



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO**

**“COMPARACIÓN DE LAS IDEAS PREVIAS SOBRE LA
SELECCIÓN NATURAL ENTRE ESTUDIANTES DE
4^o y 6^o SEMESTRE DEL CCH”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN DOCENCIA

PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR

CON ESPECIALIDAD EN

B I O L O G Í A

P R E S E N T A :

JULIO TREJO CADENA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. PATRICIA DEL CARMEN COVARRUBIAS PAPAHIU



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dedicatorias

A mis padres por la fortuna de tenerlos, en especial a mi madre por su gran cariño y esfuerzo para apoyarme como siempre lo ha hecho

A mis hermanos por estar conmigo en los buenos y malos momentos

A mis sobrinos por su cariño y alegría

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento:

A la Dra. Patricia del Carmen Covarrubias Papahiu, gracias por todo el tiempo dedicado al seguimiento de este trabajo, ya que sin su eficiente dirección basada en una gran experiencia, conocimientos, responsabilidad y compromiso hubiera sido imposible conducir satisfactoriamente el término de esta investigación.

A la M. en C. Irma Elena García Dueñas por su gran experiencia académica y valiosos conocimientos, mismos que enriquecieron gran parte de las páginas de este trabajo. Muchas gracias por las valiosas sugerencias y observaciones hechas a este trabajo. Su apoyo fue clave en la realización del presente trabajo.

Al Dr. Arturo Silva Rodríguez por sus valiosos comentarios y sugerencias al contenido de esta tesis. Su experiencia y profesionalismo aportaron ideas muy importantes en el desarrollo de esta tesis.

Al Dr. Faustino Rodríguez Romero por el interés y la manera tan cuidadosa con que revisó mi trabajo. Sé que sin sus valiosas observaciones este trabajo no sería lo que es. Un gran reconocimiento a su experiencia.

Al Dr. Pedro García Barrera por aportar tan acertadas observaciones y sugerencias que permitieron la mejora de este trabajo. Un reconocimiento a su interés y esfuerzo por revisar esta investigación.

A los profesores del CCH que me brindaron su apoyo en la intervención con sus grupos para el trabajo de campo de esta investigación y a los alumnos que participaron en ésta; su colaboración fue sustancial en el desarrollo de este trabajo.

Al Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y la dirección del plantel Azcapotzalco por las facilidades y condiciones para realizar mis estudios de maestría, así como a la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA) por la beca otorgada durante los mismos.

A mis compañeros y amigos de la Maestría:

Ma. Lorena Quintino, Miguel Díaz, Miriam Quiroz, Paulina Romero y Pilar Silva por todas las experiencias que compartimos.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme esta segunda oportunidad de formación y superación en mi vida.

INDICE

| | |
|-------------------|--|
| Resumen..... | |
| Introduccion..... | |

Capitulo 1. La seleccion natural y su enseñanza en el CCH

| | |
|---|--|
| 1.1 Desarrollo del pensamiento evolutivo..... | |
| 1.1.1 Creacionismo y Fijismo..... | |
| 1.1.2 Teoria de Lamarck..... | |
| 1.1.3 Teoría de Darwin..... | |
| 1.2 La enseñanza de la Biología en el CCH..... | |
| 1.2.1 Programa de estudios de Biología II..... | |
| 1.2.1.1 Primera unidad. ¿Como se explica el origen, evolucion y diversidad de los sistemas vivos?..... | |
| 1.2.2 Programa de estudios de Biología IV..... | |
| 1.2.2.1 Primera unidad. ¿Como se explica el origen de la biodiversidad a traves del proceso evolutivo?..... | |

Capitulo 2. El aprendizaje en la ciencia

| | |
|--|--|
| 2.1 Cómo se construye el aprendizaje: Algunas teorías..... | |
| 2.1.1 El Conductismo..... | |
| 2.1.2 El Cognoscitivismo..... | |
| 2.1.3 El constructivismo..... | |
| 2.2 Las ideas previas: concepción y características..... | |
| 2.3 La investigación sobre las ideas previas..... | |
| 2.3.1 Las Ideas previas sobre la evolucion..... | |
| 2.3.2 Estudios para el caso de Mexico | |

Capitulo 3. Metodología

| | |
|---|--|
| 3.1 Enfoque de la investigación..... | |
| 3.2 Objetivos de la investigación..... | |
| 3.3 Metodo de la investigación | |
| 3.3.1 Universo de estudio y contexto..... | |
| 3.3.2 Tecnicas de recolección de la informacion | |
| 3.3.2.1 El cuestionario abierto | |
| 3.3.2.2 La entrevista semiestructurada | |

Capitulo 4. Resultados y analisis

| | |
|--|--|
| 4.1 Categorización de las ideas previas en los estudiantes de cuarto semestre..... | |
| 4.1.1 Categorización de los datos de las entrevistas..... | |
| 4.2 Categorización de las ideas previas en los estudiantes de sexto semestre..... | |
| 4.3 Comparación de las ideas previas entre los estudiantes de cuarto y sexto semestre..... | |

| | |
|--|--|
| Conclusiones (comentarios y sugerencias)..... | |
|--|--|

| | |
|---------------------------|--|
| Bibliografía | |
|---------------------------|--|

| | |
|---------------------|--|
| Anexos | |
|---------------------|--|

RESUMEN

Se compararon las **ideas previas** que sobre la **selección natural** tienen los estudiantes de cuarto y sexto semestres del bachillerato del CCH Azcapotzalco con el fin de detectar diferencias y problemas conceptuales entre ambos niveles. Con base en una metodología cualitativa, se aplicó un cuestionario abierto a 79 alumnos para explorar sus ideas previas sobre el tema, que posteriormente se analizarían y clasificarían. A partir de esto, se aplicaron entrevistas a algunos estudiantes con el propósito de precisar en sus concepciones, mismas que se analizaron con la ayuda del software ATLAS.ti. Entonces, se identificaron categorías y subcategorías de tipo evolutivo, no evolutivo y mixto, así como su frecuencia. Se encontró que del conjunto de respuestas enunciadas por los **estudiantes de cuarto semestre** solo el **9.83%** correspondió a conceptos sobre la selección natural y para las respuestas de los **estudiantes de sexto semestre**, se alcanzó el **16.92%**. Los resultados nos indican que los estudiantes de sexto semestre, en comparación con los de cuarto tienen más conocimiento de la selección natural en términos de un mayor uso de conceptos, pero no en cuanto a una comprensión clara de los mismos. En ninguno de los dos niveles hacen una articulación e integración conceptual apropiada que les permita tener una interpretación precisa del tema. Ante esto, utilizan, frecuentemente, conceptos de tipo Lamarckiano y en otros casos, combinan conceptos tanto de origen Darwiniano como Lamarckiano, adhiriendo incluso ideas fijistas y creacionistas, lo que lleva a deducir que las ideas previas de los estudiantes se centran más en los conceptos de *adaptación y sobrevivencia*, desde una visión más Lamarckista. En este sentido, se aprecia una concepción de la selección natural influenciada por las ideas de *necesidad, deseo interno, mejora, y finalidad*, entre otras.

INTRODUCCIÓN

Un problema importante en la enseñanza de la biología tiene que ver con sus contenidos declarativos, los cuales por su abstracción y complejidad propician en el alumno una limitante en el logro de su aprendizaje. Un ejemplo de este tipo de contenidos son los que comprende el tema de la evolución, tales como los conceptos que unifican **la selección natural**. Se han hecho estudios acerca de cuáles son los temas en los que se presentan mayores problemas de aprendizaje y siempre se encuentra que los temas que ocupan los primeros lugares son la división celular (meiosis y mitosis), la genética, la evolución, la respiración celular y la fotosíntesis. (Bugallo, 1995. Cit. en Medina, 2003). Esta problemática ha generado que muchos estudiantes no comprendan esta clase de conceptos o que los conciben de manera errónea, lo cual impide que aprueben la materia de manera satisfactoria o que incluso la lleguen a reprobar. Por ejemplo, con base en mi experiencia y los estudios del diagnóstico Institucional del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) por parte del CECU (2003), la materia de Biología II, donde se enseña el tema de la selección natural, es una de las asignaturas de difícil aprobación que incrementa la no presentación (NP) en esta institución, y acentúa la irregularidad en la trayectoria escolar de algunos alumnos. Es por esto que, quienes estamos involucrados en la enseñanza y el mejoramiento del aprendizaje de este tipo de contenidos nos enfrentemos a interrogantes como las siguientes:

¿Qué ideas previas tienen los alumnos sobre la selección natural y qué papel juegan éstas en el uso y comprensión de los conceptos científicos relacionados con este tema?

¿Qué problemas conceptuales albergan estas ideas previas sobre la selección natural?

¿Cómo cambian las ideas previas de los estudiantes ante la enseñanza formal del tema de la selección natural?

Muchas investigaciones relacionadas con el estudio de las **ideas previas** en el área de la ciencia han señalado una preocupación sobre la forma en que los alumnos asimilan la información proporcionada por la educación en el nivel de secundaria y bachillerato (Caballero, 2008; Silva, 2008). El estudio de las ideas previas ha tomado últimamente una gran importancia dentro de la enseñanza de las ciencias debido a que son una herramienta efectiva para detectar los problemas conceptuales en los alumnos, en este caso, del nivel bachillerato (Fuentes, 2006). Distintas investigaciones en general han demostrado que no siempre hay una buena comprensión de los conceptos científicos y que las ideas de los estudiantes se van acumulando y poniendo en práctica de manera errónea a lo largo de su vida académica y social. Estas ideas pueden ser incoherentes desde el punto de vista científico, pero para el sujeto son apropiadas, bastante estables y resistentes al cambio, por lo que le facilitan dar explicaciones de los fenómenos naturales, provocando así un obstáculo para la enseñanza de la ciencia. (Driver *et al*, 1989; Pozo y cols., 1991a; Flores y cols., 2000).

En este sentido, el poner atención en las ideas previas de los estudiantes mediante investigaciones, es de suma importancia para el proceso de enseñanza-aprendizaje, donde éstas debieran ser el punto de partida de toda estrategia o actividad de aprendizaje. Su estudio significa una oportunidad para entender cómo se adquiere y reconstruye el conocimiento, a la vez que nos permite replantear nuestras formas de enseñar ciencia en el aula con el propósito de mejorar la educación. Es así como en el presente trabajo se llevó a cabo una investigación que analizó y comparó las ideas previas que sobre la selección natural presentan algunos estudiantes de cuarto y sexto semestres del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), plantel Azcapotzalco con el fin de detectar las diferencias

entre los esquemas conceptuales de estos alumnos sobre tal tema, así como los problemas conceptuales en sus ideas previas.

Para el desarrollo de este trabajo se empleó la metodología cualitativa, ya que es a través de ésta como se puede estudiar e interpretar la realidad de un conjunto de sujetos en cuanto a sus concepciones, que nos permita ver cómo son sus ideas y cómo se organizan al ser expresadas por los alumnos. Es decir, si las ideas se organizan en forma de conocimientos específicos aislados o bien conforman teorías personales o implícitas (creencias), o qué tan cargadas de sesgos se encuentran con base en el lenguaje común que manifiestan. Por ello se recurrió a la etnometodología y el método ideográfico, ya que son las vías que más nos acercan al análisis cualitativo de las ideas previas en el ámbito científico (Driver, y Easley, 1978, cit. en Rangel, 2007). Por ejemplo, el método ideográfico nos permite analizar las ideas previas de los alumnos en el ámbito científico, donde el entendimiento del estudiante de los eventos naturales es estudiado y analizado en sus propios términos, de hecho la palabra ideográfico significa literalmente “escrito por sí mismo” (Rangel, 2007).

Con base en todo lo anterior, se aplicó un cuestionario abierto sobre la selección natural a 79 alumnos del CCH. La información obtenida se analizó y se clasificaron las ideas previas sobre dicho tema. A partir de estos resultados se aplicaron algunas entrevistas con el fin de profundizar y precisar en tales concepciones, donde los datos se analizaron con la ayuda del software ATLAS.ti. Las distintas categorías identificadas se asociaron a un pensamiento evolutivo: sobre las teorías de la selección natural, neodarwinista y lamarckista, no evolutivo: ideas fijistas o creacionistas y mixto: combinación entre algunas de estas categorías. Además, se determinó la frecuencia de cada una de estas categorías tanto para las ideas previas de los alumnos de cuarto como de sexto semestres.

Los resultados obtenidos nos indican que los estudiantes de sexto semestre, en comparación con los de cuarto tienen un mayor conocimiento de la selección

natural en términos de un uso y manejo de conceptos, pero no en cuanto a una comprensión de los mismos. Es decir, no existe una articulación e integración conceptual apropiada que permita a los alumnos tener una explicación e interpretación precisa de los conceptos manejados.

Por lo tanto, independientemente del bagaje conceptual que sobre la selección natural manejan los estudiantes de cuarto y sexto semestre, éstos no saben cómo explicar sus conceptos o se confunden, por lo que sus ideas previas pueden estar incompletas, inarticuladas o ambiguas. Asimismo, ante la escasa comprensión de la mayoría de los conceptos centrales de este tema los alumnos recurren, en gran medida, al uso de conceptos de tipo Lamarckiano y en otros casos, emplean una combinación o mezcla de conceptos tanto de origen Darwiniano como Lamarckiano. Esto significa que tales ideas son resistentes al cambio ante la enseñanza formal de los contenidos sobre el tema de la selección natural y como efecto generan una barrera en el aprendizaje de éste y en su enseñanza. Es importante, entonces, tomar como antecedente los trabajos sobre el estudio de las ideas previas y vincularlos al desarrollo de otras líneas de investigación enfocadas a el cambio conceptual, diseño, aplicación y validación de estrategias didácticas y materiales educativos, el análisis histórico de la ciencia con relación al aprendizaje y a la generación de propuestas con enfoques tanto epistemológicos como cognoscitivos con el fin de comprender el desarrollo de estas ideas en los estudiantes y la posibilidad de transformarlas, todas enfocadas a la construcción de un aprendizaje significativo, que a su vez contribuyan a dar solución a la problemática de la enseñanza de las ciencias en general y en particular de la Biología.

Por lo que se refiere al contenido del presente trabajo, el **primer capítulo** comprende en su primera parte, una revisión de de las ideas más representativas que sirvieron de antecedente y marcaron la pauta para el desarrollo de la teoría de la selección natural formulada por Charles Darwin. En la segunda parte de este

capítulo se describen por un lado, los aspectos disciplinario y didáctico de la enseñanza de la biología en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) y por otro, los contenidos temáticos de cada uno de los programas de estudio de biología II y IV. El **segundo capítulo** se ha dividido en dos partes, en la primera se describen los aspectos centrales de algunas de las teorías más importantes sobre el aprendizaje. En la segunda parte se hace referencia sobre las ideas previas en cuanto a su concepción y características y las investigaciones que existen sobre éstas, incluyendo el caso de México. En cuanto al **tercer capítulo**, se darán a conocer el enfoque de la investigación, los objetivos de ésta, el contexto de la población de estudio, el método de trabajo y las técnicas e instrumentos utilizados en el mismo. En el **cuarto capítulo** se presentan, analizan y discuten los resultados encontrados en este trabajo. En un primer apartado, se exponen los resultados y su análisis derivado de la categorización de los datos obtenidos del cuestionario y de las entrevistas correspondientes a los alumnos de cuarto semestre, y posteriormente, en un segundo apartado, se hace la exposición y análisis para los resultados relacionados con los estudiantes de sexto semestre, así como la comparación y discusión entre ambos tipos de resultados.

En el apartado de las **conclusiones** se discuten las implicaciones del análisis derivado de los resultados así como algunas sugerencias importantes en torno al trabajo aquí presentado.

Finalmente, se presenta una sección dedicada a los **anexos**, donde se incluye un mapa conceptual sobre la selección natural, el formato del cuestionario y la guía de preguntas en la que se basó la entrevista.

CAPÍTULO 1. LA SELECCIÓN NATURAL Y SU ENSEÑANZA EN EL CCH

1.1 Desarrollo del Pensamiento Evolutivo

El hombre desde hace siglos ha tratado de explicar su existencia y origen y la de todas las formas vivientes que lo rodean, así como la naturaleza de éstas. Al observar la gran diversidad de especies que existen en este planeta, también se ha preguntado si éstas siempre han presentado las mismas características o fueron distintas en su origen. Estas y otras preguntas, tan importantes para la vida, se han respondido gracias al estudio de la evolución. Mediante la teoría de la evolución se puede explicar y comprender cualquier proceso biológico; los conceptos evolutivos dan sentido a todos los hechos de la vida y nos conducen a considerar que el éxito del mundo orgánico, en el tiempo y en el espacio, es la diversidad alcanzada por sus componentes, los seres vivos. Para llegar a esta visión del mundo vivo tuvieron que darse revoluciones profundas en diversos campos del saber: dentro del campo de la ciencia fue necesario concebir a los seres vivos como estructuras integradas a su medio, entender la reproducción, el desarrollo y la herencia como procesos exclusivos de éstos, revalorar los fósiles, revisar la geología y reconsiderar la historia de la tierra; en el terreno de la filosofía, eliminar la intervención de elementos sobrenaturales de las explicaciones y, por ende, abandonar los conceptos creacionistas, fijistas y las ideas de la generación espontánea (Palazón, 2002).

A continuación se hará una revisión, sin discutir su controversia, contradicción y/o polémica, de las ideas más representativas que sirvieron de antecedente y marcaron la pauta para el desarrollo de la teoría de la selección natural formulada por Charles Darwin.

1.1.1 Creacionismo y Fijismo

Todas las culturas humanas han desarrollado su propia explicación para el origen del mundo, del ser humano y de las otras especies. Por ejemplo, la tradición judeocristiana explica el origen de los seres vivos y las estructuras que les permiten adaptarse al ambiente y sobrevivir -alas, branquias, manos, flores etc.- como el producto de la creación directa de un omnipotente Dios. Las ideas de la mayoría de las religiones y de los pueblos primitivos sobre la creación tienen en común un concepto esencialmente estático o fijista, es decir que las especies son fijas e inmutables; los animales y las plantas siempre han existido tal y como las conocemos hoy en día. Por lo tanto, bajo esta perspectiva, todas las formas vivientes en la actualidad han sido creadas tal y como aparecen hoy ante nuestros ojos por un Dios creador. La naturaleza está inmóvil desde los días de la creación y todo se halla ordenado según un plan eterno e invariable.

El origen de las explicaciones sustentadas en el creacionismo y el fijismo tuvo lugar en la antigua Grecia. Por ejemplo, Parménides, (540-470) concebía la idea del “*ser*” como algo inmutable. Esta idea influyó no sólo en el saber filosófico griego, sino también en el pensamiento occidental hasta el siglo XIX. Platón (427-347 a. C.) y Aristóteles (384-322 a. C.) se ajustaron a esta visión eminentemente estática del cosmos. Aristóteles, en quien se basa toda la ciencia occidental desde el siglo IX hasta el XVI, tiene una visión inmutable del universo y orgánica de la naturaleza, la cual considera que está formada por partes interdependientes, estructuradas con un orden riguroso y siguiendo una complejidad creciente, misma que representó en la clasificación de las cosas en su *Scala Naturae*, donde ordenó a los animales basándose en estudios de anatomía comparada y representó el “progreso” desde la materia inanimada a las plantas, para subir a los animales, hasta llegar al hombre (During, 1987; Palazón, 2002).

Sin embargo, las ideas de otros filósofos griegos manifestaron la posibilidad del cambio en la naturaleza, y por ende un intento de contradicción hacía el creacionismo y fijismo. Por ejemplo, Anaximandro (610-546 a.C.) propuso que los

animales podían ser transformados de un tipo en otro, y Empédocles (490-435 a.C.) especuló que éstos podían ser contruidos a partir de combinaciones diversas de partes preexistentes. Por su parte, algunos padres de la iglesia católica, como San Gregorio Nazianzeno y San Agustín sostuvieron que no todas las especies de plantas y animales fueron creadas por Dios; más bien algunas se han desarrollado en tiempos históricos a partir de las especies creadas por Dios. Su explicación no fue biológica sino religiosa, ya que habría sido imposible mantener representantes de todas las especies en una sola embarcación, tal como el arca de Noé; por lo tanto, algunas especies debieron de surgir después del Diluvio Universal. (Ruiz y Ayala, 2002).

En la edad media se siguió considerando la concepción estructural de Aristóteles junto con la cosmovisión impuesta por la Iglesia, donde el control es Dios y cuya voluntad son las finalidades. Para el pensamiento medieval, la escalera natural o "cadena de especies" había sido creada por Dios y no había cambiado desde su origen. En esta misma época y casi hasta los tiempos de Darwin, se creía que el mundo era constante y que existía desde hacía poco tiempo, comparado con el que se propone hoy en día. Pero la credibilidad de esta visión cristiana del mundo se había debilitado ya en algunos campos del conocimiento, debido a una serie de cambios sociales, políticos y económicos y avances científicos, por ejemplo algunos de estos últimos fueron: la revolución copernicana, que desmintió la idea de la tierra como el centro del universo, las investigaciones de los geólogos, que revelaron la gran edad de la tierra, el descubrimiento de los fósiles de animales extintos con lo cual se refutó la teoría de que la vida sobre la tierra no había cambiado desde la creación. (Mayr, 1998). Posteriormente, en el siglo XVII Galileo da a conocer la concepción de leyes naturales que rigen el mundo y Descartes equipara a los seres vivos con máquinas. Las leyes naturales desplazan al finalismo y el universo se entiende como estructura mutable. Los seres vivos responden a las mismas leyes de la física por lo que se determinan los cimientos teóricos para una interpretación evolutiva del mundo vivo.

Ya en siglo XVIII las teorías de Newton (1643-1727), modifican el modelo mecanicista y los seres vivos se ven ahora como organismos, cuyas partes se mantienen en armonía gracias a fuerzas que actúan sobre la materia; fuerzas gravitacionales según los materialistas y fuerzas exclusivas o propias para los vitalistas. Sin embargo, tanto unos como otros consideran inmutables a los organismos, argumentando que si éstos cambiaban se perdería la relación armónica entre sus partes, lo que ocasionaría su destrucción. De esta manera, el fijismo de las especies, la negación de la generación espontánea y el creacionismo continuaban nutriendo el paradigma sobre el origen y existencia de los seres vivos. En ese mismo siglo surgió una explicación de la adaptación por creación divina, la cual fue expuesta por el sacerdote y filósofo inglés William Paley (1743-1805), quien tuvo una influencia importante en los naturalistas del siglo XIX, incluido Charles Darwin. Paley usó muchas analogías para explicar cómo las cosas naturales reflejan la obra de Dios. Bajo esta visión, Núñez-Farfán (2003) plantea el siguiente ejemplo para exponer la idea de Paley:

Pensemos en un reloj o en un cuchillo, el primero sirve para medir el tiempo y el segundo para cortar; fueron construidos con ese fin. El argumento de Paley sobre el diseño de las cosas o los seres vivos implica que todo tiene un arquitecto, un diseñador, y si nos referimos a las cosas naturales, a los seres vivos, tal arquitecto es Dios (p. 31).

De la misma manera, en el caso de los seres vivos, un oso polar, por ejemplo, está constituido de fuertes huesos, músculos, garras, piel gruesa aislante, color blanco que le sirve como camuflaje para ocultarse de sus víctimas, capacidad de nado, etc., que lo constituyen en un depredador eficiente y temible en las regiones frías del ártico. Las partes del oso funcionan en armonía y según la explicación por creación divina, fueron diseñadas para hacer del oso polar un eficiente depredador. Como se puede ver, a partir de esta analogía, se deriva que si el reloj nos permite reconocer el trabajo del relojero, las características de los organismos y sus adaptaciones a diferentes ambientes nos permiten descubrir el diseño del creador. Por el contrario, un trabajo que tuvo una influencia muy importante en el desarrollo del pensamiento evolutivo fue el que realizó Linneo (1707-1778), si bien

él como creacionista considera a las a las especies fijas, afirma que las variedades de una especie son el resultado de cambios dentro de la misma; su sistema natural genera la duda acerca de la posibilidad de una transformación de las especies. Además de consolidar un sistema de clasificación en que se parte de la especie vista como una entidad concreta por encima del organismo, Linneo relaciona a las especies con su ámbito geográfico y pone de manifiesto las relaciones de parentesco entre la diversidad orgánica, ya que la nomenclatura binominal que propone sugiere indirectamente que hay parentesco en las especies, tal idea fue subversiva para su época.

A finales del siglo XIII, la percepción que se tiene acerca de la noción del tiempo y de los fósiles empieza a cambiar; se comenzó a pensar que el planeta tuvo una historia mucho más larga que la asentada en el Génesis; se reafirma la idea-que ya se había planteado desde mediados del siglo pasado por parte del anatomista Nikolaus Steno (1638-1686)- de que los fósiles pudieran ser restos o huellas de animales de otros tiempos. Semejante idea fue objeto de un fuerte ataque por parte de los creacionistas hacia algunos naturalistas como Georges Cuvier (1769-1833) quien con sus estudios, precisamente, sobre fósiles representa indirectamente la sucesión de diferentes tipos de animales en distintos periodos de tiempo, postulando así su teoría de las creaciones sucesivas (Sour y Rivera, 1997; Ledesma, 2000).

Un naturalista que se acerca más a una idea transformista de los organismos fue Georges Louis Leclercq conde de Buffon (1707-1788). Según Ledesma (2000), “el impacto teórico de Buffon es muy importante ya que abre la posibilidad del pensamiento transformista, en el contexto integral de toda una teoría de la naturaleza, de una versión de la *Historia natural* que no solo pretende ser completa, sino totalizante” (p. 389). Buffon consideró que entre los cordados hay patrones morfológicos debido a orígenes diferentes con procesos de transformación que los pueden llevar a la degeneración. Una aportación importante derivada de las ideas de Buffon fue el hecho de considerar -y

rechazar, debido a sus revocaciones- “la posibilidad de descendencia de varias especies a partir de un ancestro común”. (Ruiz y Ayala, 2002. p.14).

