Biología Evolutiva: Fundamentos, propuesta y resultados. XX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. No. Extraordinario. pp. 1717-1722.
- Ausebel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H. (1986). Psicología educativa. Un punto de vista cognositivo. México: Trillas
- Ayala, F. (1979). Mecanismos de la evolución. Evolución. Libros de Investigación y Ciencia. Barcelona: Editorial Labor. SA, 18-32.
- Ayuso G. E y Banet E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. Revista Enseñanza de las ciencias. 20 (1) pp.133-157.
- Bazán-Levy, J.(2014). Apuntes del seminario sobre el modelo educativo del colegio. Colegio de Ciencias y Humanidades UNAM.
- Becerra Tapia N., Cuenca Aguilar B. (2015). Las áreas en el Modelo Educativo el CCH: Ciencias Experimentales. Nuevos Cuadernos del Colegio No. 5.
- Bello S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. Educación Química 15 (3), 210-217
- Bugallo R., A. (1995). La didáctica de la genética: revisión bibliográfica. Enseñanza de las ciencias. 13 (3). pp. 379-385.
- Campanario, J. M., Otero J. C (2000) Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. Revista Enseñanza de las Ciencias. Investigación Didáctica. 18 (2), 155-149.
- Carrasco A. J. (2005). Los problemas de las concepciones alternativas en la actualidad. Análisis de las causas que lo originan y las mantienen. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia. Año/Vol. 2 No. 002. pp.183-208
- Carretero, M. (2000). Constructivismo y educación. Editorial Progreso.
- Chi, M.T.H. y Roscoe, R.D., (2003). The process and challenges of conceptual change. Reconsidering conceptual change: Issues in theory and practice. Kluwer Academic Publishers, London, 2003. p. 3-27.
- Colegio de Ciencias y Humanidades (1996). Plan de Estudios Actualizado. México. UNAM. pp.53.
- Coll C., Gómez-Granell, C., (1994). De qué hablamos cuando hablamos de constructivismo. Cuadernos de pedagogía, (221), 8-10.

- Duit, R., & Treagust, D. F. (2003). Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *International journal of science education*, 25(6), 671-688.
- Fabiola Echaury, A. M., Minami, H., & Izquierdo Sandoval, M. J. (2012). La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. *Perspectivas docentes* (50), 31-40.
- García C. T., 2015. El Modelo Educativo y sus niveles de concreción. *Nuevos Cuadernos del Colegio No. 5*.
- Gil D. y Vilches A. (2001). Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. *Revista Investigación en la escuela*. pág. 27-37.
- Glaserfeld, E Von. (1981). Introducción al constructivismo radical. *La realidad inventada ¿Cómo sabemos lo que creemos saber*. Colección Elefante parlante. pág. 20-37.
- Good R. (1993). The many forms of constructivism. *Journal of Research in Science Teaching*. 30 (9) p. 10-15
- Gómez-Gómez M., Danglot-Banck C., Vega-Franco L. (2015). Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría*. vol.70 Núm. 2.
- González-Galli L., Perez G., Meinardi E., (2005). El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. *Revista Enseñanza de las Ciencias*. Número extra.VII Congreso. pp.1-6.
- González Galli L., Perez G., Meinardi E., (2015). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural, en estudiantes de escuela secundaria de Argentina. *Revista Ciencias Educativas*. Bauru. Vol. 21 N.1 p.101-122.
- González Galli L., Perez G., Meinardi E., (2016). Enseñanza de la biología evolutiva: una mirada desde el conocimiento didáctico del contenido. *XXVII Encuentros de didáctica de las ciencias experimentales*.
- Grau R. y De Manuel J. (2002). Enseñar y aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique*. Didáctica de las Ciencias Experimentales. N. 32. Pp. 56-64.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (1998). Modelos mentales, modelos conceptuales y modelización. *Caderno catarinense de ensino de física*. Florianópolis. Vol. 15, No. 2 p. 107-120
- Hernández R. Ma. C., Álvarez Pérez E. Y Ruíz Gutiérrez R. (2009). La selección natural: aprendizaje de un paradigma. *Revista Teorema*. Vol. XXVIII. 28:2; pp.107-121