Buffon fue uno de los primeros naturalistas en considerar la función del tiempo en la formación y cambios del planeta, provocando una reinterpretación del tiempo geológico. Por ejemplo, se atrevió a calcular que habían transcurrido 74, 382 años desde que la tierra se separó del sol, mientras que la iglesia solo admitía una edad de 6000 años a partir de la creación (Ledezma 2000). Su intento por calcular la edad de la tierra parte de la premisa sobre el enfriamiento del planeta y de experimentos sobre el enfriamiento de esferas de distintos materiales, mismos que le permitirían explicar la formación de los océanos, el modelado del relieve, el origen de las rocas, los minerales, la formación de volcanes e incluso la aparición y desaparición de seres vivos. De esta manera, la geología que presenta Buffon en su obra *las Épocas de la naturaleza* es una geología “actualizada”, ya que las mismas causas de los fenómenos geológicos que actúan en la actualidad actuaron en el pasado (Alsina, 2006).

Las explicaciones de Buffon al tiempo que se alejan del fijismo y el creacionismo conjugan otros elementos, tales como el desarrollo, la relación organismo-medio y la distribución geográfica de los animales que permitirán estructurar una teoría evolutiva tal y como lo hará, de forma incipiente, Lamarck y posteriormente Darwin, de manera más convincente. (Palazón, 2002).

1.1.2 Teoría de Lamarck

Jean Baptiste Lamarck (1744-1829) fue el primer naturalista en proponer una teoría coherente y completa de la evolución. Observó que los organismos **cambiaban** bajo la influencia del entorno y pensó que podían transmitir estos cambios a sus descendientes. Lamarck parte de dos convicciones básicas para establecer su teoría:

- El hecho de que los seres vivos están organizados en una **escala progresiva** que va de los más simples a los más complejos.

Si la naturaleza no hubiera podido dar a los actos de la organización la facultad de complicarla cada vez más, haciendo acrecer la energía del movimiento de los fluidos y consecuentemente la del movimiento orgánico, y si no hubiese conservado por las reproducciones todos los progresos de composición en la organización y todos los perfeccionamiento adquiridos no habría producido esta multitud variada de animales y vegetales por el estado de su organización. (Lamarck, 1809. p. 197-198).

- La creencia de que esa escala no es del todo regular, sino imperfecta. La explicación a estos cambios en el escalonamiento se debe a la “evolución”. Es decir, la organización de dicha escala se ve alterada debido a los cambios que sufren los organismos, a través del tiempo, en su relación con el medio que habitan.

Los conceptos centrales de la teoría evolutiva de Lamarck son, por un lado la tendencia intrínseca o natural de los organismos hacia el perfeccionamiento o la complejidad y por otro, la influencia del ambiente como el factor responsable de todas las variaciones o cambios en los organismos. Esto se explica mediante las siguientes leyes generales que Lamarck (1809, p.175) propone en su obra de la Filosofía Zoológica:

- ❖ En todo animal que no ha traspasado el término de sus desarrollos, el uso frecuente y sostenido de un órgano cualquiera lo fortifica poco á poco, dándole una potencia proporcionada a la duración de este uso, mientras que el desuso constante de tal órgano le debilita y hasta le hace desaparecer.
- ❖ Todo lo que la naturaleza hizo adquirir ó perder a los individuos por la influencia de las circunstancias en que su raza se ha encontrado colocada durante largo tiempo, y consecuentemente por la influencia del empleo predominante de tal órgano, ó por la de su desuso, la naturaleza lo conserva por la generación en los nuevos individuos, con tal de que los cambios adquiridos sean comunes a los dos sexos, o a los que han producido estos nuevos individuos.

A partir de la primera ley conocida como “uso y desuso de los órganos”, que por cierto en ocasiones ha sido mal interpretada debido a las diferencias que se tienen sobre el entendimiento del concepto de la influencia del medio ambiente sobre la evolución de los organismos, se deriva lo siguiente: los organismos se transforman al adecuarse al medio bajo la intermediación de la necesidad. Es decir, los organismos tienen necesidades biológicas que cubrir en un ambiente determinado, si las circunstancias del ambiente cambian los organismos se ven impulsados a cambiar en sus acciones, hábitos y órganos para seguir satisfaciendo sus necesidades. Cabe aclarar que lo anterior es válido únicamente para los animales, ya que las plantas, según Lamarck, carecen de irritabilidad para responder al medio como para tener movimientos y hábitos que les permitan un mayor o menor desarrollo en sus órganos, o incluso provocar una atrofia por la ausencia de tales.

Para ejemplificar sus leyes, Lamarck habla de diversos animales; la ballena, el oso hormiguero, el *Spalax* (una rata topo), serpientes, aves, insectos moluscos acuáticos, etcétera. En el caso de la ballena y del oso hormiguero, según, Lamarck, los dientes han desaparecido porque se tragan a sus presas sin masticarlas; en el caso del *Spalax* los ojos se han atrofiado porque viven en la oscuridad subterránea; en las serpientes el cuerpo se ha alargado y las patas han desaparecido porque tienen la costumbre de arrastrarse y algunos insectos han perdido sus alas porque han abandonado la costumbre de volar (Ledesma, 2000). En su ejemplo más famoso, el de la jirafa, Lamarck (1809) describe lo siguiente:

Se sabe que este animal, el más alto de los mamíferos, vive en el interior del África, donde la región árida y sin praderas le obliga a ramonear los árboles. De éste hábito, sostenido después de mucho tiempo, en todos los individuos de su raza, resultó que sus patas delanteras se han vuelto más largas que las de atrás, y que su cuello se ha alargado de tal manera que el animal, sin alzarse sobre las patas traseras, levanta su cabeza y alcanza con ella a seis metros de altura (p.187-188).

Como se puede ver, el concepto central de la teoría evolutiva de Lamarck es la *tendencia intrínseca al perfeccionamiento*, idea que conduce a la ley del uso y del desuso de los órganos.

En suma, para Lamarck, la evolución se produce por dos factores que se oponen. En primer lugar existe una tendencia interna al cambio, siempre con aumento en la complejidad, ya preestablecida por naturaleza y en segundo, las circunstancias ambientales no permiten que este proyecto se realice perfectamente sino que, al variar, las especies se ven obligadas a modificarse para seguir existiendo.

La creación de la primera teoría de la evolución no es la única aportación de Lamarck, al campo de la Biología, existen otras, mismas que se resumen a continuación:

- ❖ “Creó la palabra Biología” (cit. por Ledesma, 2000, p. 411).
- ❖ propuso la noción de adaptación no como algo dado sino como un proceso derivado de la interacción entre los organismos y su ambiente.
- ❖ Rechazó la idea de la creación simultánea de los seres vivos, por lo que estos derivan unos de otros por variaciones sucesivas.
- ❖ Propone la separación de animales vertebrados e invertebrados.
- ❖ Rompe, por primera vez, con el creacionismo y el fijismo de su época e introduce la idea de evolución entendida como desarrollo en el tiempo.
- ❖ Establece un claro límite entre el mundo orgánico e inorgánico y concibe al ser vivo como una unidad que trasciende su diversidad, centrando el estudio de éste en su organización.
- ❖ “la principal aportación de Lamarck es la idea de la interdependencia recíproca entre la forma y la función en los procesos evolutivos de los organismos”. (Gould, 1995, p, 29) Es decir, que tanto los órganos como sus funciones dependen uno del otro.

1.1.3 Teoría de Darwin

Uno de los grandes éxitos de Darwin dentro de su teoría fue el hecho de mostrar que la organización, adaptación y continuidad de los seres vivos puede ser explicada como el resultado de un proceso natural, **la selección natural**, sin necesidad alguna de recurrir a un creador u otro agente externo. La teoría de la evolución por selección natural de Charles R. Darwin (1809-1882) fue sin duda el descubrimiento más importante del siglo XIX y el surgimiento del paradigma de la evolución y de la Biología como ciencia (Ledesma, 2000). Darwin se interesó por las causas de la diversidad y el origen de las especies en una dimensión geográfica, es decir, por la evolución horizontal y no vertical (en la dimensión tiempo) como lo hacía Lamarck. Un hecho importante que influyó y motivó a Darwin para plantear su teoría fue el viaje que realizó alrededor del mundo, a través de un barco conocido como el Beagle. Sin embargo, esta no fue la única influencia para Darwin, existen otras que también fueron importantes tales como:

- El contexto de su época, donde el evolucionismo ya era una idea muy común y aceptada por otros científicos.
- La teoría de Lamarck (1744-1829)
- La obra de su abuelo Erasmus Darwin (1731-1802)
- La teoría de Thomas R.Malthus (1766-1834)
- Los estudios de su maestro Charles Lyell (1797- 1875)
- La selección artificial realizada por criadores de ganado

Durante su recorrido a través del Beagle -el cual duró casi 5 años; de Diciembre de 1831 a Octubre de 1836-, Darwin pudo realizar muchas observaciones sobre las especies que a su paso iba descubriendo; particularmente sobre la diversidad de éstas y de algunos huesos de animales fósiles. Posteriormente, de regreso a Inglaterra comienza a redactar sus primeros estudios acerca de la evolución

apoyándose de las lecturas de otros naturalistas, como los ya mencionados y de los estudios realizados sobre la clasificación y fósiles de los especímenes recolectados en su viaje. Darwin analizó dichos especímenes y comparó sus resultados con todas las demás observaciones llegando a la conclusión de que **las especies cambiaban**. Tal convicción procedía de dos evidencias claras:

1. La mayoría de los fósiles de mamíferos que encontró en América del Sur pertenecían al mismo género, o al menos a la misma familia de las especies actuales. Esta correspondencia entre las formas fósiles y las vivientes sólo podía ser interpretada con base en una **relación de parentesco**.
2. En el archipiélago de las Galápagos (el cual se ubica al oeste del Ecuador), existen enormes tortugas que pertenecen a especies diferentes, según las islas en las que viven. Cada isla, por decirlo así, tiene su propia tortuga. ¿No era claro que ese grupo de animales tenía un origen común, y que la diferenciación de cada especie era consecuencia del aislamiento en la isla?. Estos hechos permiten a Darwin comenzar a especular sobre el efecto del aislamiento geográfico en la formación de especies.

En 1848, cuando Darwin estaba escribiendo sus estudios sobre la evolución, recibe un ensayo del científico Russell Wallace (1823-1913) (*sobre la tendencia de las variedades a separarse indefinidamente del tipo original*) el cual, al igual que Darwin había llegado, de manera general, a las mismas conclusiones sobre la teoría de la selección natural. Posteriormente se presentan los estudios de ambos ante la Sociedad Linneana y Wallace acepta la primacía de Darwin, al reconocer que éste ideó la teoría antes que él, ya que la desarrolló con mayor detalle, y la sustentó con más evidencias. (Ruiz y Ayala, 2002). Es así como Darwin redacta su muy famoso libro, *El origen de las especies por medio de la selección natural o la conservación de las razas favorables en la lucha por la vida* para publicarlo en 1859. Si bien Darwin y Wallace comparten ideas importantes sobre el proceso de la selección natural también presentan ciertas diferencias entre sus concepciones.

Revisemos ahora, de manera resumida, el papel que sobre la evolución biológica juega la selección natural. De acuerdo con Sarukhán, (1988), Darwin parte de tres observaciones para llegar al planteamiento de su teoría:

1. El Número Excesivo De Crías: Todas las especies son capaces de producir un número de crías superior al que bastaría para ser sustituidas.
2. La Lucha Por La Supervivencia: El medio ambiente puede influir en las probabilidades individuales de supervivencia.
3. Diferencias Individuales en los organismos: Dado que no todos los individuos son idénticos, algunos tienen más probabilidades de sobrevivir que otros. Es decir todos los organismos en la naturaleza presentan variaciones que son heredadas a la progenie.

Influenciado por las ideas de Thomas R. Malthus (1776-1834) sobre el crecimiento de la población humana, Darwin propone que la selección natural es el proceso por el cual los individuos que poseen características hereditarias ventajosas dejan más descendientes que los que carecen de ellas y cuando la descendencia se enfrenta a las condiciones del medio ambiente, solo los más aptos son los que sobreviven (lucha por la supervivencia). Es decir, después de muchas generaciones es probable que aumente la proporción de individuos bien adaptados. Para Darwin (1859), en sus propias palabras, el papel que juega éste mecanismo es el siguiente:

La selección natural está buscando día a día y hora a hora por todo el mundo las más ligeras variaciones; rechazando las que son malas; conservando y sumando todas las que son buenas; trabajando silenciosa e insensiblemente, cuando quiera y dondequiera que se ofrece la oportunidad, por el perfeccionamiento de cada ser orgánico en relación con sus condiciones orgánicas e inorgánicas de vida (p. 110-111).

Como podemos ver la selección natural actúa en los organismos como un “filtro de variaciones”, donde aquellas que son favorables para la especie serán

“seleccionadas” y preservadas, en cambio las que no benefician a ésta estarán sujetas a la eliminación. La selección natural está basada en la premisa de que en cada generación los individuos que la integran no son idénticos; de ser así, no se presentaría la condición de aptitud sobresaliente de algunos individuos y la especie no evolucionaría. Así, una condición para ésta es que exista lo que Darwin llamó **variaciones** en una especie, por ejemplo: tamaño color, rapidez, agresividad, etcétera.

Darwin afirma que toda variación para que sea importante, debe ser heredada y considera que existen dos tipos de variaciones, dependiendo del origen de éstas:

a) Las que están condicionadas por el medio. Ejemplos de este tipo son: el bronceado de la piel por efecto de la exposición al sol, la inclinación de algunos vegetales debido al viento, la pigmentación de las plumas de algunas aves debido a su alimentación, etcétera.

b) Las variaciones espontáneas. Algunos ejemplos son el hecho de que algunos animales nacen con características imprevistas: con patas cortas o con dedos de más; y en el caso de vegetales, la aparición súbita de colores inesperados en la flor y en el fruto, en el tamaño de las hojas o de las semillas, etcétera (Incera y cols, 1998). Si las variaciones se originan por acción directa del medio o por uso y desuso de los órganos determinan una adaptación inmediata en los organismos y no son objeto de la selección natural. En cambio, si las variaciones aparecen de forma espontánea pueden o no determinar la adaptación en las especies, ya que dependiendo de la interacción organismo-medio su efecto puede ser positivo, negativo, o, incluso, neutro. Es decir, una misma variación puede resultar favorable en un ambiente, perjudicial en otro o “neutra” en un tercero, desde el punto de vista adaptativo, y solo este tipo de variaciones están sujetas a la selección natural. (Ruiz y Ayala, 2002). Al respecto de las variaciones “neutras”, Darwin (1859, p.129) comenta: “me inclino a sospechar que, por lo menos en algunos géneros polimorfos, vemos variaciones que no son de utilidad ni de perjuicio para la especie”

Por lo tanto, como se puede ver, uno de los argumentos centrales de Darwin tiene que ver con la existencia de **variaciones espontáneas** que ocurren al azar y son heredables -denominadas más tarde, por la teoría sintética como mutaciones aleatorias-. Para Darwin éste era un hecho incontrovertible, aunque desconocía las causas de tal mecanismo (mismo que explicaría a través de su hipótesis fallida sobre la pangénesis) y reconocía que éste era un punto débil de su teoría. El argumento de Darwin era que algunas variantes naturales tenían que ser más ventajosas que otras en cuanto a la supervivencia y reproducción de los individuos que las presentaban. Los organismos con variantes ventajosas tienen una mayor probabilidad de sobrevivir y reproducirse que los organismos carentes de las mismas. Este proceso provoca la expansión de las variantes útiles y la eliminación de las variantes nocivas o menos útiles.

Retomemos el ejemplo de Lamarck sobre las jirafas para ilustrar lo anterior y al tiempo poder contrastar las ideas de éste con Darwin sobre la evolución de esta especie. Bajo la concepción de la teoría Darwiniana, los ancestros de la jirafa actual eran de cuello corto y largo, pero al alimentarse las de cuello corto de las ramas bajas de los árboles el alimento empezó a escasear y de entre toda la población, los individuos que tenían el cuello más largo, al ser capaces de alcanzar su alimento, sobrevivieron y se reprodujeron diferencialmente (teniendo más descendientes). Es lógico pensar que la mortandad entre los individuos de cuello corto fue muy intensa y las jirafas sobrevivientes, las de cuello largo, transmitieron sus características a sus descendientes, los que igualmente fueron seleccionados durante muchas generaciones, dando por resultado las jirafas de cuello larguísimo que conocemos en la actualidad.

Sin embargo las nociones de uso y de no uso y de acción directa del medio como fuente primaria de la variación y la idea de que las modificaciones así provocadas son hereditarias son ideas que Darwin admitirá en su teoría. En ambos autores, este tipo de variaciones conducen directamente a la variación y le dan a ésta un carácter adaptativo.

Con relación al problema de Darwin sobre la variación, resulta irónico saber que la solución a éste fue descubierta por Gregor Mendel (1822-1884), solamente unos años después de la publicación de la teoría de Darwin, pero se ignoró en vida de Mendel y dio a conocer en el cambio de siglo, después de muchos años de su muerte. A partir de sus experimentos, Mendel dedujo que existían “unidades de herencia” (llamadas posteriormente genes) que no se mezclaban en el proceso de reproducción, sino que eran transmitidas de generación en generación heredándose o no sin cambiar su identidad. Con este descubrimiento se pudo asumir que las mutaciones aleatorias de genes no desaparecían en pocas generaciones, sino que eran preservadas y heredadas en la siguiente generación o eliminadas por la selección natural (Capra, 1998).

En la actualidad existe un conocimiento más completo y profundo de la variabilidad genética y de los procesos de la evolución orgánica. La selección natural continúa siendo el proceso fundamental que dirige los cambios evolutivos. Sin embargo, sólo puede darse selección natural si hay variabilidad genética. Cuanto mayor sea la variabilidad genética de una población, más oportunidades tiene la selección natural para actuar. Así, bajo la perspectiva darwiniana, la evolución ocurre a través de los siguientes hechos:

1. En la naturaleza existen muchas variaciones en las especies.
2. La selección natural actúa sobre esas variaciones.
3. Si alguno de los factores de selección es especialmente crítico (que pueda alterar la vida de las especies), los individuos sobrevivientes a este filtro de la naturaleza tendrán características que les permitan un alto grado de eficiencia en su ambiente específico, y tal característica será hereda por sus descendientes, originando **individuos más aptos** entre los propios sobrevivientes por varias generaciones que se reproducen diferencialmente (dejan más descendencia), y esta característica de aptitud será más frecuente en la siguiente generación.

4. La población resultante será también diversa y, al actuar la selección natural sobre ella, el resultado será una población más eficiente con respecto al factor crítico de selección.

5. El efecto persistente de la selección natural dará como resultado la evolución de la especie en cuestión, al acumularse una serie de cambios que le permitan una gran eficiencia en el ambiente en el que habita.

Por lo tanto, se pueden resumir las aportaciones de Darwin al desarrollo del pensamiento evolutivo bajo las siguientes concepciones:

- ❖ El mundo no es estático, sino que evoluciona: las especies cambian continuamente a lo largo del tiempo (sufren variaciones), se originan unas y se extinguen otras.
- ❖ El proceso de la evolución es gradual y continuo en todas las especies y existe hasta nuestros días.
- ❖ Los organismos semejantes están emparentados, y descienden de un antepasado común, y
- ❖ Las especies se multiplican con el tiempo, es decir ocurre una especiación.
- ❖ El mecanismo de la evolución es la selección natural.

Contrastando las teorías de Lamarck y de Darwin se puede decir que la diferencia esencial entre el lamarckismo y el darwinismo es que la primera es una teoría instrucionista y la segunda una teoría seleccionista. Para Lamarck el medio instruye o dirige al organismo sobre las características estructurales, funcionales y conductuales que se requieren para sobrevivir en él. En cambio, para Darwin el ambiente no instruye, el ambiente sólo participa seleccionando a los organismos previamente provistos de las estructuras, funciones y comportamientos que se requieren para la sobrevivencia en un ambiente (Ruiz y Ayala, 2002).

La teoría evolutiva de Lamarck es transformista. Según Lamarck, la evolución consiste en el origen por generación espontánea de organismos nuevos y simples, los *infusorios* (protozoarios y bacterias), y su gradual transformación en especies superiores y más perfectas. Esta teoría tuvo mucha aceptación en su momento pero fue desplazada, en casi todo el mundo, por la teoría de Darwin (Mayr, 1998).

La teoría de Darwin explica una evolución determinada por variaciones que se originan de forma espontánea. Según esta teoría, en cada generación se produce una enorme cantidad de variación pero entre los numerosos descendientes, sólo unos pocos sobrevivientes logran reproducirse; aquellos que presentan variaciones con carácter adaptativo y que por lo tanto son favorecidos por la selección natural.

Con respecto a la adaptación de los organismos, Lamarck la concibe como perfecta, en tanto que considera que todo cambio o variación en los organismos, originada por el resultado de la interacción organismo-medio, es forzosamente adaptativa y no estará sujeta a la selección natural. En cambio, para Darwin, además de la existencia de este tipo adaptación existe una adaptación diferencial. Es decir, una misma variación puede resultar favorable en un ambiente, perjudicial en otro e, incluso, neutra en un tercero. Solo las variaciones favorables o ventajosas serán el blanco de la selección natural.

Con su teoría, Darwin fue capaz de generar una revolución conceptual en el pensamiento evolutivo, ya que todos los fenómenos naturales, incluyendo el origen de los seres vivos, pueden ser explicados por procesos materiales gobernados por leyes naturales. Esta es una visión fundamental que ha cambiado para siempre la manera como el género humano se percibe a sí mismo y como concibe su papel en el mundo. Hoy en día, la selección natural sigue siendo aceptada como una de las fuerzas principales de la evolución por otras teorías que tratan de explicar el proceso evolutivo tales como la **teoría sintética** o moderna de la evolución (neodarwinismo), la cual incorpora la genética y otros campos muy variados de la biología a la selección natural y “la teoría de los **equilibrios**

puntuados” que retoma elementos del neodarwinismo para explicar que la evolución ocurre en dos etapas, una rápida en la que surge una nueva especie o especies y una subsecuente en la que no existen cambios morfológicos (la especie permanece estable); por lo que rechaza la idea de que la evolución más que gradual es discontinua.

La consolidación de la selección natural por parte de estas teorías (independientemente de las diferencias y polémicas que giran en torno a su papel) y estudios recientes que dan cuenta de ello y que ponen en evidencia que tal mecanismo ya no es considerado solamente como un supuesto sino como un hecho nos permite considerar a la teoría de Darwin como una de las teorías mayormente aceptadas, en particular por la mayoría de la comunidad de biólogos y en general por la comunidad científica. Asimismo, las ideas de esta teoría hoy en día tienen una repercusión importante sobre aspectos no solamente biológicos, sino también sociales, económicos e incluso, políticos.

1.2 La enseñanza de la Biología en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH)

La materia de biología, por su carácter científico y experimental ha generado desde sus inicios en el sistema educativo la problemática de entender y explicar el mundo vivo. Así mismo, las nuevas líneas de investigación biológica, tanto en el nivel teórico como experimental, plantean la necesidad en el ámbito educativo de enseñar estos avances en el nivel bachillerato. Por un lado consiste en ampliar y profundizar los conocimientos sobre los procesos básicos que operan la vida y por otra parte, se pretende promover una actitud investigadora, científica y crítica en el alumnado. Dentro del contexto de como se concibe la ciencia y el conocimiento científico en el bachillerato del Colegio de Ciencias y Humanidades, se propone ofrecer a los alumnos una serie de aprendizajes que consideren aspectos básicos del quehacer científico.

Bajo este planteamiento, los programas de estudio de biología del CCH (2004) consideran la enseñanza de la biología bajo dos aspectos: el disciplinario y el

didáctico. El enfoque disciplinario propone una visión integral de la biología, teniendo como eje estructurante a la biodiversidad y cuatro ejes complementarios para construir el conocimiento biológico que permean en las distintas unidades y temáticas de los programas: **el pensamiento evolucionista**, el análisis histórico, las relaciones sociedad-ciencia-tecnología y las propiedades de los sistemas vivos. De éstos, el que llama más la atención es el pensamiento evolucionista, ya que además de sustentar la unificación de la biología como un cuerpo conceptual coherente le da independencia al discurso biológico frente a otros, y de esto depende la autonomía de la biología como ciencia.

Este eje es lo que lleva al estudio coherente de la vida, en una formulación integradora que intenta unificar el saber biológico con la explicación de la diversidad biológica, es decir, a partir de los conocimientos de disciplinas biológicas, como la genética, la ecología, la evolución y la biogeografía, el pensamiento evolucionista explica el origen, la complejidad, y los procesos que caracterizan a la biodiversidad (CCH, 2004. p. 4)

Con respecto al aspecto didáctico de la biología los programas de estudio del CCH indican que:

Se parte de la concepción de que el aprendizaje es un proceso de construcción mediante el cual los alumnos conocen, comprenden y actúan (...) éste es un proceso gradual y continuo, en donde el nuevo aprendizaje se edifica sobre el anterior, al cual se incorpora, y donde lo que va a aprenderse debe verse en términos de lo que ya se conoce (...). De esta manera, se logrará el aprendizaje de nuevos conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores más complejos. (*Ibídem* p.5).

Esto significa que, para facilitar la construcción del conocimiento, es importante la utilización de estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje significativo, a través del cual la nueva información se relacione de manera sustantiva con los conocimientos previos del alumno, pero además existe el reto del profesor para que nuestros alumnos adquieran y desarrollen habilidades que les permitan enfrentar con éxito los problemas no solo con relación a la adquisición de nuevos conocimientos en el campo de la biología sino también para que puedan

comprender la relación que existe entre la ciencia, sociedad y naturaleza y así poder desarrollar una ética de responsabilidad individual y social.

1.2.1 Programa de estudios de Biología II

Se entiende por programas de estudio, los documentos que permiten observar los contenidos de las asignaturas, que constituyen el plan de estudios- la ordenación general por años y cursos de las materias y actividades que han de desarrollarse en la institución- En ellos se detallan los temas, aprendizajes y estrategias didácticas a considerar y aplicar en las asignaturas, además de la bibliografía básica que ha de utilizarse. Los programas de estudio son las piedras angulares de la vida académica que median entre las diversas realidades dentro y fuera de la institución, ya que deben satisfacer las demandas de la sociedad actual, y por ello deben irse adecuando en el transcurso del tiempo. Desde esta perspectiva se han modificado los planes y programas de estudios desde el origen del CCH, en el año de 1971, mismos que fueron reformados en 1996 y en 2004. “Dichas revisiones van desde la idea del currículum como construcción social y cultural hasta una cultura del currículum que responde a lo complejo y cambiante de la sociedad por la intervención de los diferentes sectores de ella...” (Romero, 2006, p. 12).

Con la última revisión y ajuste del plan y programas de estudio del colegio se pretende mejorar la calidad de sus alumnos que están cursando y de aquellos que egresan, por lo que en el área de las ciencias experimentales se plantea la necesidad de incorporar elementos que se centren en los **aprendizajes** ya establecidos y actualizados del conocimiento científico y tecnológico con el fin de que el estudiante desarrolle una serie de capacidades más responsables, creativas y críticas de su entorno académico y social, y que además pueda egresar con una cultura básica que le permita continuar con sus estudios superiores.

De acuerdo al programa de estudios del CCH, la asignatura de biología II pertenece al área de ciencias experimentales y se cursa durante el cuarto semestre de forma obligatoria. El programa propone la enseñanza de una biología

integral que proporcione a los alumnos los conceptos, principios básicos y las habilidades que les permitan entender y estudiar nuevos conocimientos de la disciplina, es decir, “**aprender a aprender**” (CCH, 2004. p. 3). De igual manera, se promueve el desarrollo de actitudes y valores que aplicados permitan al alumno asumirse como parte de la naturaleza, propiciar una actitud de respeto hacia ella y una actitud ética en cuanto a las aplicaciones del conocimiento biológico.

1.2.1.1 Primera unidad. ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos?

El propósito general de esta unidad consiste en que el alumno identifique los mecanismos que han favorecido la diversificación de los sistemas vivos, 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. Los temas que constituyen tal unidad son los siguientes:

- Tema I. El origen de los sistemas vivos.
- Tema II. La evolución como proceso que explica la diversidad de los sistemas vivos.
- Tema III. La diversidad de los sistemas vivos.

Estos tres aspectos relevantes: origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos son los que conforman la primera unidad del programa de biología II, en donde se pone énfasis en que los estudiantes comprendan el proceso de la evolución desde el origen de la vida y los procesos ecológicos que han permitido que existan cambios- sujetos a las distintas fuerzas evolutivas- en la morfología, anatomía y fisiología de los diferentes grupos de organismos, hasta nuestros días, con el fin de que comprendan que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo. Algunos de los aprendizajes que se plantean en esta unidad y que se relacionan con tal proceso tienen que ver con que el alumno:

- Explique distintas teorías sobre el origen de los sistemas vivos considerando el contexto social y la etapa histórica en que se formularon.
- Explique las teorías evolutivas formuladas por Lamarck y Darwin - Wallace.
- Valore las aportaciones de Darwin al desarrollo del pensamiento evolutivo.
- Explique la diversidad de las especies como resultado de los mecanismos evolutivos.
- Valore la necesidad de conservar la biodiversidad.
- Aplique habilidades, actitudes y valores al llevar a cabo actividades documentales, experimentales y/o de campo, que contribuyan a la comprensión del origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos.
- Aplique habilidades, actitudes y valores para comunicar de forma oral y escrita la información derivada de las actividades realizadas.

Cabe señalar que los aprendizajes de esta unidad se definen en términos del logro de habilidades o destrezas cognitivas, en el aspecto conceptual, procedimental y actitudinal, en los estudiantes, donde los procesos de pensamiento son los más importantes a desarrollar en los alumnos. En este sentido, vemos que los objetivos de aprendizaje se ajustan al propósito de la unidad y ambos son congruentes con los criterios que considera la institución para que el alumno aprenda los contenidos mínimos o suficientes que formarán parte de su cultura básica.

1.2.2 Programa de estudios de Biología IV

En el caso de la materia de Biología IV, con base en el programa de estudios del CCH, el curso, está encaminado a profundizar en la cultura básica del estudiante en esta disciplina y al igual que el programa de biología II pretende la formación propedéutica del alumno mediante una enseñanza de una biología integral que proporcione a los alumnos los conceptos y principios básicos, así como las habilidades, actitudes y valores que le permitan estudiar y comprender nuevos

conocimientos de la disciplina, integrarse a la sociedad de nuestro tiempo y asumirse como parte de la naturaleza, propiciando una actitud de respeto hacia ella y una ética en cuanto a las aplicaciones del conocimiento. La enseñanza de la asignatura de biología IV se centra en el tema de la biodiversidad (eje básico o estructural) y el pensamiento evolucionista (eje complementario), mismo que justifica a esta disciplina su autonomía y diferencia frente a otras ciencias tales como la física o la química y además la hace ser distinta en cuanto a su objeto de estudio, su historia, sus métodos de estudio y su filosofía. Considerando el carácter constructivista que se le da al enfoque didáctico de la asignatura los objetivos de aprendizaje van encaminados a que el alumno desarrolle las capacidades cognitivas suficientes para intentar el logro de su propio aprendizaje, tanto en el aspecto conceptual, procedimental, actitudinal y de valores. Si bien la enseñanza de la materia de biología IV en el CCH se concibe bajo los mismos principios, expuestos con anterioridad, considerados para el caso de biología II, sus contenidos temáticos, propósitos y aprendizajes son otros.

1.2.2.1 Primera unidad. ¿Cómo se explica el origen de la biodiversidad a través del proceso evolutivo?

De acuerdo con el programa de estudios del CCH (2004), el propósito general de esta unidad es el siguiente:

“El alumno comprenderá que las especies son el resultado de la evolución, a través del estudio de los mecanismos y patrones evolutivos, para que explique el origen de la biodiversidad” (p.17) y los temas que constituyen dicha unidad son:

Tema 1. Fuerzas evolutivas y sus consecuencias.

Tema 2. Mecanismos y patrones evolutivos que explican la diversidad.

En la óptica de que los aprendizajes son el eje de las actividades académicas, éstos se encuentran estructurados en el programa de estudios de Biología IV de la siguiente manera: Para el caso de esta primera unidad, los aprendizajes

conceptuales están dirigidos a la explicación del origen de la biodiversidad a través del proceso evolutivo, y enfocados al cumplimiento del propósito de ésta. Por ejemplo, veamos algunos de los aprendizajes de este tipo:

- El alumno reconoce que la selección natural es la fuerza principal que determina el proceso de la evolución.
- El alumno explica la adaptación como proceso que influye en la diversidad biológica.
- El alumno distingue los modelos de especiación alopátrica, simpátrica e hibridación, así como su papel en la diversificación de las especies.

En cuanto a los aprendizajes de tipo metodológico, los alumnos tienen que llevar a cabo actividades documentales, experimentales y de campo, que contribuyan a la comprensión y valoración de los procesos evolutivos que dan origen a la biodiversidad. Asimismo, los alumnos tienen que diseñar y desarrollar una investigación experimental sobre alguna de las temáticas del curso con el fin de que desarrollen habilidades en cuanto a la elaboración de un marco teórico, el planteamiento de un problema y la planificación de estrategias para abordar su solución.

Por su parte, los aprendizajes de tipo actitudinal están enfocados a la aplicación de habilidades y actitudes para comunicar de forma oral y escrita la información obtenida de todas las actividades de aprendizaje que se realicen en equipo o de forma individual.

Para finalizar, es importante señalar que el programa de Biología IV va dirigido a aquellos estudiantes, de entre 17 y 18 años de edad, que, por lo general, están interesados en ingresar a una carrera del área Químico-Biológicas, y que por lo tanto seleccionan en forma optativa la materia de biología para cursarla en los semestres de 5º y 6º. Estos estudiantes ya han adquirido los conceptos básicos de la disciplina (en en las materias de Biología I y II), así como las habilidades

metodológicas y las actitudes propias de su formación y ahora, en los cursos de Biología III y IV tienen que profundizar en los contenidos disciplinarios y desarrollar nuevas habilidades para reconstruir lo ya aprendido y construir nuevos aprendizajes que le sean significativos durante y después del bachillerato.

CAPÍTULO 2. EL APRENDIZAJE EN LA CIENCIA

2.1 Cómo se construye el aprendizaje: algunas teorías

Antes de revisar algunas teorías de cómo se construye el aprendizaje, es conveniente dar a conocer algunas apreciaciones de lo que se entiende de este proceso. Considerando que el aprendizaje implica siempre un cambio en la persona que aprende y que este cambio puede ser deliberado o no intencional y debe de llevarse a cabo por la experiencia, tenemos que de acuerdo con Woolfolk (1990), “el aprendizaje es un cambio que ocurre en la persona como resultado de la experiencia” (p. 173). Dentro del papel que juega la experiencia en el aprendizaje, se puede entender que no sólo intervienen los estados físicos, y biológicos, los cuales abarcan la percepción sensorial de lo que rodea al individuo, sino también otros aspectos, como la interpretación y los conocimientos de la realidad. Esta percepción se realiza mediante el vivir en sociedad, en relación a los otros (Berger y Luckmann, 2005).

Uno de los elementos clave del aprendizaje es la imitación, donde se representa la repetición de lo observado. Desde este enfoque, el aprendizaje comprende una relación social que conlleva un tiempo y un espacio, donde se pueden realizar situaciones de habituación y rutina, que permiten llevar a ciertos condicionamientos y en otros casos, al aprendizaje (Mergel, 1998). Para Domjan y Burhard (1996), el aprendizaje es un cambio duradero en los mecanismos de conducta como resultado de la experiencia, y no solamente de la imitación de los acontecimientos externos. Es decir, no se trata únicamente de un cambio en la conducta misma, sino de una modificación de la respuesta entre el actuar y el estar consciente de tal actuación.

Desde una postura constructivista, Ausubel postula que “el aprendizaje implica una reestructuración activa de las percepciones, ideas, conceptos y esquemas

que el aprendiz posee en sus estructura cognitiva” (Díaz-Barriga y Hernández, 2002, p.35). En este sentido, se concibe al aprendizaje como una práctica constructiva, intencional, activa y consciente que implica una intención, acción y reflexión (Henderson, 1992). Es decir, se representa al aprendizaje como un proceso constructivo basado en una interpretación y reestructuración del conocimiento aprendido y no como una actividad solo reproductiva o acumulativa de lo que se observa o se conoce.

2.1.1 El Conductismo

De manera general, las teorías conductistas se basan en los cambios observables en la conducta del individuo. Estos se enfocan en la construcción del aprendizaje y en la repetición de los patrones de conducta hasta que éstos se realizan de manera automática. De acuerdo con Hernández (1998), el fundador del conductismo fue J.B. Watson, quien argumentaba que la psicología tenía que descartar el estudio de la conciencia y los procesos mentales para nombrar a la conducta su objeto de estudio.

Después del auge y éxito del planteamiento watsoniano, en los años veinte del siglo pasado, se desarrolla el movimiento neoconductista con cuatro principales corrientes: el conductismo asociacionista de Guthrie, el conductismo metodológico de Hull, el conductismo intencional de E.L. Tolmany, por último, el conductismo operante de B.F. Skinner.

Para fines prácticos, se mencionará, a continuación únicamente, a manera de síntesis, la propuesta de Skinner, considerando que éste es uno de los representantes de las teorías conductuales que han permeado, a lo largo del tiempo, de manera importante las prácticas educativas. El conductismo de Skinner se desarrolla entre la década de 1940 y la de 1960; su propuesta conocida como *análisis experimental de la conducta* (AEC) se basa en el antimentalismo y el ambientalismo: los aspectos más radicales de la corriente conductista. Según Skinner, (cit. en Hernández, 1998) la conducta de los organismos puede ser explicada a través de las contingencias ambientales, donde los procesos internos

de naturaleza mental no tienen ningún valor causal-explicativo. El principio del cual parte esta corriente para poder explicar las conductas de los organismos es el modelo estímulo-respuesta (E-R). Por ende, todas las conductas, por muy complejas que sean, pueden ser analizadas a través de estímulos y respuestas. Una de las aportaciones más relevantes de Skinner al enfoque conductista fue sin duda el conocimiento acerca del condicionamiento operante. Este autor parte de la idea de que los principios del condicionamiento clásico (representado por Pavlov, Watson y Guthrie) solo explicaban una pequeña parte de las conductas que se aprenden y que éste describe cómo se ligan las conductas existentes con estímulos nuevos, pero no cómo se adquieren nuevas conductas. Muchas conductas no son simples respuestas ante los estímulos, sino acciones deliberadas (premeditadas) u operantes, los cuales son afectados por lo que sucede después de ellos. Por lo tanto, las consecuencias determinan en gran medida si una persona (o animal) repetirá o no una acción en el futuro. En este sentido, Woolfolk (1990), indica que el condicionamiento operante “es el aprendizaje en que la conducta voluntaria es fortalecida o debilitada por sus consecuencias o antecedentes” (p. 183). De acuerdo con el conductismo gran parte de la conducta de los seres humanos es aprendida y es producto de las contingencias ambientales (acciones recompensadas). En consecuencia, si es de nuestro interés que el alumno adquiera o aprenda una serie de conductas, es necesario utilizar los principios y/o procedimientos, de los cuales el más importante es el reforzamiento. Al respecto:

Bandura acepta el papel central del reforzador contingente para la conducta aprendida, pero sostiene que el aprendiz es un predictor activo que obtiene información de los estímulos ambientales, especialmente del reforzador; éste no es un simple fortalecedor automático de las respuestas, sino un medio que provee información interpretable. (Hernández, 1998. p. 95).

Por lo tanto, el alumno no siempre va a responder tal y como lo espera el docente. Ante esto, es importante hacer que el alumno se dé cuenta de sus propias debilidades y fortalezas y entonces reforzar sus conductas más apropiadas hacia los aprendizajes actitudinales esperados por el docente.

2.1.2 El Cognoscitivismo

Gimeno y Gómez (2002) distingue las siguientes teorías para el enfoque cognoscitivista del aprendizaje:

- a) Las teorías cognitivas, constituidas por la teoría de la Gestalt y la psicología fenomenológica, representada por Kofka, Köhler, Whertheimer, Maslow y Rogers.
- b) La psicología genético-cognitiva, representada por Piaget, Bruner, Ausubel e Inhelder.
- c) La psicología genético-dialéctica, cuyos representantes son Vigotsky, Luria, Leontiev, Rubinstein y Wallon.
- d) La teoría del procesamiento de información, representada por Gagné, Newell, Simon, Mayer y Pascual Leone.

A continuación se describirán, por razones prácticas, de manera breve los planteamientos de algunos representantes de estas teorías.

El enfoque cognitivo también llamado *procesamiento de información* tuvo sus orígenes durante la década de los cincuenta y de acuerdo con Brunner (cit. en Hernández, 1998) había en éste una firme intención por indagar los procesos de creación y construcción de los significados y producciones simbólicas, empleados por los hombres para conocer la realidad circundante. Las teorías cognitivas se interesan en el estudio de las representaciones mentales y en el papel que desempeñan éstas en la producción y el desarrollo de las acciones y conductas humanas. (Pozo, 1989).

Desde el punto de vista epistemológico, el enfoque cognitivo considera que el sujeto elabora las representaciones y entidades internas, ideas, conceptos, planes, etc. de una manera esencialmente individual. Dichas representaciones mentales determinan las formas de actividad que realiza el sujeto. A diferencia del

enfoque conductista para el cual el sujeto está controlado por las contingencias ambientales, en este enfoque el sujeto es un agente activo cuyas acciones dependen en gran parte de las representaciones o procesos internos que él ha elaborado como producto de las relaciones previas con su entorno físico y social. Como consecuencia, el sujeto de conocimiento deja de ser una *tabula rasa* donde acumula por asociación impresiones sensoriales para ir conformando sus ideas sobre el mundo. Por el contrario, el sujeto organiza tales representaciones dentro de su sistema cognitivo general, es decir en su sistema de memoria (Pozo, 1997b; Hernández, 1998).

Los científicos cognitivos han tratado de describir y explicar los mecanismos de la mente humana, para lo cual han propuesto varios modelos teóricos que den cuenta de cómo se realiza el procesamiento de la información, desde que esta ingresa al sistema cognitivo hasta que finalmente se utiliza para ejecutar una conducta determinada. Es así como uno de los modelos más comunes que se han utilizado para tal efecto y que ha tenido repercusiones importantes en la práctica educativa es el propuesto por Robert Gagné sobre la categorización de los resultados del aprendizaje. Este autor ha categorizado las habilidades que la gente puede aprender, conocidas como resultados del aprendizaje, en cinco categorías: actitudes, habilidades motoras, información verbal, habilidades intelectuales y estrategias cognoscitivas (Woolfolk, 1990).

Por su parte Jean Piaget (cit. en Porlán, 1993), explica cómo aprenden los alumnos y la importancia de organizar las actividades adecuadas para que lo consigan, sobre todo para que aprendan por sí mismos y sean capaces de aplicar el conocimiento a las situaciones nuevas. De esta manera, Piaget se interesó más por cómo se construye la inteligencia. Sus aportaciones ayudaron a entender que los alumnos no sólo forman conocimientos concretos, sino que adquieren sistemas para recibir información y transformarla; más que sus conocimientos concretos, lo que los capacita para aprender son las formas de abordar los problemas a los cuales se enfrentan cotidianamente. Los adolescentes, en su construcción activa de la comprensión, utilizan esquemas, entendiéndose a éstos como conceptos o

marcos que existen en la mente del individuo para organizar e interpretar la información o como lo considera Coll (2002), representaciones que una persona posee en un momento determinado de su vida en un espacio de la realidad. Este espacio puede ser más o menos rico en información y detalles, tener un grado de organización y coherencia interna variable y ser más o menos válido, o adecuado a la realidad. Piaget (cit. en Santrock, 2004), afirmó que los niños y adolescentes utilizan dos procesos para usar y adaptar sus esquemas: la asimilación y la acomodación. La asimilación tiene lugar cuando un individuo incorpora información nueva a un esquema preexistente sin que este se modifique. En cambio, la acomodación se da cuando un individuo ajusta sus esquemas a la información nueva. En este sentido, para entender los mecanismos del aprendizaje, se requiere el conocimiento del estado del alumno cognoscente, es decir, cómo recibirá un nuevo conocimiento con base en el bagaje de conocimientos previos que establezcan las relaciones pertinentes entre sus saberes y el nuevo conocimiento.

Ausubel (1976), establece que el aprendizaje es significativo cuando puede relacionarse de modo no arbitrario y sustancial con lo que el alumno ya sabe. De tal manera que, si el alumno carece del conocimiento previo sobre determinado contenido, éste contenido carecerá de significado para él. A este hecho le se vincula el contexto social del estudiante. Es decir, es importante la interacción con el medio social y cultural en que el alumno se desenvuelve. Por ende, cuando el alumno incorpora a su vida cotidiana lo que ha aprendido en la escuela, cuando es capaz de construir por sí solo su discurso hablado y escrito, cuando comprende y explica los fenómenos que ocurren a su alrededor, se puede decir que aprendió significativamente. En este proceso es indispensable tomar en cuenta que la estructura cognitiva del alumno tiene una serie de antecedentes y *conocimientos previos*, un vocabulario y un marco de referencia personal como un reflejo de sus madurez intelectual. Este conocimiento resulta crucial para el docente, ya que Ausubel considera que a partir de éste se debe planear la enseñanza (Díaz-Barriga y Hernández, 2002). Al respecto, Ausubel (1976) comenta lo siguiente: “Si

tuviese que reducir toda la psicología educativa a un solo principio, enunciaría este: de todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante es lo que los alumnos ya saben. Averígüese esto y enséñese en consecuencia”. (p. 6)

2.1.3 El constructivismo

El enfoque constructivista del aprendizaje tiene sus orígenes, en la década de los treinta del siglo pasado, con los primeros trabajos de Jean Piaget sobre la lógica y el pensamiento verbal de los niños (Hernández, 1998). Sin embargo también hay que considerar otros planteamientos tales como los derivados del cognoscitivismo y de la teoría sociocultural –basada en los trabajos de Vigotsky (1929)- como fuentes principales de la visión constructivista de los procesos de enseñanza y aprendizaje escolares.

Desde la postura constructivista, los procesos de aprendizaje y enseñanza (a diferencia del enfoque conductista), lejos de ser meros procesos de repetición y acumulación de conocimientos, implican una transformación de la mente de quien aprende, el cual debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales para apropiarse de ellos. El conocimiento no es en absoluto una simple copia del mundo, sino por el contrario, la información sobre los objetos está fuertemente condicionada por los marcos conceptuales (los esquemas) que orientan todo el proceso de adquisición de los conocimientos. (Pozo, 1997a; Hernández, 1998). Por lo tanto, el conocimiento adquirido y procesado por los alumnos no es un producto acumulativo de la experiencia, ni se encuentra en el sujeto de forma innata, sino que es construido por el sujeto. De acuerdo con Pozo (1997b), “Aprender no es hacer fotocopias mentales del mundo ni enseñar es enviar un fax a la mente del alumno para que ésta emita una copia, que el día del examen el profesor compara con el original en su día enviado por él”. (pp. 37)

Desde la variante sociocultural del constructivismo, se puede reconocer al alumno como un ser social que efectúa una apropiación o reconstrucción de saberes culturales y al aprendizaje como aquel proceso que promueve el desarrollo

mediante la interiorización y apropiación de representaciones y procesos, es decir un trabajo de construcción e interacción conjunta. En este sentido:

...se asume que el alumno se acerca al conocimiento como aprendiz activo y participativo, constructor de significados y generador de sentido sobre lo que aprende, y que, además, el alumno no construye el conocimiento de manera aislada, sino en virtud de la mediación de otros, y en un momento y contexto cultural particulares, con la orientación hacia metas definidas (Rogoff, 1993, cit. en Díaz-Barriga, 2006, p.14).

En esta misma visión, Carretero (1997), nos da a conocer la existencia de otros factores que además de los cognitivos y socioculturales también están involucrados en la concepción constructivista, tal consideración la podemos distinguir en el siguiente argumento que dicho autor hace ante la pregunta *¿Qué es el constructivismo?*

Básicamente puede decirse que es la idea que mantiene que el individuo tanto en los aspectos cognitivos y sociales del comportamiento como en los afectivos no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, sino una construcción propia que se va produciendo día a día como resultado de la interacción entre esos dos factores. En consecuencia, según la postura constructivista, el conocimiento no es una copia fiel de la realidad, sino una construcción del ser humano (p. 24-25).

Ahora bien, ¿Cuáles son los medios que utiliza la persona para tal construcción?. Tiene que ver los esquemas que ya posee, es decir, con lo que ya construyó en su relación con el medio que le rodea. Dicho proceso de construcción depende de dos aspectos fundamentales: de los *conocimientos previos* o representación que tenga de la nueva información, o de la actividad o tarea a resolver y de la actividad externa o interna que el aprendiz realice al respecto.

Por otro lado, además de las implicaciones psicopedagógicas que presenta el modelo constructivista, este tiene también una implicación importante en el diseño del currículo, el cual puede ser visto no como un conjunto de conocimientos y habilidades, sino como un programa de actividades a través del cual dichos conocimientos puedan ser adquiridos.

2.2 Las ideas previas: concepción y características

En la literatura existe una gran cantidad de términos sobre las ideas previas o esquemas de representación teórica. En la bibliografía se puede encontrar hasta 28 nombres para referirse a las ideas previas de los estudiantes (Giordan y de Vecchi, 1988. Cit. en Posada 2002). Algunos nombres que se utilizan son: preconceptos, esquemas o concepciones alternativas, representaciones, ideas de los niños, errores conceptuales (*misconceptions*), etc. Estas diferencias en la terminología dependen de las posturas epistemológicas y psicológicas adoptadas por los distintos autores. En este estudio, de acuerdo a nuestros propósitos, se adopta el término de *ideas previas* ya que de acuerdo con Flores y cols. (2000), Medina (2003) y Caballero (2008), se consideran construcciones conceptuales que el individuo elabora antes de ser transformadas por algún proceso educativo, como por ejemplo las estrategias de enseñanza para el cambio conceptual y que no necesariamente se refieren a una construcción errónea (*misconceptions*), a explicaciones articuladas en sí mismas como para ser consideradas alternativas a un campo del conocimiento (esquemas alternativos) o a construcciones en proceso, donde las ideas están o han sido transformadas por alguna estrategia específica de enseñanza para el cambio conceptual (preconceptos). Sin embargo, considerando el carácter implícito, espontáneo y cotidiano que caracteriza a estos distintos términos en cuanto a su origen, hay quienes los usan de manera indistinta. Por ejemplo, Según Viennot (1985), las concepciones alternativas representan un modo de pensar espontáneo que se puede encontrar en las conversaciones cotidianas e incluso en muchas lecturas (cit. en Aguilar, 2007). Asimismo, Pozo y cols (2006) utiliza el término *teorías implícitas* para referirse a "*conocimientos previos o ideas alternativas*" (p.101) o Pozo y Carretero (1987) utilizan el término *concepciones espontáneas* para referirse a ideas previas.

Las ideas previas se pueden concebir como construcciones personales de los sujetos, elaboradas de modo más o menos espontáneo en su interacción cotidiana con el mundo y por la influencia escolar. Estas ideas pueden ser incoherentes desde el punto de vista científico, pero para el sujeto son bastante

estables y resistentes al cambio, ya que le permiten dar explicaciones satisfactorias de los fenómenos naturales (Pozo y cols, 1991a). Por su parte, Carrascosa (2005) denomina a las ideas previas como concepciones que tienen los estudiantes sobre diferentes fenómenos, aun sin recibir ninguna enseñanza sistemática al respecto. Considerando tales aspectos, se puede definir a las **ideas previas** como construcciones que los sujetos elaboran para dar respuesta a su necesidad de interpretar fenómenos naturales o conceptos científicos y para brindar explicaciones, descripciones o predicciones; ideas que se crean a partir de las experiencias cotidianas, las actividades físicas, las conversaciones con otras personas y de la información de los medios de comunicación, entre otros factores; representan modelos coherentes de conocimiento, aunque para la ciencia o el conocimiento escolar puedan ser incoherentes. Estas ideas son explicaciones que los alumnos van construyendo mediante la interacción con su medio tanto natural como social. (Bello, 2004; Rayas, 2004).