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación. McGraw-Hill.
- Manghi Haquin, D., Crespo Allende, N., Bustos Ibarra, A., y Haas Prieto, V. (2016). Concepto de alfabetización: ejes de tensión y formación de profesores. Revista electrónica de investigación educativa, 18(2), 79-91. Recuperado en 17 de abril de 2021.
- Marco, B. (2000). La alfabetización científica. In Didáctica de las ciencias experimentales: teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias. Revista Marfil. (pp. 141-164).
- Marin M. N., (2003). Visión constructivista dinámica para la enseñanza de las ciencias. Enseñanza de las ciencias. Número extra. 43-55
- McMillan, J. H., Schumacher, S., & Baides, J. S. (2005). Investigación educativa: una introducción conceptual. Madrid: Pearson.
- Matthews, M. R. (2017) La enseñanza de la ciencia: un enfoque desde la historia y la filosofía de la ciencia. Fondo de Cultura Económica.
- Moreira M. A., (2017). Aprendizaje significativo como una referente para la organización de la enseñanza. Archivos de Ciencias de la Educación. 11 (12)
- Moreno-Garvayo J., (2018). La marcha del progreso: ilustrando la evolución. Consultado el: 04 de octubre 2021. <https://n9.cl/csfp>
- Nudler O. (2004). Hacia un modelo de cambio conceptual: espacios controversiales y refocalización. Revista de filosofía. Vol. 29. Núm 2, 7-19.
- Novak, J., Gowin B. (1988). Aprendiendo a aprender. Editorial Martínez Roca.
- Pérez G. M., Gómez Galindo A. A., González Galli L., (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias Vol. 15.
- Portal del CCH. (2018) <https://www.cch.unam.mx/>. Consultado mayo 2021.
- Pozo, J. I., Gómez M.A, Limón M., y Sanz A., (1991) Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre Química. Ministerio de Educación.
- Pozo J. I (1999). Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio conceptual. Enseñanza de las Ciencias. 17 (3), 513-520

- Pro Bueno, A. J. (2011). Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias de la educación secundaria. *Didáctica de la Biología y la Geología*. Editorial GRAO. Vol. 2. (pp. 9-28).
- Sánchez J. S; Conde M. C; Zapata V. (2017). Concepciones alternativas sobre evolución. Un estudio en futuros maestros. *Revista Enseñanza de las ciencias*, Núm. Extra (2017), p. 2219-2224.
- Siegel, S., & Castellan, N. J. (1995). *Estadística no paramétrica: aplicada a las ciencias de la conducta*. México: Trillas. (Vol. 4, pp. 195-196).
- Strike, K. y Posner, G., *A conceptual change view of learning and understanding*. Cognitive structure and conceptual change. Academic Press, 1985. p. 211-231.
- Switek B., (2010). Breaking our link to the "March of Progress". *Scientific American*. Consultado 06 de octubre 2021. <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/breaking-our-link-to-the-march-of-progress/>
- Switek B., (2009). The March of Progress Has Deep Roots. Consultado el 06 de octubre 2021. <https://www.wired.com/2009/11/the-march-of-progress-has-deep-roots/>
- Soriano A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. *Diálogos* 14. pp.19-40
- Tamayo Hurtado M. (2010). Dificultades en la enseñanza de la evolución biológica. *Revista de la Sociedad Española de Biología Evolutiva*. eVOLUCIÓN. 5(2) 23-27.
- Villa Lever, Lorenza. (2007). La educación media superior ¿igualdad de oportunidades?. *Revista de la educación superior*, 36(141), 93-110. Recuperado en 14 de abril de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0185-27602007000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-27602007000100005&lng=es&tlng=es).