La mayoría de los estudios realizados en diferentes campos coinciden en la caracterización de las ideas previas. De acuerdo con Pozo y Carretero (1987), Gallegos (1998) y Rodríguez–Moneo y Aparicio (2004), algunas características generales y que pueden ser de interés para el estudio de las problemáticas de la enseñanza de la ciencia son:

- Son construcciones de los sujetos elaboradas en función de su interacción con los fenómenos cotidianos, ya sea individuales o colectivos, o con la información que reciben en la escuela.
- Son personales y parecen dotadas de cierta coherencia.
- Presentan semejanza con concepciones vigentes a lo largo de la historia de la ciencia.
- Son persistentes; no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiterada. Los alumnos se resisten a cambiarlas.
- Son implícitas, es decir, ocurren sin una toma de conciencia en la interacción del sujeto con su medio.

- Debido a lo anterior éstas no forman un sistema elaborado por lo que en muchas ocasiones pueden ser incoherentes.
- Pueden ser contradictorias en la explicación de fenómenos con características semejantes, sin que el sujeto perciba la contradicción.

Según Pozo y cols. (1991a) y Coll y cols. (1992) se pueden reconocer tres categorías de ideas previas de acuerdo a su origen:

Concepciones espontáneas. Se forman al intentar dar una explicación a las actividades cotidianas y se basan en el uso de inferencias causales mediante procesos sensoriales y perceptivos. Estas concepciones se utilizan para explicar el mundo físico de una manera simplista, como resultado de inferencia causal. Por ejemplo, algunas ideas de este tipo son: las ballenas deben tener pulmones muy grandes para poder respirar bajo el agua; si comemos pan y tomamos agua nos salen lombrices; si se mueve es que está vivo.

Concepciones transmitidas socialmente. Su origen tiene que ver con el entorno social y cultural del sujeto o con el conjunto de creencias y representaciones simbólicas compartidas por un grupo social. Los alumnos ingresan a las aulas llenos de creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos o fenómenos. Por ejemplo, es más difícil para las mujeres aprender matemáticas; es bueno traer un ajo en la bolsa para eliminar las malas vibras; la biología no necesita de las matemáticas; si salió en la televisión de seguro es cierto, si aúllan los perros se va a morir alguien, etc.

Concepciones analógicas. Se originan por analogía y pueden ser potencialmente útiles, para el alumno, en la explicación de algo desconocido. Estas ideas se adquieren en la escuela y suelen mezclarse con las dos anteriores creando verdaderas teorías implícitas. Por ejemplo, las plantas realizan fotosíntesis pero no respiración celular; las plantas no responden a los estímulos del medio.

Las ideas previas son generalizadas, ya que las comparten no solo un grupo de individuos, sino toda una sociedad o incluso distintas culturas; son implícitas

porque se usan, de manera inconsciente, pero difícilmente pueden ser explicadas; son coherentes porque permiten actuar conceptualmente en distintas circunstancias, se usan para enfrentar situaciones diversas; son persistentes porque se mantienen aún después de años de instrucción. Dichas concepciones previas se transforman en verdaderas teorías implícitas que guían la forma en que los alumnos se acercan al nuevo conocimiento. Lo anterior provoca una dificultad tanto para su cambio como para su eliminación y por ende un obstáculo para la enseñanza de la ciencia. De ahí la importancia que tiene el indagar y analizar las ideas previas de los alumnos, con la implicación que conlleva respecto a la existencia de estas, a la forma de hacerlas evidentes y a la manera en que serán útiles al alumno para engarzar el nuevo conocimiento. Es así como se pueden planificar y llevar a la práctica estrategias didácticas enfocadas a favorecer el cambio conceptual que permita el tránsito del conocimiento cotidiano al científico

2.3 La investigación sobre las ideas previas

La investigación sobre las ideas previas ha mostrado ser un camino fructífero, porque permite la construcción de un panorama sobre el cual se establecen diversas representaciones conceptuales que generan los estudiantes de varios niveles educativos. Sus implicaciones para la enseñanza han sido numerosas, no solo en aspectos metodológicos (Novak, 1985) sino también, en la formulación de procesos que guían nuevas propuestas educativas, como el enfoque de cambio conceptual (Chi, 1992, cit. en Flores y cols., 2000; Pozo y cols., 2006, Fuentes, 2006).

En este entendido, el conocimiento de las ideas previas de los alumnos es un aspecto básico para comprender sus dificultades específicas en la interpretación de ciertos conceptos y es también un elemento que orienta el diseño y elaboración de estrategias de enseñanza, procesos de evaluación y propuestas curriculares; acciones educativas enmarcadas en una propuesta de transformación conceptual que tiene como punto de partida a las ideas previas.

De acuerdo con Flores y cols. (2000), los estudios de las ideas previas han propiciado la reflexión sobre la construcción del conocimiento desde distintos enfoques, por ejemplo:

- El cambio conceptual y el desarrollo de modelos mentales (Flores y Gallegos, 1993; Tiberghien, 1994).
- Enfoque epistemológico (Di Sessa, 1993)
- Enfoque cognoscitivo (Glynn y Duit, 1995, cit. en Flores y cols, 2000)
- Enfoque constructivista (Tobin, 1993; Glaserfeld, 1993, cit. en Flores y cols., 2000)

La investigación sobre las ideas previas se inició hacia fines de los años setenta, cuando se detectó que estudiantes de diversos niveles, incluidos los universitarios tenían creencias que no correspondían con lo que se les había enseñado en los cursos, a pesar de ser estudiantes regulares que habían desarrollado las habilidades requeridas para aprobar esos cursos. (Flores y cols. 2000). Es así como en los últimos treinta años se han difundido muchas investigaciones referidas a las ideas previas y concepciones alternativas sobre conocimientos científicos, las cuales han sido estudiadas por numerosos autores y se cuenta con bastante información acerca de sus características y sus posibles causas (Driver *et al.*, 1989, 1996; Osborne y Freyberg, 1991; Wandersee *et al.*, 1994; Carrascosa, 2005; Caballero, 2008, entre otros).

De acuerdo con Pozo y cols. (1991b), la investigación sobre ideas previas ha intentado dar respuesta a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las ideas que tienen los alumnos?
- ¿Cuáles son los elementos que contribuyen a su formación?
- ¿Cómo se representan las ideas en la mente de los alumnos?

- ¿Cómo se pueden cambiar esas ideas?

Hasta 1997 se habían listado un total de 1000 estudios en la base de datos sobre el entendimiento de las ideas previas de los estudiantes. De este número alrededor de las dos terceras partes correspondían al dominio de la física; cerca de 200 a biología y alrededor de 134 al campo de la química (Rangel, 2007). Como se aprecia, la investigación de ideas previas en biología no ha sido tan extensa como en el campo de la física, en la que desde 1994 se tienen informes de reportes de 914 trabajos (Pfundt & Duit, 1994), en cambio para la biología existen un poco más de 200 trabajos (Wandersee *et al.*, 1994).

Actualmente se cuenta con un mayor número de trabajos al respecto; 300 estudios en el caso de biología hasta el 2002 en la base de datos de ERIC (Rangel, 2007), sin embargo, no se han cubierto todos los temas pertinentes a la enseñanza media superior y en el caso de esta ciencia, prácticamente no hay trabajos que se enfoquen a las nuevas formas de análisis, sobre todo aquellas que tienen que ver con la búsqueda de problemas conceptuales para el establecimiento de representaciones que permitan interpretar las construcciones conceptuales de los estudiantes (Flores y cols., 2000).

2.3.1 Las Ideas previas sobre la evolución

Según Wandersee *et al.* (1994) los estudios existentes sobre ideas previas en biología se pueden clasificar en cinco áreas:

1).sobre el concepto vida; 2) animales y plantas; 3) cuerpo humano y continuidad (incluyendo reproducción, genética y evolución); y 5) fenómenos como la estructura y fisiología celular y las cadenas alimenticias. En todos estos estudios se constata la existencia de ideas e interpretaciones, con carácter implícito, sobre los fenómenos científicos que suelen ser contrarias o distintas a los conceptos y explicaciones científicas que se aceptan en la actualidad.

En la base de datos de la página electrónica del CCADET de la UNAM y la base de datos del centro de información y recursos para la educación (ERIC), existe una cierta documentación sobre las concepciones de los alumnos en el área de la evolución y en aquellos conceptos de genética que están imprescindiblemente ligados al aprendizaje de este tema. En la tabla 2.1 se indican solo algunos de los estudios con los que se cuenta a nivel de universidad y bachillerato.

Tabla 2.1 Algunos estudios sobre las concepciones en el área de la Evolución y en Genética

| Autor | Año | Contenido Temático |
|----------------------------|------------|---------------------------|
| Deadman & Kelly | (1978) | Evolución y herencia |
| Brumby | (1979) | Selección natural |
| Brumby | (1984) | Selección natural |
| Bizzo | (1994) | Evolución |
| Halldén | (1988) | Evolución |
| Longden | (1982) | Dificultades en genética |
| Engel & Wood | (1985) | Adaptación biológica |
| Albaladejo y Lucas | (1989) | Mutación |
| Jiménez y Fernández | (1989) | Selección natural |
| Jiménez | (1992) | Selección natural |
| Bishop & Anderson | (1990) | Selección natural |
| Settlage Jr, J. | (1994) | Selección natural |
| Demastes, <i>et al.</i> | (1995) | Evolución |
| Southerland, <i>et al.</i> | (2001) | Adaptación |

2.3.2 Estudios para el caso de México

En México son escasos los estudios e investigaciones sobre este campo, principalmente para el campo de la biología. Los estudios que se han hecho sobre ideas previas en biología corresponden principalmente al grado de primaria (Gallegos y cols., 1994).

Existen algunos estudios a nivel universitario, por ejemplo el realizado por Hernández (2002), donde se exploraron las concepciones alternativas sobre la evolución en 177 estudiantes de la carrera de biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM. A través de un cuestionario con preguntas de opción múltiple y problemas de tipo “doble acción”-“respuesta razón” (preguntas con dos opciones de respuesta, acompañadas por tres explicaciones posibles) se exploraron los principales conceptos problemáticos que han sido reportados por diversos autores (de otros países), conceptos que son cruciales para la comprensión del proceso evolutivo. En dicho trabajo, también se investigó la transformación conceptual en diferentes momentos de la carrera; al inicio y final de un semestre y en distintos semestres.

Otro ejemplo es un estudio realizado por Millan y cols. (1997) con 108 estudiantes de varios semestres la carrera de Biología Marina en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. El propósito de tal estudio, de corte cuantitativo, fue indagar los tipos de comprensión (correcta o incorrecta) del concepto de selección natural a partir del planteamiento del siguiente problema: *¿Cómo pudo surgir un delfín a partir de un antepasado mamífero terrestre?*

En el caso del nivel bachillerato en México, si bien existen algunos estudios e investigaciones sobre ideas previas en campos de la biología, tales como la célula o la reproducción, en temas en los que se ha profundizado poco al respecto como la evolución no existen estudios enfocados a la línea que caracteriza al presente trabajo. Dentro los pocos trabajos que pudieran existir en México sobre el campo de la evolución, se encuentra el realizado por Rangel (2007), en alumnos de bachillerato. Este estudio se puede enmarcar bajo los enfoques ontológico y

cognoscitivo. Dicha investigación de corte cualitativo se enfoca a la detección, descripción, y clasificación del conocimiento alterno que sobre el cambio biológico presentan algunos estudiantes del CCH. Para tales propósitos se plantea la siguiente pregunta problema a 100 alumnos: *¿Cómo explicas que los insecticidas cambien su efecto con el tiempo?*

Por todo lo anterior, es necesario seguir trabajando en este tipo de investigaciones y principalmente en relación con aquellos contenidos de mayor dificultad en el aprendizaje de los alumnos, tales como el de la selección natural, ya que la selección natural es el mecanismo principal que explica y dirige la evolución, desde el enfoque Darwinista, en donde la teoría de Darwin es considerada como el paradigma fundamental de la biología como ciencia (Ledesma, 2000).

Por lo tanto, se considera importante realizar este tipo de investigaciones para aportar y apoyar a un campo escaso y relativamente nuevo en la investigación educativa en México, además de que éste pudiera tener amplias perspectivas en el mejoramiento de la enseñanza de las ciencias y en especial el de la biología a nivel bachillerato.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

En el presente capítulo se darán a conocer el enfoque de la investigación, los objetivos de ésta, la población de estudio, el método de trabajo y las técnicas e instrumentos utilizados en el mismo.

3.1 Enfoque de la investigación

Cabe aclarar que en el presente trabajo se analizan las ideas previas de los alumnos en función de su adecuación al punto de vista aceptado por la comunidad científica en el campo de la evolución, concretamente el tema de la selección natural. Se pretende “entender” la realidad de éstos sujetos en cuanto a sus concepciones; de forma individual, pero al mismo tiempo en conjunto, sin profundizar en la naturaleza ontológica de las mismas, pero sí en algunas de sus características en cuanto a su organización, funcionalidad y lenguaje.

En el análisis de estas ideas, se utiliza la inducción como medio para generar una interpretación contextual a los resultados obtenidos. Es decir, se explora, caracteriza y analiza para después generar perspectivas teóricas. Se analizan los aspectos explícitos, conscientes y manifiestos, así como aquellos implícitos, y subyacentes; se valoran las creencias e incluso el sentido común con que se manifiestan, como producto de lo cotidiano o cultural. En este sentido, el objeto de estudio se aborda desde una visión cualitativa. Por ello, se recurrió a la *etnometodología* y el *método ideográfico*, ya que son las vías que más nos acercan al análisis cualitativo de las ideas previas en el ámbito científico (Driver, y Easley, 1978, cit. en Rangel, 2007).

La etnometodología se enfoca a las formas en que los individuos dan sentido y al mismo tiempo realizan sus acciones cotidianas: comunicar, tomar decisiones o razonar (Urbano, 2007). “La etnometodología valora las creencias y los

comportamientos de sentido común como los constituyentes necesarios de toda conducta socialmente organizada” (Coulon, 1995. p.31). En este sentido, podemos recurrir a la óptica de la etnometodología en el estudio de las concepciones de los alumnos para entender bajo qué recursos el sujeto puede (o intenta) explicar su realidad en torno al tema de la selección natural, al ligar sus conocimientos derivados de una educación formal e informal, donde el uso de un lenguaje natural o cotidiano será un elemento más a considerar en el análisis de dichas concepciones.

Por su parte, el método ideográfico nos permite analizar las ideas previas de los alumnos en el ámbito científico, donde el entendimiento del estudiante de los eventos naturales es, estudiado y analizado en sus propios términos, de hecho la palabra ideográfico significa literalmente “escrito por sí mismo” (Rangel, 2007). La noción ideográfica se deriva de la concepción de ideofenómeno, es decir un fenómeno único o unitario de carácter individual (Sandia, 2003). Desde esta visión, los estudios ideográficos comprenden la explicación de los casos individuales para indagar sobre las concepciones, sus características comunes y dificultades que ellos puedan tener. Es en esta categoría donde las concepciones de Física, Química y Biología pueden ser colocadas. En estos casos, es muy probable que se trabaje con pocos estudiantes, pero se analicen de manera más profunda los datos propios del alumno y se empleen descripciones detalladas, para así poder explicar la naturaleza conceptual del objeto de estudio (Driver y Easley, 1978, cit. en Rangel, 2007).

3.2 Objetivos de la investigación

Objetivo General:

- Comparar las ideas previas sobre la selección natural entre los alumnos de cuarto y sexto semestres de Biología del CCH Azcapotzalco con el fin de detectar si existen diferencias conceptuales entre éstos.

Objetivo Particular:

- Identificar los posibles problemas conceptuales que contengan las ideas previas que sobre la selección natural tienen los alumnos de cuarto y sexto semestres del CCH Azcapotzalco.

3.3 Método de la investigación

3.3.1 Universo de estudio y contexto

La población de estudio estuvo constituida por 79 estudiantes, cuya edad fluctuaba entre los 16 y 18 años. Todos pertenecientes a la misma escuela pública y a una clase social media baja (CCH, 1997, cit. en Rangel, 2007).

Este conjunto de estudiantes estaba distribuido en cuatro grupos existentes o *grupos intactos* (Hernández y cols, 2003), mismos que se encontraban constituidos de la siguiente forma:

Tabla 3.1. Constitución de la población

| No. DE GRUPOS | SEMESTRE | TURNO | HOMBRES | MUJERES | TOTAL DE ESTUDIANTES |
|---------------|----------------|-----------------|---------|---------|----------------------|
| 2 | 4 ^º | Mat. y Vesp. | 15 | 20 | 35 |
| 2 | 6 ^º | Mat. y Vesp. | 14 | 30 | 44 |

Cabe señalar que los cuatro grupos escolares eran regulares (de no recursamiento) y estaban por iniciar sus cursos de biología II (en el cuarto semestre) y IV (en el sexto semestre). En el primer caso, los alumnos no habían estado en contacto con la enseñanza del tema sobre la selección natural en el CCH, a diferencia de los de biología VI que ya lo habían abordado (en el ciclo anterior).

El lugar donde se desarrolló el trabajo de campo fue el Colegio de Ciencias y humanidades, CCH, plantel Azcapotzalco perteneciente al subsistema de bachillerato (propedéutico y general) de la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM.

3.3.2 Técnicas de recolección de la información

De acuerdo con la metodología cualitativa y propósitos que caracterizan este trabajo se optó por utilizar el cuestionario abierto y la entrevista semiestructurada

3.3.2.1 El Cuestionario abierto

Con el fin de explorar las ideas previas que sobre selección natural tienen algunos estudiantes del Colegio de Ciencias Y Humanidades (CCH) del plantel Azcapotzalco se diseñó y aplicó un cuestionario de tipo abierto. Este se constituyó de 7 preguntas abiertas y 2 problemas; 4 de estas preguntas se apoyaron en esquemas (anexo 1). Las preguntas y problemas se plantearon con base en los conceptos principales (eje) que organizan y dan significado al tema de la selección natural y que, por la experiencia de la práctica docente, causan los mayores problemas en la comprensión de la teoría evolutiva. (Anexo 2). Cabe señalar que durante el planteamiento de las preguntas y problemas se intentó que su contexto estuviera ligado a alguna situación cotidiana o familiar para los estudiantes.

Inicialmente el cuestionario fue revisado por algunos profesores del CCH con el fin de ajustar posibles cambios en el formato, estructura y contenido del mismo, posteriormente se aplicó a un grupo de alumnos distintos a los participantes en

este trabajo, los cuales estaban por iniciar su curso de biología IV (sexto semestre). Esta prueba dio cuenta de la claridad en la redacción de las cuestiones planteadas y por ende, de su entendimiento por parte de los alumnos al momento de resolverlas. Sin embargo también, abrió la posibilidad de realizar algunos ajustes en la estructura y redacción de algunas preguntas. Así, de esta manera, se procedió a la aplicación del cuestionario final, donde se pidió a los alumnos que expresaran sus ideas, es decir que nos “contaran” lo que ellos pensaban o creían acerca de algunos conceptos relacionados con el tema de la selección natural. Dicha prueba se realizó durante el periodo lectivo 2008-2, al inicio de los cursos de biología II y IV del plan de estudios vigente de esta institución, antes de abordar el tema relacionado a esta investigación, el cual se ubica de la siguiente manera: para la materia de biología II: Tema II. La evolución como proceso que explica la diversidad de los sistemas vivos de la primera unidad, cuyo título es: ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas vivos?. Para el caso de biología IV: Tema I. Fuerzas evolutivas y sus consecuencias de la primera unidad, que es: ¿Cómo se explica el origen de la biodiversidad a través del proceso evolutivo?

El instrumento se aplicó en el contexto del desarrollo cotidiano y horario habitual de la clase. Se solicitó el permiso y apoyo por parte del profesor, se explicaron los propósitos y las instrucciones de la ejecución de dicho instrumento, mismo que fue resuelto en aproximadamente 40 minutos. Además se les comentó a los alumnos que el cuestionario no tenía el carácter de examen y que podían resolverlo sin ningún prejuicio de tipo evaluatorio que pudiera influir en su calificación. Durante la aplicación de la prueba, se resolvieron las dudas respecto al planteamiento de las preguntas; afortunadamente éstas fueron escasas y la disposición de los alumnos para resolver dicha prueba fue satisfactoria.

Una vez recogida la información, ésta se transcribió y organizó por medio del procesador de textos Word versión 2007. Entonces, se procedió a su revisión, lectura y relecturas para determinar semejanzas y diferencias en el contenido de

las expresiones de los alumnos, permitiendo así su clasificación y, por ende, la identificación de categorías generales de análisis, las cuales se establecieron con base en los conceptos científicos acerca de la evolución; la teoría de Darwin y teoría de Lamarck. También se consideró al creacionismo y al fijismo como corrientes de pensamiento opuestas a las ideas evolutivas. De esta manera, el ir relacionando las respuestas de los alumnos hacía un acercamiento o no con los conceptos científicos nos permitió ubicarlas en una primera aproximación, en distintas categorías relacionadas con un pensamiento evolutivo o fijista-creacionista.

Posteriormente se llevo a cabo un análisis más refinado; las respuestas de los alumnos, ya clasificadas, se analizaron bajo la técnica de la codificación. De acuerdo con Taylor, y Bodgan (1990), la codificación es una forma sistemática de desarrollar y refinar las interpretaciones de los datos. Este proceso incluye la reunión y análisis de todos los datos que se refieren a temas, conceptos o ideas con el fin de categorizar dicha información. En términos más específicos, la categorización de los datos se llevo a cabo de la siguiente manera:

En una primera etapa (o plano), y de acuerdo con Hernández y otros (2003), se observaron las diferencias y similitudes entre segmentos de los datos. Por ejemplo, entre palabras, frases o líneas. Las oraciones con sentido o significado, posteriormente, se asignaron a categorías generales de análisis. Baptiste (2001), recomienda que las categorías puedan surgir a partir de los datos o ser impuestas por el investigador, siempre y cuando se encuentren estrechamente relacionadas con éstos. En este trabajo, se optó por la primera opción, en tanto que las categorías fueron apareciendo conforme se iban revisando las expresiones. Por ejemplo, en los discursos de varias líneas se tomó el primer segmento (ya sea una frase o toda una línea) y se definió la categoría a la que pertenecía; después se tomó el segundo segmento y se definió su categoría (tal vez la misma o una nueva), posteriormente se escogió el tercer segmento, y así sucesivamente, hasta terminar con el texto de la respuesta del alumno. En discursos cortos se consideró

ya fuera una palabra, frase o una sola línea como segmento de análisis. Aquellos segmentos de análisis que no pudieron ser ubicados de manera clara en alguna de las categorías desarrolladas se definieron como “respuestas imprecisas” no codificables. En una segunda etapa se llevó a cabo una codificación más refinada, donde a partir de la interpretación del significado de las categorías obtenidas en la primera etapa se fueron identificando las diferencias y similitudes entre éstas. Esto permitió establecer categorías propias, categorías fusionadas y/o combinadas y subcategorías. Estas últimas nos permitieron reconocer la estructura y función conceptual de las ideas previas.

3.3.2.2 La entrevista semi-estructurada

A partir de los resultados del análisis cualitativo de la información recabada a través del cuestionario abierto se elaboró una guía de entrevista (anexo 3), esto es, una lista de preguntas con un grado considerable de libertad de acción respecto a la manera precisa sobre el manejo del tema de estudio (Manheim, 1982). Esta guía sirvió de pauta para la aplicación de una *entrevista de tipo semi-estructurada*, misma que se aplicó a nueve alumnos que respondieron al cuestionario abierto, en donde sus expresiones resultaron especialmente significativas, en cuanto a su coherencia y un mayor acercamiento al conocimiento científico, pero también en cuanto a su ambigüedad, contradicción y escasa información de éstas. Es decir, la entrevista se aplicó con la intención de profundizar y precisar en sus ideas sobre el tema.

La aplicación de la entrevista se llevó a cabo durante el periodo lectivo 2009-1, bajo las siguientes circunstancias: se contactó a los nueve alumnos elegidos, se explicó la razón de su elección; haciendo hincapié en que su participación en la resolución del cuestionario había sido interesante para así motivarlos a participar en la entrevista. Una vez dispuestos los alumnos, se acordó, la fecha, hora y el lugar, tomando en cuenta la disponibilidad de su horario. Entonces, la entrevista se realizó en un lugar cotidiano, cómodo y tranquilo para el alumno; el salón o aula de clase, siempre y cuando estuviera disponible en el horario ya fijado (sin sesión).

Sin embargo en aquellos casos donde esto no fue posible se hizo uso de la coordinación de ciencias experimentales. La duración de la entrevista fue de aproximadamente 30 minutos y se grabó. La principal ventaja de grabar una entrevista es que permite la recolección de todo lo dicho por entrevistado.

Una vez, llevado a cabo las entrevistas, se transcribió el audio de la información en Word (versión 2007) y se procedió a la categorización y conceptualización de la misma. Entonces, con el fin de llevar a cabo el *análisis cualitativo de las entrevistas* se utilizó, como herramienta, el programa ATLAS. Ti (versión 5). Éste es un Software para el análisis de datos cualitativos asistido por computadora, donde el proceso de análisis implica tres etapas: (1) la *categorización* de la información (de los datos), (2) la *estructuración* o creación de una o más redes de relaciones o diagramas de flujo, o mapas conceptuales, entre las categorías y (3) la *teorización* propiamente dicha, en la cual las relaciones entre las categorías son respaldadas por medio del uso de los operadores (booleanos, semánticos y de proximidad) de búsqueda de citas (información clave) relacionadas con cada una de las categorías (Martínez, 2001; Muñoz, 2005).

Contando, entonces, con los datos analizados tanto para las ideas previas de los alumnos de cuarto y sexto semestre y tomando en cuenta las características y los problemas conceptuales de éstas se procedió a construir una serie de interpretaciones que permitieron el conocimiento de la concepción general y las diferencias conceptuales que sobre la selección natural tienen estos estudiantes.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En un primer apartado de este capítulo, se expondrán los resultados y su análisis derivado de la categorización de los datos obtenidos del cuestionario y de las entrevistas correspondientes a los alumnos de cuarto semestre, y posteriormente, en un segundo apartado, se hará la exposición y análisis para el caso de los estudiantes de sexto semestre, así como la comparación y discusión entre ambos tipos de resultados.