## ANEXO 1

### Ítems que no se consideraron en la aplicación del pre y postest

No.	ÍTEM
1	<i>...las personas sanas no tienen mutaciones.</i>
2	<i>... los fenómenos son organismos con tres cabezas, un brazo o un ojo, generadas por mutaciones.</i>
3	<i>...las mutaciones surgen en un organismo y no en una población.</i>
4	<i>...los hijos de los físico-culturistas tienden a ser mucho más atléticos que otros niños porque adquirieron las características físicas y habilidades por sus padres.</i>
5	<i>... los cultivos transgénicos producen alimentos tóxicos que pueden generar mutaciones.</i>
6	<i>... consumir alimentos transgénicos puede provocar mutaciones cancerígenas que pueden ser heredadas.</i>
7	<i>...consumir alimentos transgénicos puede provocar mutaciones cancerígenas que pueden ser heredadas a la descendencia.</i>
8	<i>... los alimentos genéticamente modificados presentan grandes cantidades de químicos que pueden generar mutaciones si se les consume.</i>
9	<i>... todos los organismos somos portadores de una o varias mutaciones.</i>
10	<i>la exposición excesiva hacia algunos agentes como la radiación ultravioleta o gama son la principal causa de mutaciones en el organismo.</i>
11	<i>...en general, las mutaciones causan enfermedades o malformaciones, como tres cabezas, un brazo o un ojo, etc. (es decir fenómenos)</i>
12	<i>... cuando una mutación afecta exclusivamente a las células de la piel de un ser vivo causándole cáncer, sus descendientes se verán afectados</i>
13	<i>...las bacterias se hacen resistentes cuando se exponen a un antibiótico.</i>
14	<i>...los hijos de los físico-culturistas tienden a ser mucho más atléticos que otros niños porque heredaron las características físicas y habilidades por sus padres.</i>
15	<i>...las mutaciones no surgen espontáneamente.</i>



## ANEXO 2

### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA PARTICIPAR EN UN ESTUDIO SOBRE LA PERCEPCIÓN DE LAS MUTACIONES.

#### TITULO DE PROYECTO:

**Análisis del proceso enseñanza-aprendizaje en alumnos de educación media superior sobre el concepto de mutación que favorezca un pensamiento evolutivo.**

Usted ha sido invitado a ser partícipe de un estudio que se llevará en el posgrado de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior- Biología que se imparte en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala- UNAM, este estudio es parte de un proyecto de tesis para obtener el grado de maestría de la alumna: Biól. G. Adriana Gutiérrez Carrillo quien dirigirá dicha investigación, con el asesoramiento de su tutora principal: M. en C. Irma E. Dueñas García.

El objetivo de esta carta es informarle acerca del estudio antes de que usted confirme su participación.

El estudio, tiene como propósito investigar las ideas previas que los alumnos tienen sobre el concepto de mutación al inicio y al final de semestre. Para el estudio deberá contestar un cuestionario de 25 preguntas y datos generales pertinentes que ayuden a la investigación, en un formulario elaborado en GoogleDrive. La duración total de su participación será de alrededor 45 minutos, en la Sala Telmex del Escuela Nacional del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Azcapotzalco, su colaboración será en dos etapas la primera al inicio del semestre 2020-2 y la segunda al final del semestre 2020-2.

Cabe destacar, que su participación será de carácter anónimo, se mantendrá la confidencialidad, y se utilizará la información sólo para fines que la investigación requiera. Su participación es totalmente voluntaria, por lo que no está obligado a participar en este estudio.

Si decide participar puede dejar de hacerlo en cualquier momento sin ser penalizado. En caso de requerir más información o avisar que ha decidido no participar aunque haya contestado el cuestionario, puede enviar un correo a [gucg1312@gmail.com](mailto:gucg1312@gmail.com) para cancelar su participación.

Tomando lo anterior en consideración, yo: \_\_\_\_\_

Autorizó participar en contestar el cuestionario de opinión, y que los datos que se deriven de mi participación sean utilizados para cubrir los objetivos en este documento.

**Firmado:**

**Fecha:**