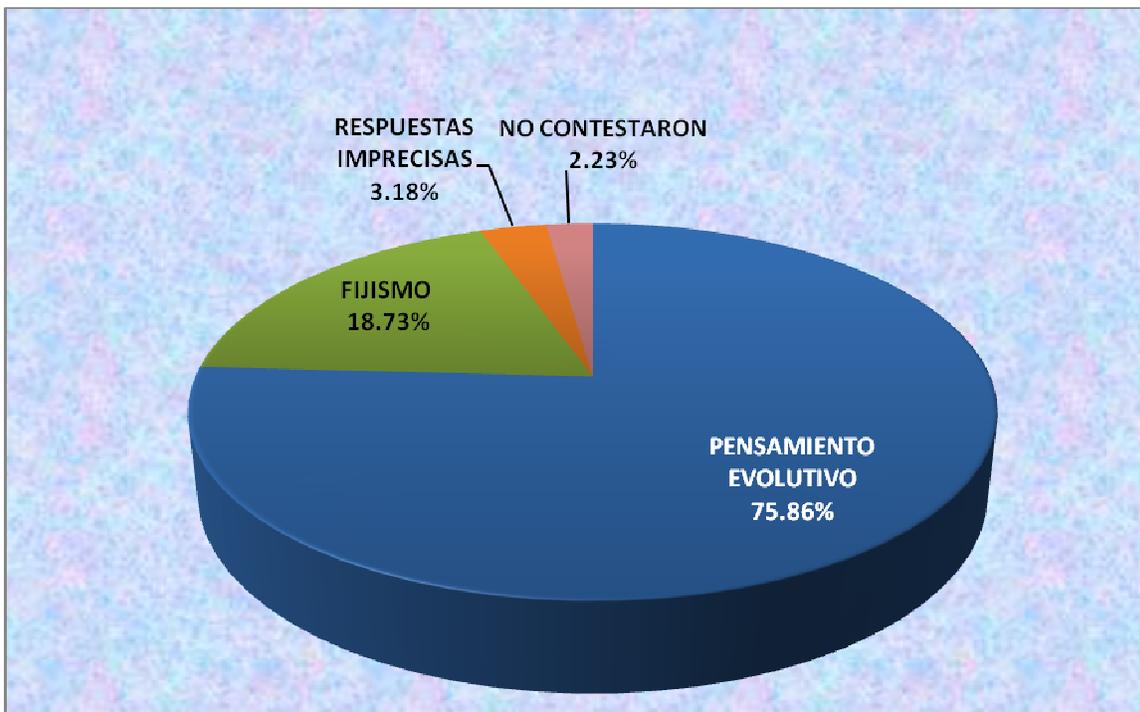
4.1 Categorización de las ideas previas en los estudiantes de cuarto semestre

Una vez clasificadas, de manera general, las respuestas de los alumnos sobre las distintas preguntas acerca del tema sobre la selección natural se llevó a cabo un análisis más refinado (codificación) de los datos, lo cual permitió, además de reestructurar la primera aproximación conceptual sobre dicho tema y otros contenidos alternativos a éste (teoría de Lamarck, teoría neodarwinista, y creacionismo-fijismo), identificar distintas subcategorías; una clasificación más específica y detallada en torno a las distintas concepciones de los alumnos sobre las temáticas ya mencionadas. En este sentido, el desarrollo de la codificación o traducción de los datos permitió por un lado, la comparación, separación y síntesis de éstos y por otro, la eliminación de información irrelevante, para así obtener una cierta caracterización y descripción de las ideas previas y generar, entonces, un mayor sentido de su entendimiento e identificación de los problemas conceptuales inmersos en éstas. Al respecto de la codificación, Taylor, J. y Bodgan R. (1990, p.167) comentan lo siguiente: “Durante esta etapa, lo que inicialmente fueron ideas e intuiciones vagas se refinan, expanden, descartan o desarrollan por completo”.

A continuación se presentarán y analizarán de manera conjunta los datos correspondientes a los dos grupos (turno matutino y vespertino) de cuarto semestre.

En el conjunto de respuestas enunciadas por los estudiantes de cuarto semestre se encontró que de un total de 35 alumnos que respondieron al cuestionario diagnóstico, como se puede apreciar en la gráfica 4.1, el 75.86% de sus ideas corresponde a un pensamiento evolutivo, mientras que el 18.73% a un pensamiento fijista, el 3.18% a respuestas imprecisas; respuestas que carecían de significado y/o sentido para ser clasificadas y el 2.23% a preguntas no contestadas.

Gráfica 4.1. Ideas previas en los alumnos de 4º semestre

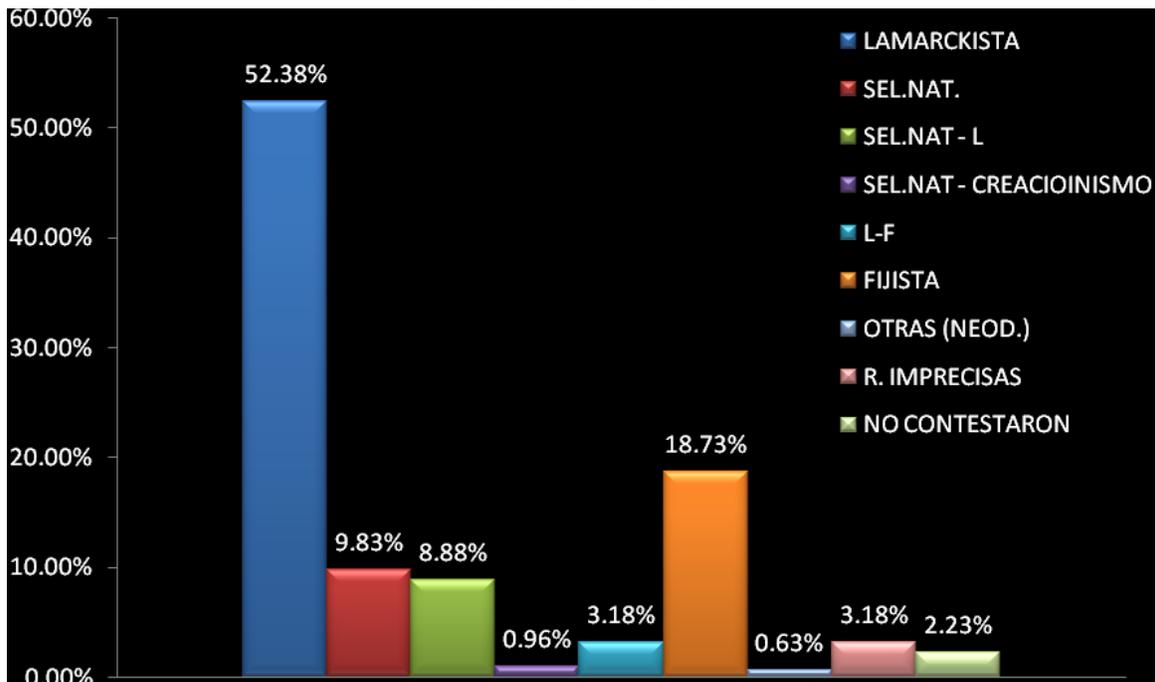


Los porcentajes aquí observados se obtuvieron a partir de las respuestas de dos grupos de alumnos de los turnos matutino y vespertino que respondieron a un cuestionario abierto de nueve preguntas sobre la selección natural.

Del total de las ideas relacionadas a un pensamiento evolutivo se identificaron distintas categorías que, por un lado, tenían que ver con la selección natural y con

la teoría de Lamarck. Es decir, aquellas respuestas que explicaban explícita o implícitamente o que referían algún concepto sobre éstas y por otro lado, categorías que mantenían una combinación entre ambas teorías o que incluían algún concepto de origen creacionista y/o fijista, incluso se observó la emergencia de una categoría de tipo Neodarwinista. Estos resultados se aprecian en la gráfica 4. 2, donde se puede ver que en las respuestas de los alumnos existe un alto contenido de ideas Lamarckistas, ya que se encontró que el 52.38% de éstas tienen que ver con la teoría de Lamarck, mientras que cerca del **10% de las respuestas** están relacionadas con la **selección natural** (SEL.NAT) y la categoría que agrupó a estos dos tipos de ideas (SEL.NAT-L) cuenta con un porcentaje del 8.88%. Asimismo, se distingue un porcentaje no menos despreciable del 18.73% de ideas fijistas.

Gráfica 4.2. Categorías y porcentajes de las ideas previas en los alumnos de cuarto semestre



Las categorías que agruparon ideas mixtas están representadas por las abreviaturas: SEL.NAT-L (ideas de carácter darwinista y lamarckista), SEL.NAT-CRACIONISMO, L-F (ideas lamarckistas y fijistas), y aquellas ideas de tipo neodarwinista se representaron por la actegoría OTRAS (NEOD).

A su vez, algunas de estas categorías estuvieron constituidas por una serie de subcategorías (SC). Estas subcategorías emergieron del análisis de los datos brutos, es decir de las expresiones hechas por los estudiantes al contestar cada una de las nueve preguntas del cuestionario abierto. A continuación se presentan, en las siguientes tablas (del número 4.1 al 4.9), las categorías y sus respectivas subcategorías para el caso de cada pregunta formulada en el cuestionario abierto. Se citarán algunos ejemplos de las expresiones hechas por los estudiantes, así como comentarios importantes en alusión a su análisis. Pero, antes cabe señalar los siguientes aspectos del formato en la presentación de estos resultados:

- Algunos de los contenidos de las categorías y subcategorías (SC) están marcados en negritas o en cursivas o subrayados para fines de distinción y conceptualización.
- En la parte inferior de las columnas de cada una de las tablas se indican las frecuencias de las respuestas (abreviadas con la letra R) para cada una de las subcategorías o categorías existentes.
- Los ejemplos de expresiones de los alumnos se refieren con un superíndice periódico que corresponde al tipo de subcategoría o categoría en cuestión e incluyen entre paréntesis la clave de identificación del alumno. Las claves se establecieron con base en la siguiente codificación:

4=Cuarto semestre, 6=Sexto semestre M= (turno) Matutino, V= (turno) Vespertino, M= (género) Masculino, F= (género) Femenino, Penúltimo número= edad, Último número= orden periódico. Veamos el siguiente ejemplo para la clave: 4VF161: Cuarto semestre, Turno vespertino, Género femenino, Edad 16 años, Número 1. El significado de las abreviaturas usadas en las tablas es el siguiente: L= Lamarckista, SEL.NAT.= Selección natural, C= creacionismo, F= fijista, ND= Neodarwinista.

Pregunta 1. ¿Por qué hay tantas especies en el planeta?

| LAMARCKISTA | | SELECCIÓN NATURAL | | SEL. NAT.- LAMARCKISTA | | | SN-C | FIJISTA | | |
|--|---|--|---|--|---|---|--|--|---|--|
| SUBCATEGORÍAS (SC) | | SC | | SC | | | | SC | | |
| ¹ Por la variedad de ecosistemas y climas 10R | ² Porque han evolucionado por necesidad 2R | ³ Porque derivan de un "ancestro común" 3R | ⁴ Por la <i>diversidad del planeta</i> 2R | Por la <i>selección natural</i> y los diferentes tipos de ecosistemas 1R | Evolucionan por necesidad, desarrollando diferentes razas de una misma especie 1R | ⁷ Porque se adaptan al medio 3R | Dios las creo, pero algunos se han extinguido, otros han evolucionado 1R | ⁹ Para mantener una cadena alimenticia 6R | Porque tienen distintas características útiles para el hombre 1R | Porque se reproducen y aumenta su número 2R |

Tabla 4.1. Categorías y subcategorías (SC) para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre

Como se aprecia en la tabla 4.1, se identificaron dos subcategorías (SC), en las respuestas de los alumnos asociadas a la **selección natural**, éstas tienen que ver con el conocimiento de los conceptos de "*ancestro común*" y *de diversidad*. Si bien, de alguna manera, las respuestas de estas SC son correctas no precisan y explican de manera amplia el tema de la selección natural. Además, como vemos, son pocos los alumnos (5) que piensan de esta manera. A continuación se muestran dos ejemplos para este caso:

³Porque nosotros *evolucionamos de una especie en particular* pero de algunas especies, se derivaron otras especies y *así fueron surgiendo más y más especies* hasta crear la *biodiversidad* con la que contamos (4MF1612)

⁴Porque la *diversidad del planeta* debe ser tan muy diversa, debido a que diferentes microorganismos fueron evolucionando diferentemente, eso sería mas que nada "*evolución*" (4MM1620)

Asimismo, dentro de las respuestas para esta pregunta, se identificaron ideas que por su **ambigüedad, imprecisión** y el uso de algún concepto relacionado a la selección natural o a la teoría de Lamarck se encontraban “combinadas o entrelazadas”. A este tipo de ideas se les clasificó dentro de la categoría *Selección natural-Lamarckista*. Por ejemplo, la siguiente expresión da muestra de la esta clase de ideas:

⁷Porque muchas especies **se adaptan** a su ecosistema y este les favorece **según el clima**, su alimentación etc. (4MF1715)

Como se puede notar, el contenido de esta respuesta es muy general y no profundiza o precisa la función de los conceptos que está manejando el alumno como para ubicarlos específicamente en alguna de estas teorías.

En el caso de aquellas ideas asociadas a la **teoría de Lamarck**, se identificaron también dos SC pero con un mayor número de respuestas (12), las cuales indican que la principal causa de la existencia y diversidad de las especies en el planeta se debe a la influencia que ejercen las condiciones del **medio** (o ecosistemas) **y los climas** en el origen del cambio evolutivo y la adaptación mediados por la **necesidad** del organismo. Por ejemplo:

¹Porque hay especies que se comunican o algo así, **por que** (sic) **dependiendo del lugar de donde vivan o el clima** en el que se encuentre se tiene que adaptar y no tiene las mismas características que de otro clima (4MF162).

¹**Por la gran diversidad de climas** y no todos los organismos estamos aptos para resistir todas las condiciones y hay diversidad por las **características diversas que necesitan para adaptarse** a los diferentes tipos de **climas y situaciones** (4MF1714)

Estas respuestas son muy similares a otras que se han reportado hace ya algunos años en estudios realizados con alumnos de universidad (de otros países) que estudiaban biología. En estos, se aprecia el uso de un lenguaje que manifiesta de forma implícita el concepto de **necesidad** en la adaptación biológica, por ejemplo:

“**Conforme el clima cambia**, las plantas y los animales **tienen que adaptarse** o enfrentar la extinción” (Cit. en Bishop y Anderson, 1990).

De acuerdo con Bishop y Anderson, (1990), el análisis de este tipo ideas previas nos conduce a pensar que los alumnos que piensan de esta forma comprenden la adaptación como un proceso en el que las especies responden por necesidad a las condiciones ambientales cambiantes con el fin de sobrevivir. En este sentido, las ideas de los estudiantes son diferentes a los conceptos aceptados, científicamente, sobre la selección natural.

En esta misma categoría se incluyen respuestas que no solo tienen que ver con la necesidad de las especies sino también con el desarrollo de habilidades y partes corporales involucradas en el tipo de hábitat, por ejemplo:

²Porque la *biodiversidad* natural de la tierra, no todas las especies son y viven en el mismo **lugar**, cada especie tiene **necesidades** diferentes y ha su vez **desarrollan habilidades y extremidades diferentes** (4VM165)

Por otro lado, un número no tan bajo de respuestas (9) con tendencia **fijista** consideran la existencia y regulación de las cadenas alimenticias como causa de la existencia de las especies. En este sentido, tenemos el siguiente ejemplo:

⁹Porque tenían que haber gran diversidad de especies para poder tener una cadena alimenticia, ya que con pocas especies iba a ser un poco imposible realizar la cadena alimenticia, por ejemplo si sólo existiera el ser humano nos tendríamos que comer unos a otros. (4MF167)

Como se aprecia; se concibe a la biodiversidad como causa o condición para que existan las cadenas alimenticias mas no se entiende a ésta como el resultado de la evolución.

PREGUNTA 2. ¿Los tipos de especies que existen hoy en día en el planeta siempre han existido? Argumenta tu respuesta.

| LAMARCKISTA | | | SELECCIÓN NATURAL | SEL.NAT -LAMARCKISTA | | | FIJISTA |
|--|--|--|--|---|--|--|--|
| SUBCATEGORÍAS (SC) | | | | SC | | | |
| ¹ No, porque cambian o evolucionan al cambiar el medio 6R | ² No, porque cambian por necesidad 3R | ³ No, cada animal evoluciona y sobrevive para adaptarse al medio 9R | ⁴ No, porque algunas <i>evolucio- nan</i> y otras se <i>extinguen</i> 6R | No, algunas especies van cambian- do o evolucionando 6R | No, porque hubo un momento donde habitaron otro tipo de especies como dinosaurios, etc 1R | Sólo algunas, otras se iban adaptan do al clima y cambia- ron 1R | ⁹ No, conforme pasa el tiempo el hombre descubre cosas nuevas y especies que no se conocían 1R |

Tabla 4.2. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre

Aunque todos los alumnos están de acuerdo con que las especies cambian o evolucionan y que por lo tanto no son las mismas, la mayoría de éstos atribuyen como causa de dicho cambio a las **necesidades que tienen las especies para adaptarse y sobrevivir**. En algunos casos, los alumnos piensan que **los cambios en esas necesidades dependen de los cambios que sufre el medio** donde habitan. A continuación se muestran algunos ejemplos para las SC, de tipo Lamarckista, presentes en la tabla 4.2:

¹No, porque a lo largo de los años **el planeta y su entorno fue evolucionando** al igual que los primeros seres vivos, **entonces debido a tanto cambio las especies tuvieron que cambiar** (4MM1617)

¹No porque antiguamente eran dinosaurios pero cuando llego el meteorito los únicos que sobrevivieron fueron los **animales marinos** los cuales cuando **vieron que todo el ambiente estaba estable comenzaron a salir y se modifico su estructura** (4VF173)

²No, algunas especies si no todas **han evolucionado de acuerdo a las necesidades de cada uno de ellos** (4MF163)

²No **porque las necesidades de los seres vivos cambian y ellos también cambian** dependiendo sus habitad (4MM1723)

Asimismo, se distingue, en las respuestas de este tipo, un cierto lenguaje que denota un “fin o determinismo,” o “progreso” en las ideas, aún en aquellos casos donde se mencionaba el término selección natural, mismo que, por cierto, no se relacionaba y/o explicaba con alguno de los conceptos de ésta. Por ejemplo, en la siguiente respuesta se observa la expresión “*para adaptarse*” como parte de este tipo de lenguaje.

³No, algunas especies no son las mismas que antes ya que cada especie **va evolucionando para adaptarse a su entorno y así sobrevivir** como el cocodrilo se ha hecho más chico porque sus presas también lo han hecho (4MM1621).

³No han existido siempre las mismas especies debido a que **existe la selección natural** y en ello cada animal evoluciona para adaptarse al medio ambiente, además de que la ciencia también ha contribuido a que se modifiquen estas especies (4MF164)

En cuanto a las respuestas asociadas a la **selección natural**, éstas son correctas en tanto que están usando el concepto de extinción y el de evolución (de manera general). Sin embargo son pocas, por ejemplo:

⁴*Algunos, ya que muchos han evolucionado y otros se han extinguido* hace muchos años. Es el mismo uso del hombre y el mono, como el humano tuvo la capacidad mental de evolucionar psicológicamente (4VM165)

⁴**No**, siempre muchas de las que existen hoy en día, mejor dicho *todos han ido evolucionando*, así que bien no pueden ser los mismos, son diferentes a como eran *sin embargo muchas especies se han extinguido* (4MF166)

Por último, como se puede ver en esta misma tabla, se identificaron respuestas que por su imprecisión y ambigüedad no estaban definidas hacia alguna teoría

evolutiva, por lo que se agruparon dentro de la categoría SEL.NAT.-Lamarckista. Estas respuestas se centran en los conceptos de cambio y adaptación.

PREGUNTA 3. ¿Estas especies han cambiado?, ¿Tú qué opinas?

| LAMARCKISTA | | SEL. NAT. | | SEL NAT-LAMARCKISTA | | | |
|---|---|---|---|---|--|---|---|
| SC | | SC | | SC | | | |
| ¹ Sí, para adaptarse o sobrevivir al medio cuando éste cambia 13R | ² Sí, han evolucionado por que tienen distintas necesidades para sobrevivir y adaptarse 10R | ³ Sí, algunas especies evolucionan a partir de un <i>antepasado</i> . 1R | ⁴ Sí, porque evolucionan y algunas <i>se extinguen</i> 1R | Han cambiado o evolucionado , en lo físico o en su vida cotidiana <u>para adaptarse</u> 4R | Toda especie debe de evolucionar para adaptarse al <i>habitat, de otra manera se extingue</i> 3R | Sí, han ido evolucionando <i>según los siglos y el ecosistema</i> en el que habitan 1R | Sí, para irse adaptando al medio y poder sobrevivir y dar lugar a <i>una especie más apta, desarrollada, preparada para sobrevivir</i> 1R |

Tabla 4.3. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre

Las respuestas en esta pregunta confirman los resultados de la anterior. De igual manera, aunque todos los alumnos están de acuerdo con que las especies cambian o evolucionan, la mayoría de éstos atribuyen como causa de dicho cambio a las **necesidades que tienen las especies para adaptarse y sobrevivir**. Se piensa que los cambios en esas necesidades dependen de los cambios que se dan en el medio. Por ejemplo, en el caso de la primera subcategoría, el medio puede cambiar por factores biogeográficos o por el cambio climático. Son muchos los alumnos que piensan de esta forma.

Asimismo, varias respuestas de este tipo manifiestan, por el lenguaje empleado, los conceptos de intención, “fin o determinismo” y “perfección”. Ejemplos:

¹Si [sic] evolucionan con el paso del tiempo por ejemplo **algunas especies cambian para adaptarse mas [sic] a su medio ambiente** en el que habitan (4VM179)

¹Sí, porque no podrían sobrevivir **un oso polar en el desierto** ya que no es un ambiente apto, pero **con el paso del tiempo puede acostumbrarse al nuevo clima** (4VF162)

¹Yo opino que si han cambiado, pues **evolucionan para obtener mejores características** para **enfrentar de una mejor manera los cambios del medio** en el que se desarrollan (4MF164)

¹Como mencione algunas si ya que **se van adaptando a las formas de vida para sobrevivir como** el **calentamiento global cambia el clima y lo cambiara** [sic] asi [sic] que **se tendrá que adaptar a una nueva forma de sobrevivencia** (4MF162)

²Sí, **de acuerdo ha** [sic] **sus necesidades han desarrollado sentidos, y muchas otras aptitudes**, sus genes se siguen renovando y **buscando lo mejor para si** [sic] **para ser el mas** [sic] **fuerte y sobrevivir** (4VM165)

²Sí porque como lo dije anteriormente, **fueron cambiando conforme a su habitad cambiaba, y sus necesidades** (4MF168)

Con respecto a la categoría de SN, solo dos alumnos relacionan al proceso evolutivo con los conceptos de *antepasado* y *extinción* y ninguno habla de las variaciones como el origen del cambio evolutivo. En el primer caso, pareciera que el alumno, implícitamente, intenta explicar la existencia de un “ancestro” del cocodrilo:

³ Si como el antecedente del cocodrilo era más escamoso ahora el cocodrilo puede salir a tierra firme mientras que su *antepasado* no, el cocodrilo evolucionó como muchas de las especies de nuestro mundo (4VF173)

⁴No ya que estas **han ido evolucionando** para adaptarse al habitad y al espacio donde habitan y además de que **ahora ya no existen las mismas que antes** ya que mientras unas evolucionan *otras se extinguen* (4MM1924)

En la segunda SC de la categoría SN-L se observa una **fusión de ideas** y en caso de tercera SC se aprecia una ambigüedad en éstas. Sin embargo, se toma en cuenta el factor **tiempo** en el cambio evolutivo.

PREGUNTA 4. ¿A qué se debe la existencia de diferentes razas de perros? Y ¿Cómo relacionarías este proceso con el de la selección natural?

| LAMARCKISTA SC | | SEL.NAT | SN-L SC | | SN-CREACIONISMO. | OTRA: NEODARWINISTA | FIJISTA SC | |
|--|---|--|---|--|---|---|--|--|
| ¹ Depende del lugar o el clima donde nacen o viven 11R | Se cruzan para adaptarse o convertirse en mejores especies 6R | ³ A la <i>acción del hombre</i> para ciertos <i>intereses</i> favoreciendo la <i>diversidad de razas</i> e <i>impide su extinción</i> 1R | ⁴ Depende del lugar o el clima donde nacen o viven y a <i>la acción del hombre</i> para ciertos <i>intereses</i> 1R | ⁵ Cada raza se tenía que acompl ar a su <i>habitat</i> y <i>el más apto es el que sobrevive</i> 2R | ⁶ Cada raza de perros está creada para un específico , pero también <i>la ciencia</i> contribuyó a crear razas, para <i>una mejor selección</i> 2R | ⁷ Hay <i>variedad en los genes</i> : cambian, se pierden ciertos rasgos y se forman nuevos 2R | ⁸ A la cruce de razas y / o especies para dar origen a otras y para su preservación 8R | Depende del tipo de vida que se les de 1R |

Tabla 4.4. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre

Como se puede apreciar, solo un alumno relacionó su respuesta con la idea de la *selección artificial*. Ejemplo:

³Pues, las distintas razas de perros *son producto de la mano del hombre para su conveniencia* ya sea por seguridad o diversión y creo que al hacer esto y está haciendo una alteración al ecosistema, aunque a su vez *ayuda a la diversidad de razas e impide su extinción* (4MM1723)

Y en otras cuantas respuestas combinadas, se distinguen, de forma muy general, los conceptos de *selección artificial* y *el más apto es el que sobrevive* (SC: 4, 5 y 6).

Por el contrario, son muchos los alumnos que piensan que el origen de las razas de perros tiene que ver con las circunstancias del medio donde habitan y con la “intención” de adaptarse o “perfeccionarse”. Por ejemplo para el caso de la primera subcategoría de tipo Lamarckista, al parecer, se manifiesta (de manera

implícita) la idea del **cambio originado por las circunstancias** (clima y hábitos) que ya Lamarck había plasmado en su teoría. Ejemplos:

¹Al tipo de **lugar donde nacen**, y que **con el cambio de lugar se cruzan** con otro tipo de perros y así se crean otros (4MF1713)

¹Por decir algunos perros tienen más pelo ya que **están** [sic] **acostumbrados al frío** [sic] mientras que otros no presentan estas características ya **que viven de manera diferente** (4MF163)

¹Se supone porque la gente empezaba a cruzar los animales y además **no en todos los lugares eran los mismos perros** pues **cada uno de ellos vive según su entorno** y si los cruzas tendrás una especie nueva y ya digo que **por eso hay tantas especies** (4MM1617)

Por otro lado, se observa la identificación de una categoría de tipo *Neodarwinista*, por su contenido tendencioso hacía una explicación de carácter genético. Por ejemplo:

⁷A que hay *variedad en los genes* no son los originales en todos como para que salieran iguales porque *se van perdiendo ciertos rasgos y se forman nuevos* (4VF173)

Por último, existe una cantidad de respuestas, no menos despreciable, cuyas expresiones no incluyen ningún concepto de carácter evolutivo. Estas se agruparon como fijistas (SC 8).

PREGUNTA 5. Cuando las personas toman antibióticos para combatir una enfermedad bacteriana generalmente se alivian y no recaen inmediatamente. Pero en algunos casos vuelven a enfermar aunque tomen dosis mayores del mismo antibiótico. Explica este fenómeno con base en el mecanismo de la selección natural.

| LAMARCKISTA | | SEL.NAT | LAMARCKISTA-FIJISTA | | FIJISTA | | |
|---|--|---|--|---|---|--|---|
| SC | | | SC | | SC | | |
| ¹ Las bacterias se hacen resistentes, inmunes o fuertes a los antibióticos 12R | ² Las bacterias se acostumban o adaptan a los antibióticos 3R | Las bacterias se hacen fuertes por la <i>selección natural</i> . <i>Sobrevive el más fuerte</i> 1R | Si la dosis del antibiótico no es la necesaria las bacterias se hacen fuertes o se acostumban al antibiótico 2R | Se debe a la alimentación y al aumentar la dosis del antibiótico las bacterias pueden llegar a volverse inmunes. 1R | Depende del antibiótico; no funciona o se requieren mayores dosis 2R | ⁸ Depende del organismo de la persona; de su inmunidad 10R | Depende del organismo y de la dosis del antibiótico 3R |

Tabla 4.5. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre.

Como se observa, para esta pregunta solo un alumno relacionó su respuesta con la idea de la *selección natural*, idea que, por cierto, es muy general:

³Las bacterias se hacen más fuertes al antibiótico y esto es un ejemplo de la *sección natural* quizá que la *sobre vivencia del más fuerte* (4VM168)

Si bien esta respuesta es muy general, se consideró como perteneciente a la categoría de la selección natural debido a la inclusión del concepto: *sobrevivencia del más fuerte*.

Muchos alumnos siguen pensando de forma Lamarckista y antropocéntrica ya que sus respuestas manifiestan los conceptos de necesidad, “intención” y “progreso” al intentar explicar la causa de la muerte o sobrevivencia de las bacterias, en su interacción con el antibiótico, y, por ende, el origen de la enfermedad en las personas. Los siguientes ejemplos muestran esto:

¹...**las bacterias ya están preparadas para reaccionar contra el antibiótico e incluso se van haciendo mas fuertes** (4MF166)

¹Porque las bacterias que no mueren crean una nueva cadena bacteriana pero ahora **más fuerte** y así se **hacen más resistentes** (4MF169)

¹Porque **sus bacterias comienzan a combatir** los antibióticos para sobrevivir y **se comienzan [sic] a familiarizar y a hacer inmunes a ellos** (4VM2111)

¹Al volver a caer en la enfermedad el parasito [sic], virus **o bacteria forman una inmunidad contra el compuesto activo de la medicina y así va evolucionando, mutando** (4MM1621)

²Porque yo creo que **las bacterias se hacen más fuertes y se adaptan al lugar donde están** y hay veces que estas **se acostumbran** al antibiótico y por eso ya no sirve el mismo (4MF1715)

Comparando este tipo de resultados con los obtenidos por Rangel (2007) en una investigación con alumnos de tercer semestre del CCH, tenemos que ante el planteamiento de un problema dirigido a explorar las concepciones sobre el cambio biológico, los alumnos, en un alto porcentaje: el 68%, manifiestan sus ideas en términos de lo señalado en este trabajo. Cabe indicar, que estos estudiantes (de los turnos matutino y vespertino) cursaban el tercer semestre de bachillerato y su edad fluctuaba entre los 15 y 16 años.

De acuerdo con este autor, los alumnos conciben la existencia de una “intención” en los organismos y para ellos las mutaciones son graduales, intencionales y orientadas hacía un fin. Al igual que en este trabajo, ante el siguiente problema, las respuestas de dichos estudiantes incluían frases tales como:

Problema: un laboratorio acaba de promocionar un nuevo insecticida que combate a los piojos con una formula diferente, en respuesta a las críticas del público consumidor respecto del descenso en la eficiencia de sus producto anterior.

¿Cómo explicas que los insecticidas cambien su efecto con el tiempo?

Los piojos se vuelven inmunes porque se acostumbran...(...)...los piojos se van haciendo resistentes al veneno que contiene el insecticida o los piojos van mutando generación tras generación hasta hacerse inmunes a esos químicos (cit. en Rangel, 2007. p. 77, 105)

Por otro lado, en el presente trabajo, una cantidad, también alta de alumnos piensan de forma fijista, al no relacionar o contextualizar sus respuestas con algún concepto de carácter evolutivo. Según las explicaciones, la muerte o sobrevivencia de las bacterias en su interacción con el antibiótico depende de la inmunidad de la persona y/o de la dosis del químico:

⁸ Esto puede ocurrir porque **las defensas de la persona son muy bajas** y por eso la enfermedad regresa (4VF174)

⁸ Porque si no fuera que **el hombre fabrica sus propios medios de defensa**, y al no poder combatir una enfermedad acude a la medicina, sino fuera así ahorita existiera sobrepoblación y desarrollaría otros mecanismos distintos de adaptación (4MM1619)

⁸ Muchas veces es debido al sistema inmunológico ya que mucha gente es más propensa a enfermarse **por el tipo de vida que lleva** mientras que otras tienen menos defensas y necesitan de tratamientos más fuertes para mejorar su salud (4MF1612)

PREGUNTA 6. El nopal es una planta que habita en lugares desérticos o semidesérticos. ¿Cómo explicarías la modificación de sus hojas en espinas?

| LAMARCKISTA | | | | FIJISTA | | |
|--|---|--|--|--|--|--|
| SC | | | | SC | | |
| ¹ Por el tipo de medio y el clima <u>para sobrevivir</u> y adaptarse 9R | ² Como mecanismo de defensa o protección hacia animales <u>para sobrevivir</u> 13R | ³ Depende de sus necesidades 3R | Por el tipo de medio (o clima) y por protección <u>para sobrevivir</u> 3R | Para adaptarse mejor al medio 2R | Para facilitar la absorción de luz solar 1R | Para almacenar agua, a través de sus espinas y durar mucho tiempo sin agua 1R |

Tabla 4.6. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre.

En el caso de esta pregunta se nota claramente el pensamiento Lamarckista de los alumnos, ya que casi todas sus respuestas tienden a explicar el origen del cambio evolutivo y adaptación de las especies del nopal bajo conceptos de carácter **intencional, progresista y antropomórfico**:

¹Que como el lugar es semidesértico o desértico, sus hojas no pudieron estar bajo esas **condiciones climaticas** [sic] **por lo que cambiaron a espinas**, que si son aptas para ese clima (4MF1716)

¹Podría [sic] ser porque en ese **tipo de zonas** las hojas no eran aptas pues se marchitan **por el intenso calor** y además podrían ser propensas a ser comidas y entonces tenían que encontrar como **defenderse** y **cambiaron a espinas para así poder subsistir** (4MM1617)

² Pienso que se debe a que como habita en ese tipo de lugares, **su evolución le permite protegerse del sol** u otro factor que lo dañe (4MF1610)

²Es como una **forma de defensa** contra los rayos del sol ya que **si no las tuvieran el agua que contiene en su interior se evaporaría** y esta sería la muerte de la planta ya que se secaría (4MM1924)

³Podría ser como una **autodefensa** en contra de algunos animales herbívoros o podría ser una **adaptación del clima** ya que las hojas requieren agua para existir de alguna forma sin estas no podría **sobrevivir** (4MM1620)

³Como en los lugares desérticos lo que mayor habita son roedores el nopal **necesitaba protegerse** ya que no tenía ningún otro medio, **ya que esos roedores quieren robarse el agua que contiene** (4MM1723)

PREGUNTA 7. ¿Por qué algunos felinos (como los chitas) pueden correr tan rápido como hasta 100Km/h.?

| LAMARCKISTA | | SEL. NAT. | SN-L | | LAMARCKISTA-FIJISTA | | FIJISTA |
|--|---|--|---|--|---|---|--|
| SC | | | SC | | SC | | |
| ¹ Cambiaron porque necesitaban ser más rápidos para cazar o cambiaron por el ambiente 9R | ² Porque así utilizan un mecanismo de protección para cazar y sobrevivir en su medio 1R | ³ Por la <i>selección natural</i> y sobrevivir 1R | ⁴ Se adapta para sobrevivir, y protegerse y así seguir la ley del más fuerte sobrevive 1R | ⁵ Depende de su hábitat en el que viven y su evolución 1R | Por su estructura corporal y el hábitat que les permite adaptarse a correr más rápido y sobrevivir 4R | ⁷ Por evolución física, porque tenía que existir un depredador veloz 1R | ⁸ Por su estructura corporal, su instinto (para cazar), su psicología, porque son depredadores y necesitan ser rápidos para cazar 17R |

Tabla 4.7. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre.

En estas respuestas sobresalieron las categorías Lamarckista y Fijista. En el caso de la primera categoría, imperan los conceptos de **necesidad y perfección**. Desde el punto de vista antropocéntrico se manifiestan las ideas de “intención” y “conciencia”.

A continuación se muestran algunos ejemplos, donde se puede apreciar la influencia de las **circunstancias del medio** (clima y hábitos) y la necesidad como causas en el cambio de las acciones del chita en el proceso de adaptativo.

¹**La necesidad** de conseguir comida para sus crías a sí mismo **obligaron a estos animales a alcanzar estas habilidades** (4VM168)

¹Mmm, porque... **necesitan ser más rápidos** [sic] **para alcanzar su comida** y liberarse de los cazadores y depredadores. O porque **fueron cambiando por el ambiente** desértico y que “su alimento” también se ha ido defendiendo corriendo para liberarse de su atacante y **cambio para poder perseguirlo** (4VF162)

Como vemos, en la tabla 4.7, las respuestas que más predominan corresponden a la categoría fijista. Veamos algunos ejemplos:

⁸Porque **la columna vertebral de esos animales puede estirarse como un resorte** y es por eso que es más flexible y eso le permite correr a esa velocidad

⁸Porque **el instinto del chista es cazar** y el correr es una herramienta que utiliza para cazar, por **su forma y composición del cuerpo** (4MM1723)

⁸**Por sus propiedades tanto físicas como psicológicas**, ya que ellas están acostumbradas a correr a esta velocidad y no tener problemas.

Solo un alumno hace mención de la *selección natural* en forma descontextualizada (desde el punto de vista evolutivo) y la relaciona con la sobrevivencia y otro alumno combina la idea de “*la ley del más fuerte sobrevive*”, con la idea de “necesidad”:

³Es *gracias a la selección natural* que le otorga esta habilidad para *sobrevivir*, al sustentarse de alimentos (4MM1618)

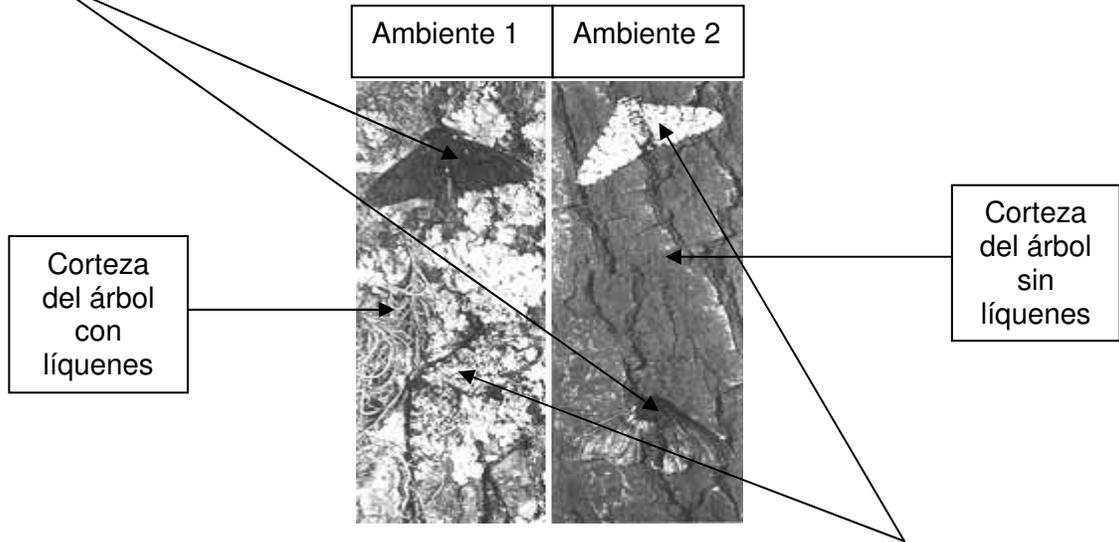
⁴Porque **se adapta para sobrevivir, y protegerse de los depredadores** y también para cazar a su presa que será su alimento y así poder seguir *la ley de el más fuerte sobrevive* (4MF162)

En la subcategoría 6 se observa el carácter ambiguo que denotan muchas de las ideas previas. Por ejemplo:

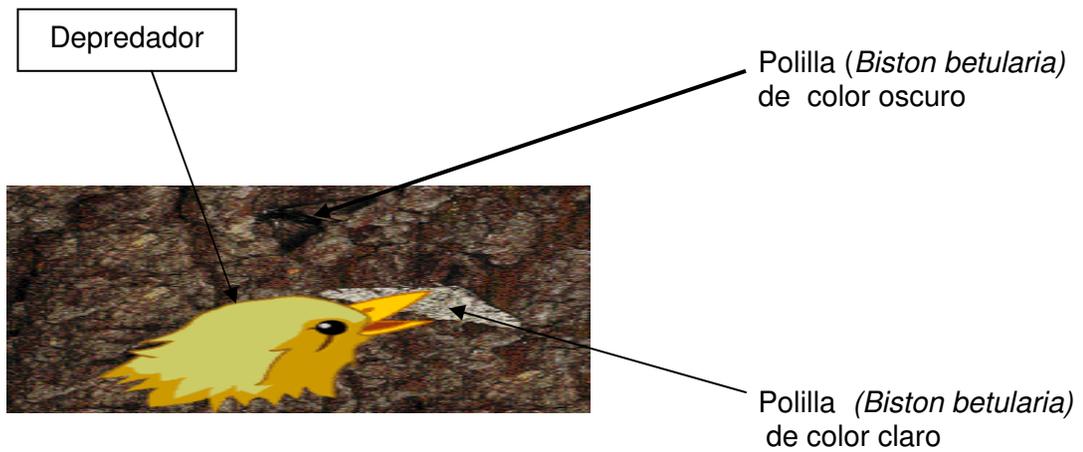
⁶Porque **depende mucho de su habitat** en el que viven y **su evolución** que haya tenido (4VM167)

PREGUNTA 8. Observa los siguientes esquemas y explica la siguiente pregunta:
¿Cómo está actuando la selección natural en cada uno de los tipos de polilla?

Polilla (*Biston betularia*) de color oscuro



Polilla (*Biston betularia*) de color claro



| LAMARCKISTA | | | SEL.NAT | FIJISTA |
|---|---|--|---|--|
| SUBCATEGORIAS | | | | |
| ¹ Las polillas cambian o se adaptan conforme al ambiente 8R | ² Las polillas tienen la capacidad de usar el camuflaje para sobrevivir 6R | ³ Las polillas desarrollan una defensa por necesidad en contra de sus depredadores 6R | ⁴ Solo aquellas <i>polillas aptas con camuflaje sobreviven y las que no mueren</i> 4R | ⁵ Dependiendo de cómo se dé el camuflaje pueden ser devoradas o no 7R |

Tabla 4.8. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre.

Como se aprecia, en esta tabla predominan las SC de tipo Lamarckista. En los siguientes ejemplos se pone en evidencia (de manera implícita y/o explícitamente) la importancia que tienen los factores como la influencia del medio y la necesidad. Estas ideas previas llevan consigo el carácter antropocéntrico de la “voluntad y la “conciencia” en las explicaciones de los alumnos:

¹Que cada polilla, **está modificada conforme a su habitud se cambió**, ya que así **también cambiaron sus necesidades** (4MF168)

¹Actúa en la forma de adaptación pues **las polillas adquirieron el color de los árboles** de su ecosistema, mismo que **le sirve de defensa** contra los depredadores (4MF1611)

¹ Se adaptan al ambiente que los rodea para sobrevivir y después **para poder tomar formas de el ambiente y pasar desapercibidos por los depredadores**

² **La polilla oscura posee la capacidad de** que más fácil **que se mezcle o adapte** a los ambientes por su tipo de color, mientras que la blanca tiene menos probabilidades de posicionarse o **camuflajearse** [sic] por que [sic] es blanca (4MF1612)

³Creo que **los hace cambiar para su defensa** en el caso de la polilla evoluciono **para poder camuflajearse** [sic] y así evitar a sus depredadores (4MF163)

En cuanto a las ideas asociadas con la *selección natural* se observa una generalización en estas en cuanto a su contenido conceptual por lo que su

explicación es incompleta y descontextualizada. Se usa el concepto: *el más apto sobrevive* de manera ambigua:

⁴*Que el más apto sobrevive*, porque el depredador a la que ve es la polilla de color claro, por lo que la de color oscuro se camufla (4MF1716)

⁴*Solo la polilla* que se debe camuflar en el ambiente *sobrevive* y *la que no muere* (4VM168)

⁴En la utilización del camuflaje para la *sobrevivencia de las especies* por que [sic] en este caso el depredador captura a la polilla de color claro por que [sic] a la oscura se camufla [sic] con el árbol pero cuando el árbol es claro le tocará a la oscura ser descubierta (4MM1924)

Para el caso de la categoría fijista, se demuestra, en los siguientes ejemplos, cómo se manifiesta el pensamiento antropocéntrico cuando los estudiantes tratan de explicar a la selección natural como un “plan” o “fuerza” que actúa de forma predeterminada en la supervivencia de las polillas.

⁵**Actúa de forma errónea ya que no las esta protegiendo** porque sus depredadores los pueden ver con facilidad ya que no le sirve como medio para camuflarse [sic] (4MF1714)

⁵Esta mal porque **no ayuda a las polillas claras a camuflarse** [sic] de sus depredadores y esto causaría que las polillas claras se extinguieran (4MF1715)

En este mismo sentido, parece ser que algunos alumnos se inclinan más por observar, en el dibujo, a las polillas afectadas (no favorecidas), por lo que ven a la selección natural como un ente negativo, en términos de lo “bueno” y lo “malo”

PREGUNTA 9. Lee con atención el siguiente párrafo y contesta la siguiente pregunta.

Imagina que vas al Zoológico de Chapultepec. Te paras delante de las jirafas y observas que comen las hojas de la copa de un árbol. Por allí pasan unos empleados del zoológico y como sientes curiosidad, les preguntas por qué tiene las jirafas el cuello tan largo. Cada uno responde una cosa diferente.

JUAN: “Hace muchos millones de años, las jirafas que tenían el cuello corto no alcanzaban las hojas de los árboles. Solo sobrevivían aquellas que tenían el cuello un poco más largo que las demás, porque podían alimentarse mejor”.

VÍCTOR: “Las jirafas han tenido siempre el cuello tan largo como hasta ahora, porque a si fueron creados por dios, si no, no se habrían podido alimentar de las hojas de los árboles.

JORDI: “Hace muchos millones de años, todas las jirafas tenían el cuello corto. Como apenas alcanzaban las hojas de los árboles, tenían que estirar mucho el cuello. Así, poco a poco, el cuello se les ha ido estirando hasta tenerlo tan largo como ahora”.

¿Quién de ellos crees que tiene la razón? Explica por qué. Si crees que ninguno de ellos tiene razón, da tu propia versión.

| LAMARCKISTA | | | SELECCIÓN NATURAL | | SEL. NAT - L | | SEL. NAT-CREACIONISMO | FIJISTA |
|--|--|--|--|---|---|---|--|---|
| SUBCATEGORÍAS (SC) | | | SC | | SC | | | |
| ¹ Las jirafas han cambiado conforme al ambiente y a sus formas de vida para sobrevivir | ² Las jirafas evolucionan o se adaptan de acuerdo a sus necesidades | ³ Jordi tiene la razón 7R | ⁴ <i>Juan</i> tiene la razón 8R | ⁵ Es por <i>selección natural</i> ; solo el <i>más apto o fuerte sobrevive</i> 4R | ⁶ Las jirafas evolucionan por “uso y desuso” para sobrevivir y <i>si no se extinguen</i> 2R | ⁷ Juan y Jordi tienen la razón porque se complementan sus respuestas. 1R | ⁸ Dios creó a los animales, sin embargo el planeta ha cambiado estos <i>se adaptan o se extinguen</i> 1R | Creo que ninguno porque las jirafas tuvieron que adaptarse para alimentarse 1R |
| 3 | 7R | | | | | | | |

Tabla 4.9. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 4º semestre.

Para el caso de las respuestas asociadas a la selección natural, varios alumnos mencionan el nombre de Juan, tal vez porque consideran su explicación como la más lógica y solo algunos responden mencionando la relación entre este tema y la idea: *el más apto o fuerte sobrevive*. Por ejemplo:

⁴*Juan* que se podría decir que es lo más lógico, la versión de Juan, si no mal recuerdo, *es una teoría de Darwin* (4MM1618)

⁵ Juan porque eso es la *selección natural* "sólo el más apto sobrevive" y es por esto que las jirafas tuvieron que adaptarse (4MF163)

Incluso, se menciona el nombre de Darwin y el término de selección natural de forma muy general. Por ejemplo:

⁵ Porque como *Darwin* explicó, la *selección natural* sólo las más fuertes y con una *inteligencia sobreviven* (4VM168)

Y para el caso de respuestas fusionadas correspondientes a la categoría SEL. NAT-L, tenemos los siguientes ejemplos:

⁶ Yo digo que *Juan y Jordi tienen la razón* según su respuesta y conforme si las jirafas tenía un poco más grande el cuello con las otras, o si no **las jirafas estiraban el cuello** esto hacían que hubiera un cambio **y después se cruzaron** y poco a poco empezó a suceder este cambio (4MM1617)

⁷ Pues **Juan y Jordi** tienen la repuesta correcta a medias ya que **si se unen las dos respuestas se pueden obtener la verdadera respuesta** ya que las jirafas tenían el cuello corto hace muchos millones de años así que **tenían que estirar mucho el cuello** para poder alcanzar las hojas de los árboles y así el que podría adaptarse a esta forma de vida podría *sobrevivir* y el que no pues *fueron muriendo* y ya **las crías de los sobrevivientes siguieron el mismo camino de sus padres y así han ido evolucionando poco a poco** (4MM1924)

Con respecto a ideas creacionistas asociadas a la selección natural, una sola alumna pensó de la siguiente manera:

⁸ Ninguno. En lo personal pienso que **DIOS creo a los animales, sin embargo, las condiciones del planeta han cambiado.** La tierra no es igual a como fue hace 12000 años, y si no es igual, **los animales tienen que irse adaptando, de no hacerlo se extinguen,** a las condiciones en las que viven y se desarrollan (4MF166)

En el caso de la categoría de tipo Lamarckista se confirma la importancia que tienen las ideas de **necesidad y circunstancias del medio** en la explicación de la

evolución de las jirafas. Algunas de estas respuestas derivan, implícitamente, de un pensamiento antropocéntrico. Los siguientes ejemplos dan muestra de esto:

¹**Jordi, ya que cada animal se desarrolla diferente de acuerdo con sus condiciones y su hábitat. Por lo mismo sus extremidades se heredaron a las próximas generaciones** dejando atrás a la jirafa antigua (4VM165)

²Pienso que **Jordi, así el cuello se les hacía más largo y las generaciones siguientes nacían ya con el gen de un cuello un poco más largo**, así hasta el cuello largo que tienen ahora (4MF162)

²**Jordi, ya que hace mucho tiempo las jirafas tenían el cuello corto y no podían alcanzar las hojas de los árboles por lo que se estiraban y así cada generación de jirafas que salían tenían el cuello más largo** (4MF161)

²Jordi ya que esa evolución tuvo que ir dándose [sic] poco a poco y no de repente y **evolucionaban de acuerdo a su necesidad** (4MF169)

² **Jordi, porque se fueron adaptando a sus necesidades ya que los seres vivos siempre buscamos alternativas para poder sobrevivir** en el medio y en la situación que nos encontramos.

²**Jordi, porque se fueron adaptando a sus necesidades. Y además los seres vivos necesitan ver cuales son sus ventajas.**

Incluso, Algunos alumnos conocen y relacionan el nombre de Lamarck con sus ideas. Por ejemplo:

²Me parece que **Jordi** tiene razón ya que coincide con la **teoría de la Lamarck**, pues todo fue gracias a la evolución y adaptación que sufrieron, las jirafas que en un principio tenían el cuello corto y debido a la altura de los árboles de los que se alimentaban **tuvieron que evolucionar para poder alimentarse** (4MF1611)

4.1.1 Categorización de los datos obtenidos por las entrevistas

Con el fin de profundizar y precisar en aquellas ideas previas incompletas, ambiguas, confusas y contradictorias sobre el tema de estudio se aplicó una entrevista de tipo semi-estructurado a nueve alumnos que ya habían respondido al cuestionario diagnóstico. Este tipo de entrevista no implica que las respuestas del entrevistado sean en términos de *alternativas fijas*, es decir no se pretende que el alumno seleccione respuestas predeterminadas que limiten sus ideas, por el contrario, en este tipo de entrevista se le ofrece la posibilidad y libertad al alumno para que pueda contestar en sus propias palabras, mediante el uso de *preguntas de final abierto* (Manheim, 1982). Sin embargo, la entrevista no es completamente libre, es guiada, pero tampoco puede ser del todo controlada. El entrevistador dirige la discusión hacia contenidos más provechosos, intentando llegar al fondo del tema. La decisión sobre las preguntas que se harán en cada momento estará condicionada por la combinación de dos elementos; por un lado, la planificación previa respecto a los temas que se quieren cubrir, por otro, las reacciones del entrevistado que nos llevarán a seguir asuntos por él planteados, en caso de juzgarlos interesantes. Por ende, este tipo de entrevista es mucho más un *monólogo guiado* que una conversación (Hammer y Wildavsky, 1990). Es decir, por medio de éste se pueden aclarar los términos, descubrir las ambigüedades, definir los problemas de conceptualización, evidenciar la irracionalidad de una preposición o recordar los hechos necesarios, así como motivar al interlocutor, elevar su nivel de interés y colaboración y prevenir una falsificación o memorización en sus ideas.

De acuerdo con Fernández (2004), la entrevista es semi-estructurada o semi-rígida debido a que las preguntas, el modo de enunciarlas o el seguimiento de los contenidos pueden variar de acuerdo con el criterio del investigador y las respuestas que el alumno vaya discutiendo. En este instrumento, también llamado entrevista de final abierto, el entrevistador es libre para probar las diversas y numerosas preguntas que le llevarán a asegurarse los resultados más

reveladores. Las preguntas pueden ser modificadas e intentadas de nuevo. Es importante, en el seguimiento del diálogo, el uso de locuciones tales como “por qué” y “qué más”. Estas preguntas intentan la apertura hacia una mayor precisión y profundidad de aquellas respuestas más interesantes o significantes con respecto a lo que se está indagando.

Por su parte, Martínez (2000), nos indica que la entrevista semi-estructurada, en la investigación cualitativa, es un instrumento técnico que tiene gran adaptación epistemológica con este enfoque y que nos permite obtener:

Una amplia gama de contextos verbales por medio de los cuales se pueden aclarar los términos, descubrir las ambigüedades, definir los problemas (.....) evidenciar la irracionalidad de una proposición, ofrecer criterios de juicio o recordar los hechos necesarios. El contexto verbal permite, asimismo, motivar al interlocutor, elevar su nivel de interés y colaboración, prevenir una falsificación, reducir los formalismos, estimular su memoria, aminorar la confusión o ayudarlo a explorar, reconocer y aceptar sus propias vivencias inconscientes. (p. 68-69).

El hecho de aplicar entrevistas a este tipo de alumnos se debió a que sus respuestas emitidas durante la aplicación del cuestionario carecían de una articulación conceptual y/o estructura semántica, así como de un contexto conceptual, en el sentido de que los conceptos empleados se encontraban de forma aislada.

Si bien el uso de entrevistas es un medio muy importante en el estudio cualitativo de las ideas previas, su análisis puede resultar, en muchos casos, una tarea abrumadora y compleja con una gran inversión de tiempo y trabajo. En éste sentido, el uso de algunos programas informáticos optimizan el tiempo invertido en la categorización de la información recabada; la organizan y representan adecuadamente y lo que es más importante apoyan el trabajo acerca de la conceptualización de la misma (Chacón, 2004). Es por ello que en esta investigación se utilizó el programa ATLAS.ti, versión 5 como una herramienta de apoyo para el análisis cualitativo de la información obtenida en las entrevistas de

algunos estudiantes de cuarto semestre. A continuación, se presentan estos resultados.

El discurso abierto, en las entrevistas, permitió a los estudiantes mayor libertad para explicitar gran parte de los contenidos de sus ideas, por lo que la imprecisión, confusión y generalización de éstas se fue disipando durante el proceso de diálogo. Esto fue de gran utilidad, ya que las explicaciones tendieron más al cambio evolutivo que al fijismo. Por ende la influencia de un pensamiento fijista en las explicaciones fue prácticamente nula, en comparación con los datos arrojados en el cuestionario. En este sentido, las categorías identificadas giran en torno a los conceptos relacionados con la teoría de Lamarck, con la selección natural y, en algunos casos, con la teoría neodarwinista, observándose una tendencia mayor hacia la primera.

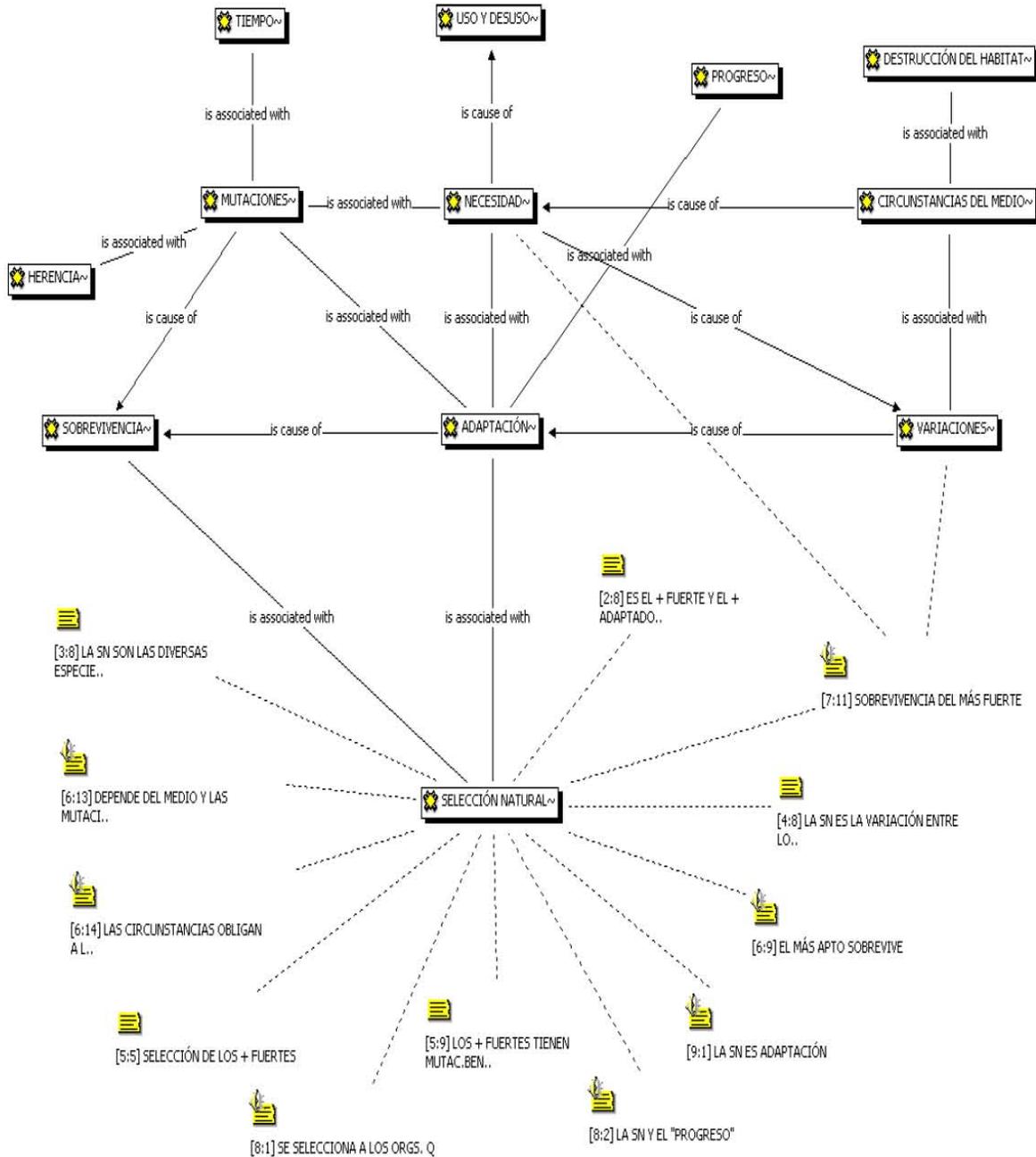
Para facilitar la codificación y clasificación de la información nos apegamos a la metodología del programa. En este sentido, se determinaron una serie de *códigos*; conceptos, emergidos de la misma información, asociados a alguna de las teorías ya mencionadas. Estos códigos funcionaron como *categorías*, y su relación y articulación permitió una interpretación conceptual de las ideas previas de los estudiantes.

En la red conceptual No. 4.1, se pueden apreciar los *códigos* (encasillados en rectángulos) identificados y sus relaciones. Debido a fines prácticos y propósitos del presente trabajo, solo se muestran los resultados correspondientes a la categoría de la selección natural. Asimismo, se indican para ésta, de forma abreviada, sus *citas* (simbolizadas con un icono que representa un fragmento de un texto) más representativas. Estas citas se emplearon, para el análisis, como una especie de *subcategorías*, las cuales comprenden las explicaciones de los alumnos más significativas desde el punto de vista conceptual.

Cabe señalar que este diagrama corresponde al análisis de ocho alumnos, cuyas explicaciones son muy similares. Posteriormente, se presentará otro diagrama

para el caso de un alumno cuyas ideas difieren por su tendencia Darwiniana y Neodarwiniana.

Red conceptual 4.1 Categorización de las ideas previas por ATLAS.ti



Los *códigos* (🔍) se encuentran encasillados en rectángulos y representan las categorías, las cuales contienen a su lado derecho el símbolo ~ que indica un comentario en alusión a ese código. En el caso de la categoría selección natural se indican las *citas* (segmentos de líneas, o párrafos del discurso de los alumnos) más recurrentes y los números en el corchete al lado de éstas señalan el número de la entrevista y número de la cita.

Como se puede ver, en esta red conceptual se visualiza una categorización de las ideas previas focalizada en el concepto de *adaptación* (por eso se encuentra en el centro del diagrama), ya que este es el código que más conexiones tiene con los otros códigos o categorías. Esto significa que las ideas previas de los estudiantes entrevistados se centran más en éste concepto y al momento de explicarlo lo asocian con códigos tanto de origen Darwiniano como Lamarckiano, donde las concepciones tienden a ser más de tipo Lamarckista.

Por ende, se aprecia una concepción de la *selección natural* influenciada por las ideas de **necesidad, cambio en las circunstancias, “deseo interno”, habilidad, y “finalidad”**, entre otras.

Con base en este diagrama, a continuación se presentaran los siguientes resultados centrados en la categoría de la selección natural, ya que ésta es el objeto de estudio del presente trabajo y porque los resultados para las otras categorías son muy similares a los ya discutidos en los datos del cuestionario.

En este sentido, se reportaran los resultados de las subcategorías correspondientes a la selección natural (SN). Estas preconcepciones se identificaron a partir de lo manifestado en las respuestas de los alumnos, durante las entrevistas, cuando se les preguntó sobre el papel que juega la selección natural en la evolución de los seres vivos. Es por eso que se respetó el lenguaje utilizado en las respuestas, mismo que sirvió de base para intitular las subcategorías (SC).

De esta manera y con base en su relación, recurrencia y naturaleza conceptual las SC, presentadas en la red conceptual 4.1, quedaron conjuntadas de la siguiente manera:

SC 1. Los organismos que se adapten mejor o más al medio, o los más fuertes, son los que sobreviven y los que se seleccionan

Uno de los elementos conceptuales que caracterizan estas ideas previas es la **influencia que ejerce el medio sobre la adaptación y sobrevivencia** de los organismos. Asociado a este elemento se encuentran, de manera implícita, otros tales como el de “necesidad”, “finalidad” y “superioridad”; pareciera que uno de los fines en la vida de las especies es cambiar y ser superiores “para” enfrentar las circunstancias del medio o “ambiente” y entonces poder sobrevivir y mantenerse como tales. Esto se puede apreciar, de manera más detallada, en los siguientes ejemplos:

Selene: Pues, **el que se adapte más al medio es el que sobrevive, el que sea más fuerte...**por ejemplo, **el chita tiene que ser fuerte para que no se muera de hambre**, en ese caso correr para atrapar a su presa (2008, p. 5)

De igual manera, en la siguiente respuesta se maneja el concepto del “más fuerte” pero, como en varios casos, el ser más fuerte significa para los alumnos “el que desarrolle más habilidades o aptitudes para sobrevivir” y por lo tanto, ser “seleccionado”. Por ejemplo:

JULIO. ¿Cómo estaría actuando la selección natural?

BERENICE. Bueno, **la selección natural en que solo sobrevive el más fuerte**, entonces **entre mas fuerte sea el ser vivo más probabilidades tiene de sobrevivir y adaptarse al medio ambiente.**

JULIO. ¿Mientras más fuerte sea?

BERENICE. Sí

JULIO. ¿De qué depende que sea el más fuerte?

BERENICE. En que **desarrolle más aptitudes para sobrevivir, y darle fuerza.**

JULIO. ¿Cómo?

BERENICE. Yo digo que se desarrollan, o sea, **como se van presentando las circunstancias van desarrollando sus habilidades.**

JULIO. ¿Cómo puedes entonces explicar la selección natural, **que sería para ti la selección natural?**

BERENICE: **La selección natural** es un proceso mediante el cual se selecciona a un grupo de **organismos que tienen la capacidad de sobrevivir y adaptarse a los cambios** que sufre el medio ambiente o su habitad...**los organismos que sobreviven es porque son organismos mejor adaptados, desarrollan habilidades, aptitudes... entonces es una forma de seleccionarlos naturalmente.**
(2008, p. 3,4).

SC 2. Los más aptos o fuertes son los que sobreviven

En esta SC se agruparon aquellas explicaciones que manifestaron un conocimiento del concepto “supervivencia del más apto”, concepto que Darwin asoció a la SN y que hasta la fecha sigue siendo aceptado por la comunidad científica. Sin embargo, los alumnos, al momento de explicarlo o definirlo lo asocian con elementos de origen Lamarckiano. Estos elementos son: la **necesidad** y la **adaptación “perfecta”**. Es decir, ante los cambios del medio el organismo se ve en la necesidad de cambiar. Los cambios sufridos por la especie actúan, “en automático”, como adaptaciones que harán frente a las condiciones que impone el medio. El siguiente ejemplo, da muestra de lo anterior:

JULIO.- ¿Cómo podrías definir el proceso de la selección natural?

LUIS.- Yo creo que **el ambiente pone ciertas condiciones**, por decir climáticas, alimentación, pone condiciones. **Entonces, esto es lo que hace obligar a los organismos a adaptarse a ellas** lógicamente el que no pueda adaptar pues va a fallecer, si una especie, totalmente, **no puede adaptarse** al ambiente va a extinguirse, **pueden hacer una mutación que sea capaz de adaptarse a esos cambios**. Entonces, esta especie va a continuar tal vez no iguales a las anteriores, tal vez la tierra estaba cubierta de hielo y los animales tenían mucho pelo para cubrirse del frío y **ahorita que se está viendo el calentamiento, pues, ya las especies van naciendo sin mucho pelo** o ya de plano ya sin pelo, yo digo que **la selección natural lo que hace es seleccionar por medio de la naturaleza quien es el más apto para sobrevivir en su ambiente** (2008, p.6)

Este tipo de explicaciones eran, también, recurrentes al responder algunas preguntas sobre el cambio evolutivo en las bacterias, pero, además, llevan implícitamente la idea de que el cambio es para “mejorar”. Por ejemplo:

JULIO: ¿Por qué ante la presencia de un antibiótico algunas bacterias si mueren y otras no?

DENISE. **Porque se hacen inmunes al antibiótico de tanta aplicación, algunas son menos fuertes y mueren** al aplicarse un antibiótico, pero **otras se vuelven más resistentes a ese antibiótico y si ya sobrevivieron** a una aplicación de ese antibiótico. Pues pueden sobrevivir a otra, **como que heredan esa capacidad. Yo pienso que las mutaciones adquieren esa capacidad.**

JULIO: ¿Cómo actúa la selección natural en este caso?

DENISE: **La selección natural es cuando un organismo es más fuerte y sobrevive.** Pues sería lo de...este...como... pues, si o sea, **algunas bacterias serian más resistentes al antibiótico** entonces **solamente esas sobrevivirían y las que no son capaces de resistir al antibiótico serian las que mueren.** Yo digo, así se selecciona con la selección natural o sea, **solamente las bacterias más fuertes,** las que resisten al antibiótico sobrevivirán. (2008, p.6)

Como vemos, los alumnos acusan al antibiótico como responsable de la *resistencia* de las bacterias. En realidad, lo que sucede es que ante una amplia variedad de bacterias mutantes, el antibiótico mata algunas y otras no. Quedan con vida entonces las que no se ven afectadas, y éstas, al reproducirse y dejar descendencia serán las que perdurarán. Por lo tanto, el antibiótico selecciona algunas bacterias, no genera resistencia.

SC 3. La SN es la variación que existe entre todos los organismos

En esta subcategoría se aprecia por un lado, una falta de significado de la SN y por otro, de manera implícita, se manifiesta el concepto de cambio asociado a la sobrevivencia bajo la intermediación del “deseo interno” y las circunstancias del medio. Veamos el siguiente ejemplo:

JULIO.- **¿Qué es para ti la selección natural?**

JAQUELINE. Mmm... **la variación que existe entre todos los organismos y en que al final quedan los que han podido sobrevivir o sea**, de todos los que **han podido** sobrevivir tratan de **que haya una variación** para que se puedan producir los destinos organismos.

JULIO.- ¿Qué elementos se requieren para que se de la **selección natural**?

JAQUELINE.- Podría ser **donde habitan**, entre las plantas, el **alimento, el clima**

JULIO.- ¿Qué otros factores?

JAQUELINE.- Depende del tipo del tipo de organismo, por ejemplo **en las plantas sino hay tanta contaminación no les afecta a su respiración ya que si no está en el clima adecuado no sobrevive**

JULIO.- ¿Por qué algunos felinos como las chitas pueden correr tan rápido como hasta 100km/h?

JULIO. Tu respuesta en el cuestionario fue la siguiente: **Por el lugar donde crecen, para sobrevivir** del hombre y así sea más difícil cazarlos **y también por la agilidad** de sus patas

JULIO. En este caso, ¿qué factores están influyendo en la sobrevivencia y adaptación?

JAQUELINE. Yo creo que **sus ancestros eran lentos y después los descendientes adquirieron la capacidad de correr rápido también porque el ambiente ya había cambiado.**

JULIO.- ¿Cómo adquieren esa capacidad de correr más rápido?

JAQUELINE.-**Por tratar de protegerse e inconscientemente pensaron la mejor forma de hacerlo** (2008, p. 4)

SC 4. La selección natural y el progreso

La ideas implícitas de “progreso” y “finalidad” que se manifiestan en muchas respuestas se hacen explícitas en otras explicaciones que pertenecen incluso al

mismo alumno (a). Ante esta contradicción, no existe una clara definición del azar en el proceso evolutivo. El siguiente ejemplo lo muestra:

JULIO. Estás de acuerdo que dentro de la misma especie algunos sobreviven y otros se extinguen ¿esto como se relaciona con la selección natural?

BERENICE. Pues, la selección natural, **los organismos que sobreviven es porque son organismos mejor adaptados**, entonces los organismos **desarrollan habilidades, aptitudes**. A lo mejor se condicionaron al medio ambiente **y entonces es una forma de seleccionarlos naturalmente**.

JULIO. ¿Tú crees que esa supervivencia sea siempre para bien?, ¿para que progrese la especie? o sea, **¿se puede ver a la selección natural como un proceso perfeccionista; de progreso?**

BERENICE. **Es como de progreso para que la especie siga subsistiendo**

JULIO. ¿No tiene que ver el azar, o sea,...y que esto influya en que la especie sea más apta?

BERENICE. **Yo creo que es muy poco frecuente el azar...es como con un fin, no** (2008, p.7)

SC 5. La selección natural actúa en aquellos organismos que tienen mutaciones benéficas y que son los más fuertes.

En algunos casos, como el siguiente, se relaciona a la selección natural con las mutaciones, pero no existe una concepción correcta sobre el origen de estas:

Denise: En base a la mutación, si, este, mmm, como se llama, pues en este caso, **los organismos que poseen, este, mutaciones dañinas son los más débiles y aquellos que tienen mutaciones benéficas son los más fuertes**. (2008, p. 8)

JULIO. ¿Los chitas siempre han sido así de veloces?, ¿Desde que aparecieron en el planeta?

DENISE. ...Pues...

JULIO. ¿Cómo te imaginas que eran en un principio?

DENISE. **Bueno es que yo me imagino a los chitas como descendientes de los... tigres dientes de sable cosas así, o que son de la misma especie... yo me imagino.**

JULIO. Por naturaleza siempre han sido veloces, o cómo surgió esa variación.

DENSE, Bueno, **yo creo que eso apareció determinado a las condiciones del medio**, porque, no creo que las condiciones del medio desde que se crearon las especies hayan sido la misma durante, todo su desarrollo, entonces, no sé, yo pienso, adquirieron... **el medio tuvo otras características y por ende el organismo también adquirió nuevas características para desarrollarse junto con el medio ambiente.**

JULIO. ¿No crees que haya aparecido una mutación, por ahí, en los ancestros del chita que provocó que adquirieran la velocidad como una nueva variación?

DENISE. Quizá sí, es probable porque pues, o sea todos van adquiriendo, tenían, bueno. Si, como decirlo, tenían este... o sea, mediante esas mutaciones es como se van generando otras especies (208, p. 6,7).

Este último párrafo da cuenta clara de la dificultad de los estudiantes para poder explicar los conceptos sobre la selección natural.

SC 6. La selección natural son los diversos tipos de especies.

Aunado a la dificultad de entendimiento y explicación de los conceptos de la SN se identificaron explicaciones erróneas, como en las siguientes, donde se piensa que la diversidad de las especies (animales) es la SN.

Nely: La selección natural **son las especies** que se encuentran en un medio ambiente y...mmm.... **son diversos tipos** de animales, no son específicamente un tipo si no **muchos** y cada uno tiene una forma diferente de alimentarse, de sobrevivir y reproducirse (2008, p. 6).

JULIO.- ¿Qué es para ti la selección natural?

JAUQUÉLINE. Mmm... **la variación que existe entre todos los organismos** y en que al final quedan los que han podido **sobrevivir** o sea, de todos los que han podido

sobrevivir **tratan de que haya una variación para** que se puedan **producir los distintos organismos** (2008, p. 4)

SC 7. La selección natural depende del medio y las mutaciones

Esta SC es interesante porque, independientemente de su tendencia Lamarckiana, por un lado, algunos alumnos piensan que para que se dé la SN no sólo es importante el medio sino también la existencia de mutaciones, donde **el azar** y la **necesidad** están presentes en el origen de éstas y por otro lado, son pocos los alumnos que asocian el concepto de mutaciones al azar en el origen de la sobrevivencia y el papel de la SN.

JULIO.- ¿Cuál sería el factor que está seleccionando a las bacterias?...y cuando digo seleccionar; me refiero a eliminar a unas y conservar a otras....

LUIS.- Pues **sería el ambiente**, también **su medio que los rodea, y también** como van naciendo, tu lo manejaste como **una mutación** de la bacteria; lógicamente no todas las bacterias descendientes van a salir *con la mutación puede salir una igual y lo otra no va a sobrevivir porque no es capaz de soportar el antibiótico*

JULIO.- ¿Esas mutaciones pueden surgir también en ausencia de un antibiótico o en presencia de éste...?

LUIS.- Yo digo que **puede darse la mutación sin un antibiótico pero el antibiótico** como que **favorece** que este proceso se acelere **por la necesidad de sobrevivir de la bacteria** (2008, p. 5,6).

Cabe señalar que este mismo alumno en otros momentos de la entrevista declara explicaciones de naturaleza Lamarckista. Esto nos confirma la idea de que algunos conceptos sobre la selección natural son más difíciles de entender y por lo tanto de explicar que otros.

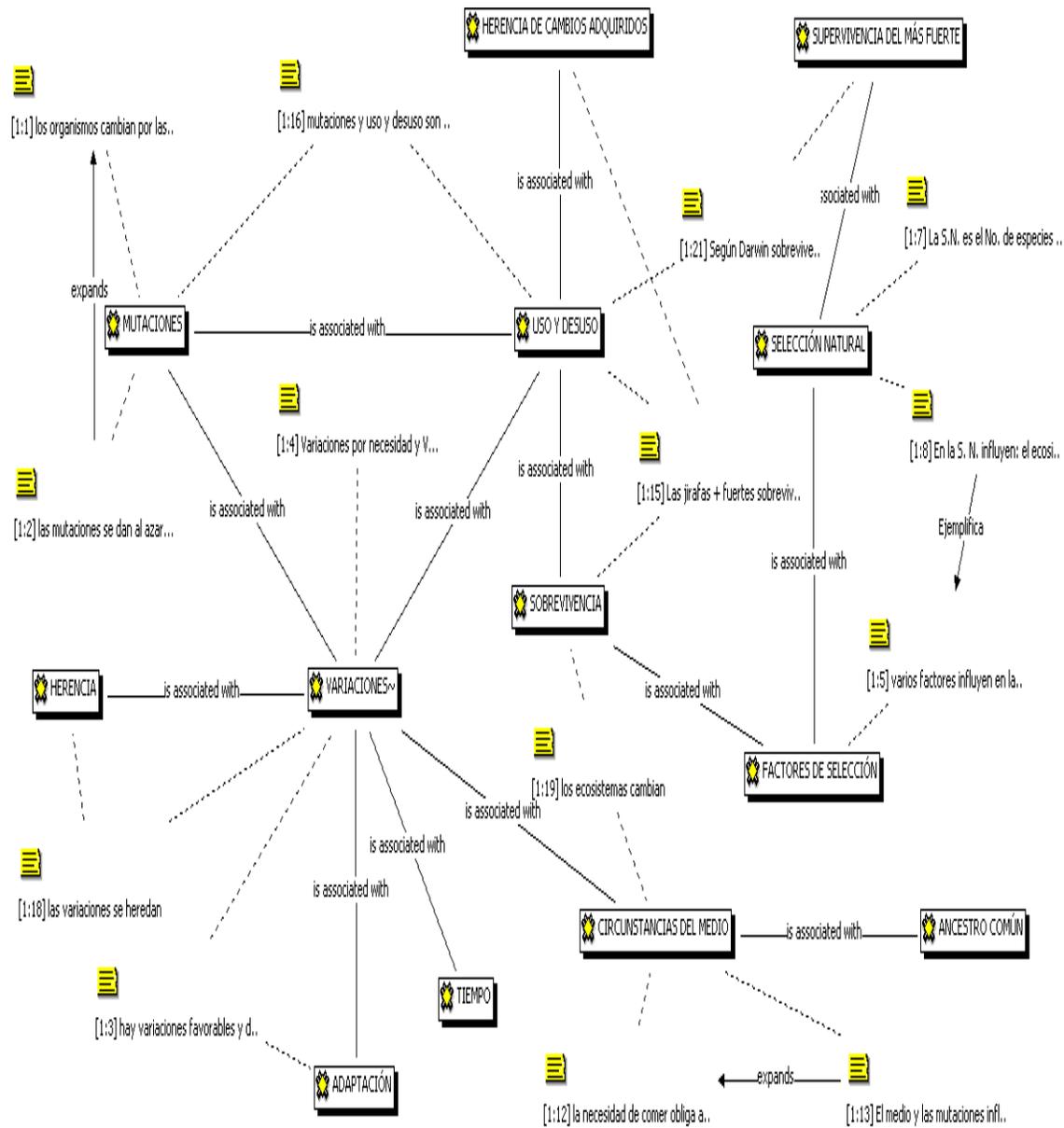
Por otra parte, dentro de los nueve estudiantes entrevistados se distinguió uno por su marcada diferencia conceptual y, por ende, tendencia hacia algunos conceptos importantes sobre la **selección natural y la teoría neodarwinista**. En las explicaciones de este alumno se manifiesta un acercamiento hacia una

articulación y asociación coherente entre los conceptos de la selección natural, mas sin embargo, aunque en menor grado, la influencia de algunas ideas Lamarckianas no deja de estar presente.

Cabe destacar que a diferencia del discurso de los otros alumnos en éste el lenguaje y la semántica son pertinentes ante el conocimiento científico, en el aspecto evolutivo y nivel de aprendizaje del mismo. Lo anterior podría estar relacionado, en parte, con su trayectoria académica, en cuanto a la enseñanza formal sobre el tema de la evolución, en general y su rendimiento académico, ya que contaba con un promedio de 9.0.

En la red conceptual No. 4.2 se presenta la categorización de sus ideas previas y se puede apreciar la interconexión entre las distintas categorías identificadas gracias al uso del programa ATLAS .ti.

Red conceptual 4.2. Categorización de las ideas previas por ATLAS.ti



Se puede observar que la clasificación de las IP se centra en la categoría *Variaciones* ya que es la que más relaciones directas presenta con otras categorías. Por el contrario, la categoría *selección natural* solo se relaciona, de forma directa con otras dos: *supervivencia del más fuerte* y *factores de selección*. Ligadas a todas las categorías, se muestran algunas SC (símbolo de un texto) de interés con relación al objeto de estudio del presente trabajo.

Como se aprecia en este diagrama, las ideas previas del alumno se focalizan en la categoría **variaciones**, un concepto muy importante en la teoría de la selección natural.

Este concepto se encuentra asociado a otros no menos importantes como el de tiempo, herencia, ancestro común, mutación, herencia de cambios adquiridos y uso y desuso. Estos dos últimos conceptos no presentaron, de manera explícita, asociación con el de necesidad, sentimiento interior o de progreso (de naturaleza Lamarckiana).

Si bien en el diagrama no se observa una relación directa entre estos conceptos y la selección natural -porque el alumno tal vez no fue capaz de hacer la articulación correspondiente- se puede reconocer una cierta pertinencia y congruencia con el tema de estudio.

Lo anterior se demuestra con los siguientes ejemplos de algunas de las explicaciones más significativas del alumno, en cuanto a su conocimiento sobre la selección natural y el papel de ésta en el proceso evolutivo.

En la siguiente explicación se concibe a la **mutación** como una fuente del cambio evolutivo desde la postura neodarwinista:

JULIO.- ¿Qué hace cambiar a los organismos?

DAVID.- Esos cambios pueden ser **mutaciones en el ADN de tipo cromosómicas o genéticas**, de plano, y se pueden dar por varias razones **su ecosistema, razones físicas o naturales**, pero si se habla del pasado serian naturales nada más porque no había ningún agente mutante químico que se pudiera manejar y de su ecosistema es porque **los ecosistemas no han estado estables, por todo, desde que se creó el mundo y por eso se va modificando el sistema de un lugar y los animales tienen que aprender a sobrevivir** para poder conseguir su alimento.

JULIO.- ¿Esas mutaciones cómo se originan?

DAVID.- **Pues el organismo no está consciente**, si en el caso de una persona o un animal no sabe si puede modificar su cromosoma o su ADN voluntariamente **estas se dan a partir del tiempo y se dan al azar....** (2008, p. 1)

En cuanto al origen y función de las variaciones, se deduce que el alumno reconoce la existencia de éstas y su herencia; las que son en sí mismas adaptativas ("Variaciones Lamarckianas"), y se dan como resultado inmediato de la **acción del organismo**, cuya finalidad es mejorar la relación organismo-ambiente. Sin embargo también reconoce a las **variaciones espontáneas, aquellas que surgen al azar, por mutaciones**, y que son objeto de Selección Natural.

Asimismo, se distingue con claridad el uso de conceptos sobre **genética** que el alumno maneja, aspecto no observado en las entrevistas anteriores:

JULIO.- ¿Podemos ver que las variaciones pueden ayudar a algunos organismos y a otros no, es decir, existen **variaciones ventajosas y desventajosas?**

DAVID.- Sí, **Algunos se modifican para poder sobrevivir en su ecosistema y otras como que son al azar** no saben qué cambios van a hacer o donde va a cambiar o en qué y uno de estos cambios podría afectar en ese momento al organismo por como esta sobreviviendo. (2008, p. 2)

JULIO.- ¿Ahora, relacióname la reproducción con las variaciones que están teniendo los organismos?

DAVID.- **Estos individuos pueden adquirir esas ventajas**, también depende de la presa porque por ejemplo, **si la presa es rápida el depredador tiene que ser rápido y esa rapidez la hereda o se queda guardada en su ADN y pasa a la siguiente generación** y esa generación ya podría tener dentro de su ADN guardada esa información para poder ser veloz, grande o garras largas etc.

JULIO.- ¿Todos los hijos de los organismos "ventajosos" saldrían con la misma habilidad?

DAVID.- **No, porque este cambio no puede darse a la siguiente generación de golpe tendrían que pasar varias generaciones** para que esta información se

expresarse y no se expresaría en todos los individuos que hayan nacido, si por ejemplo, el que lo hizo tuvo cuatro hijos podría ser que en ninguno se dé, pero la siguiente generación podría que se dé; si uno de sus hijos tiene cuatro hijos podría darse en solo uno de ellos

JULIO.- ¿De qué depende que se dé en uno o ninguno o en todos?

DAVID.- **De que el alelo de esa información sea un dominante y no un recesivo**, porque si es recesivo se podría ver opacado por el dominante y esta información no se podría expresar, solo se expresaría hasta que se juntara con otro alelo igual recesivo y este se pudiera expresar (2008, p. .6)

Otro de los aspectos interesantes que se reconocen en el alumno y que difiere de sus compañeros tiene que ver con el caso de las bacterias, donde el origen de sus respuestas se vincula más a la teoría neodarwinista que con la de Lamarck. Por ejemplo:

JULIO.- ¿Por qué algunas bacterias mueren y otras no?

DAVID.- algunas mueren porque su **ADN** o su sistema no está hecho para soportar ese tipo de antibiótico, **pero las que sobreviven su sistema está ya modificado para poder soportar este tipo de antibiótico**, pero si no cambian, si se les aplica el antibiótico y ya no cambian esto sería mejor porque si se les aplica el antibiótico **y estas mutaran serian más fuertes y la siguiente generación todas esas bacterias ya no serian afectadas por el antibiótico**

JULIO.- ¿Las bacterias se preparan o resisten antes de que se les aplique el antibiótico?

DAVID.- **Estos cambios ya vienen desde su sistema, su ADN** y es información que ya la tiene guardada ahí **y si se dan las condiciones apropiadas estos se pueden expresar** (2008, p. 3)

El alumno elige la opción 2 del esquema de la guía de entrevista (ver anexo 3); opción para la Sel. Nat. y explica que la muerte de las bacterias se debe a mutaciones “dañinas” y la sobrevivencia de otras se debe a cambios o mutaciones

en el ADN, mismos que se heredan a la descendencia. Nunca habla de necesidad o capacidad para mutar o transformarse.

Sin embargo al momento de que se le pregunta qué es la selección natural y cuáles son las condiciones para que se dé ésta se confunde y ejemplifica la influencia de algunos factores de selección pero no los vincula con la reproducción diferencial, variaciones, extinción etc,

JULIO.- ¿Qué es para ti la selección natural?

DAVID.- Es el número de especies que están en un determinado lugar y conviviendo entre sí mismas con relaciones interespecíficas.

JULIO.- Mencióname una lista de factores que están involucrados con la selección natural ¿Qué elementos deben existir para que se de la selección natural?

DAVID.- Sería el ecosistema de un lugar, catástrofes que modifiquen un lugar, **desastres naturales**, la llegada de **intrusos** a una comunidad, la **depredación**, ya que ayudaría a mantener el número de individuos controlado, porque sin depredadores el número de presas aumentaría proporcionalmente, exponencialmente y éstos ayudarían a que **otras especies se agotaran** y con la ayuda de la depredación estas especies que se reproducen muy rápido puedan estar controladas **y así la cadena alimenticia se regula** (2008, p. 5)

Al igual que en algunas de las ideas de los otros alumnos, se manifiesta una combinación conceptual entre éstas; se mezclan ideas de naturaleza tanto Darwinista como Lamarckista. El siguiente ejemplo lo muestra:

JULIO.- ¿Darwin estuvo de acuerdo con Lamarck, en el caso de las jirafas, fueron las mismas ideas o fueron diferentes?

DAVID.- Según Darwin sobrevive el más fuerte y Lamarck dice que el que más usa el cuello se modifica.

JULIO.- ¿y tú con quién estás de acuerdo?

DAVID.- Con Lamarck

JULIO.- Así entonces, ¿evolucionaron las jirafas?

DAVID.- Sí

JULIO.- ¿Cómo relacionarías esta idea de Darwin con la idea de Lamarck?

DAVID.- Sería que **el que sabe utilizar sus órganos mejor podría hacerse más fuertes o tener una mayor ventaja sobre los organismos y podría sobresalir.**

DAVID.- **Sí, la jirafa ejercita su cuello y lo usa, esa misma habilidad se les hereda a sus hijos y así sucesivamente hasta que ya queda bien su desarrollo**

JULIO.- ¿No crees que esta modificación se haya dado por una mutación?

DAVID.- **Podría ser, pero tendría que ser muy difícil** para que se naciera así porque otra mutación sería también heredada de sus padres, que su padre tuviera esa mutación en ese gen para que naciera con el cuello largo

JULIO.- ¿Entonces no puede ocurrir?

DAVID.- Sí, pero sería más difícil

JULIO.- ¿Cómo influye la aparición de mutaciones y el uso o ejercitación de algún órgano del cuerpo en el origen de los cambios evolutivos?

DAVID.- **Yo digo que van de la mano porque hay mutaciones que ayudan y otras que no pero si ayudan y aparte el organismo ejercita el órgano que mutó éste podría ser más fuerte y más hábil que todos**

JULIO.- ¿Es como un complemento?

DAVID.- Sí

JULIO.- ¿Lo que pasa con las jirafas puede pasar con cualquier organismo?

DAVID.- Sí

JULIO.- ¿El uso y el desuso de algún órgano pueden ocurrir en cualquier especie?

DAVID.- Sí, porque todos estamos hechos de una base real

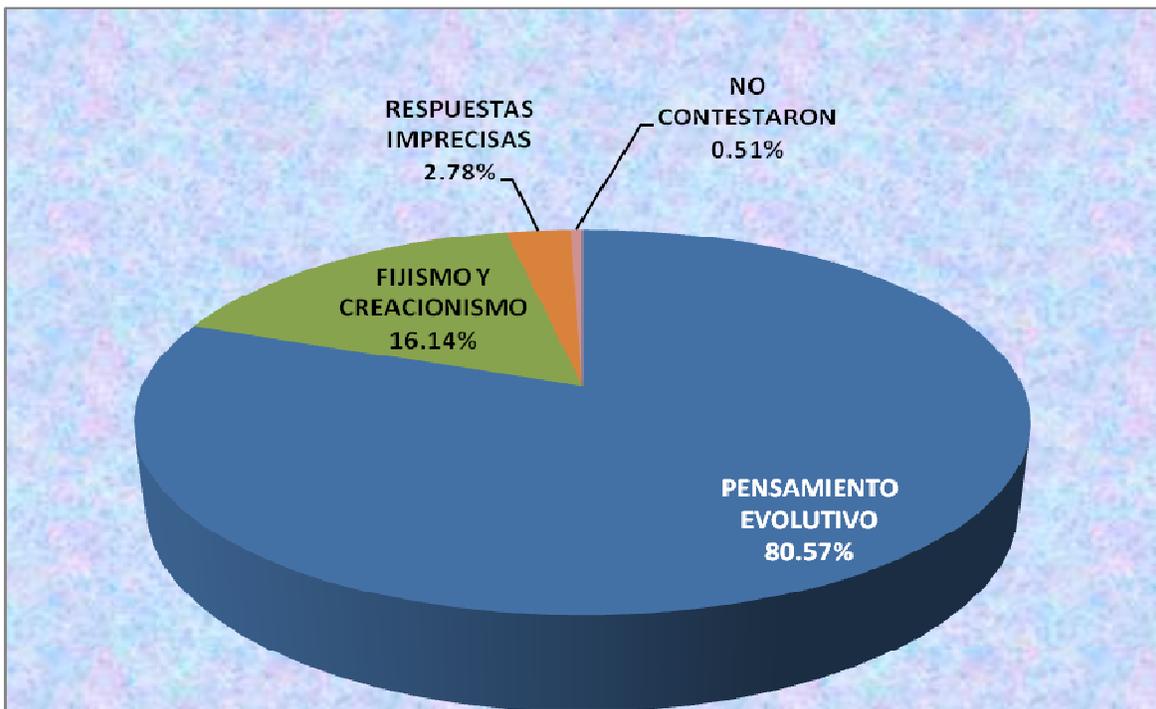
JULIO.- ¿Incluso el hombre?

DAVID.- Sí (2008, p. 8, 9, 10).

4.2 Categorización de las ideas previas en los estudiantes de sexto semestre

Como se puede apreciar en la gráfica 4.3, en el conjunto de respuestas enunciadas por 44 estudiantes de sexto semestre que respondieron al cuestionario diagnóstico, se encontró que el 80.57% de sus ideas previas corresponde a un pensamiento evolutivo, mientras que el 16.14% se asocia al pensamiento fijista y creacionista y el 2.78% y 0.51% restantes tiene que ver con respuestas imprecisas (carentes de significado y/o sentido) y preguntas no contestadas, respectivamente.

Gráfica 4.3. Ideas previas en alumnos de 6o semestre

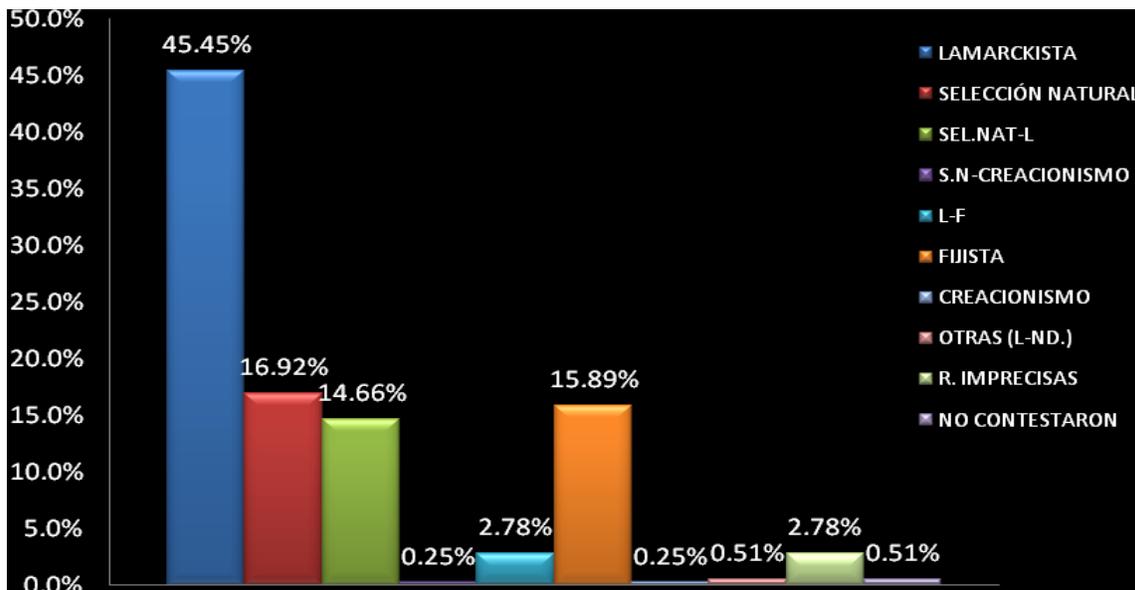


Los porcentajes aquí observados se obtuvieron a partir de las respuestas de dos grupos de alumnos de los turnos matutino y vespertino que respondieron a un cuestionario abierto de nueve preguntas sobre la selección natural.

Del total de las ideas previas relacionadas a un pensamiento evolutivo se identificaron, al igual que en el caso de los alumnos de cuarto semestre, distintas categorías que tienen que ver con la selección natural, la teoría de Lamarck y la

teoría neodarwiniana o con la combinación entre alguna de éstas. Por el contrario, las ideas de carácter no evolutivo se clasificaron ya sea como fijistas o creacionistas. Asimismo, se encontró una categoría para una combinación entre ideas de selección natural e ideas creacionistas. Estos resultados se aprecian en la gráfica 4.4. Las categorías que más sobresalen son: la primera categoría que comprende un 45.45% de respuestas relacionadas con la teoría de **Lamarck**, mientras que, prácticamente, el **17%** de éstas están relacionadas con la **selección natural** (SEL.NAT). Por su parte, la tercera categoría muestra que el 14.66% corresponde a ideas previas mixtas; conceptos tanto de origen Darwiniano como Lamarckiano (SEL.NAT-L), y en la sexta categoría se observa, casi, un 16% que corresponde a **ideas fijistas**.

Gráfica 4.4 Categorías y porcentajes de las ideas previas en los alumnos de sexto semestre



Al igual que en el caso de las ideas previas de los alumnos de cuarto semestre (turnos matutino y vespertino), debido a la estructura conceptual de estas concepciones, se reconocieron distintas subcategorías (SC) y su frecuencia y

carácter dependió del tipo de pregunta en el cuestionario. Asimismo, La mayoría de dichas agrupaciones corresponden a las encontradas en el análisis de las ideas previas de los alumnos de menor grado.

En las tablas de los numeros 4.10 al 4.18 se presentan las categorías y sus respectivas subcategorías (SC) para el caso de cada pregunta formulada en el cuestionario abierto. Además, se citarán algunos ejemplos de las expresiones más representativas hechas por los estudiantes, así como comentarios importantes en alución a su análisis. En la presentación de los resultados se respetarán los mismos criterios del formato y nomenclatura de las tablas como se estableció en el primer apartado de este capítulo. Sin embargo, vale la pena recordar esta nomenclatura:

L: Lamarckista. SEL. NAT.: Selección natural. C: Creacionismo. F: fijista. ND: Neodarwinista.

PREGUNTA 1. ¿Por qué hay tantas especies en el planeta?

| LAMARCKISTA | | SELECCIÓN NATURAL | | | | SEL. NAT- LAMARCKISTA | | | FIJISTA |
|--|---|--|---|--|--|---|--|---|--|
| SC | | SC | | | | SC | | | |
| ¹ Por la variedad de ecosistemas y cam bios en éstos 10R | ² Para que haya una diversidad de especies mejor adaptadas 1R | ³ Por la sobreviven- cia de los más aptos que al repro- ducirse dejan variabi- lidad 2R | ⁴ Por- que han cam- biado a partir de un ances tro co- mún 1R | ⁵ Se debe a la selec- ción natu- ral 3R | ⁶ Por su evolución Dan origen a nuevas especies , se diferenci an y se adaptan 11R | ⁷ Por la diversidad , evolución , adaptación , cambios en su medio. Desarrolla ron capacida- des para sobrevivir 8R | Por su evoluci ón, al paso del tiempo y los cam bios en el medio 3R | De un ancestro común partieron las especies más sencillas a las más comple- jas 1R | Porque se reproducen, y mantienen un equilibrio en la cadena alimenticia 3R |

Tabla 4.10. Categorías y subcategorías (SC) para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Como se puede observar, para esta pregunta, si bien permanecen las ideas previas de carácter Lamarckista, un alto número de alumnos asociaron sus ideas con la *selección natural*, especialmente para el caso de la subcategoría No. 6.

Esto se debe al mayor grado de explicación y conceptualización de las respuestas de los estudiantes de sexto semestre en comparación con los de cuarto. En esta extensión explicativa se observa una mayor **diversidad conceptual** y el uso de conceptos que los alumnos de cuarto semestre casi no manejan, tales como la *reproducción y la herencia*.

En el caso de la categoría sobre la SN, a través de los siguientes ejemplos, se puede notar el empleo de conceptos tales como: *supervivencia del más fuerte, reproducción, variabilidad, sobrevivencia, biodiversidad, extinción, ancestro común, selección natural y especiación*:

³Uno de los factores es que estos *se van adaptando* a los diferentes cambios de ambiente, en los cuales *solo los más fuertes, sobreviven*, y para poder ya sea que tomen ciertas características y que vayan evolucionando y conforme con la *reproducción* de animales y cruza con otros puede haber una *variabilidad de especies* (M6F161)

³Debido a un proceso que sufren todos los organismos, es decir *los mejores adaptados a ciertas condiciones de su ecosistema podrán sobrevivir*, además de que podrán dejar una *descendencia*, y también es posible que no se encuentren en un lugar fijo, ya que *pueden emigrar* si hay escasez de alimentos, etc. Para que puedan sobrevivir (M6F175)

⁴Porque hay una gran *biodiversidad* y *han evolucionado algunas y otras más se han extinguido* pues aunque hay un *ancestro en común* hemos ido cambiando y los *seguiremos haciendo* (M6F174)

⁵*Porque han sobrevivido* a ciertos factores de riesgos que tiene cada especie y se han ido acostumbrando a su ecosistema y solo las que han sobrevivido a esos cambios son las que existen ahora, esto se debió a *la selección natural* (M6M1720)

⁵Pues la gran variedad de especies se debe a la *selección natural* postulado por **Charles Darwin**, después de su viaje en el Beagle(sic) en el que descubrió este proceso en las islas Galápagos(sic) (M6M1722)

⁶Porque **a lo largo del tiempo** *las especies van evolucionado y han dado origen a nuevas especies*, y al irse adaptando cada una a su medio *se van diferenciando cada vez más y se van diversificando* (M6M1721)

⁶Porque *hay variación*; **a lo largo del tiempo** *las especies han cambiado dando lugar a otras* que se adaptan a las nuevas necesidades (M6F1819)

Los siguientes ejemplos son interesantes ya que si bien se observa una lógica en la explicación del alumno, existe una **fusión de ideas** de origen tanto Darwiniano como Lamarckiano y además se demuestra el uso de conceptos importantes que tienen que ver con la selección natural tales como el de “*ancestro común*”, *tiempo*, *descendencia* y *diversidad*.

⁷Después de que se origino [sic] la tierra surgieron las *primeras especies (o la primera)* de allí *paso [sic] mucho tiempo para que evolucionaran* y por medio de **mutaciones de los diferentes ambientes** y de sus **condiciones como seres vivos desarrollaron capacidades para sobrevivir**, *de este modo nacieron nuevas especies* y siguen surgiendo llegando a la *diversidad* de especies que hoy en día existen y que *siguen cambiando aunque no sea muy notorio* (M6F1814).

⁷ *Por las adaptaciones* que han tenido los organismos a lo largo del *tiempo*, *adaptaciones que se han dejado a la descendencia*. Un ejemplo claro son los *pinzones* (Darwin), ya que cada uno **se desarrolla distinto por el medio en el que vive**. (M6F172)

En las ideas previas de carácter **Lamarckista** se explica la existencia y diversidad de las especies en términos de una **necesidad, finalidad y progreso** hacia la adaptación y sobrevivencia. Es decir, los organismos “se ven obligados” a adaptarse, enfrentando los cambios que se dan en su medio o ecosistema y transmitiendo sus adaptaciones a sus descendientes en un proceso que lleva tiempo.

En los siguientes ejemplos se manifiestan éstos conceptos lamarckianos que de igual manera se distinguen en las ideas de los estudiantes de cuarto semestre:

¹Porque a través del tiempo las especies **se han ido adaptando a las condiciones que les impone el medio en el que habitan** y ya una vez adaptados **pueden transmitir esas características a sus descendientes** y así sobrevivir (M6F173)

¹De la **variación de climas y organismos**, estos afectan en las características y **habilidades de la especie** determinada (V6M1818)

¹Por la **evolución** que se presentó a través de los años y **las variaciones geográficas que afectaron** en algunos **seres vivos modificándolos** (V6M1919)

¹Por la gran **variedad de ecosistemas** que existen esto quiere decir que **las especies han evolucionado** a través de millones de años **debido a los cambios** que han surgido a través del tiempo, como la gran **diversidad de ecosistema las especies se han adaptado a estos cambios** y es variable su morfología y su comportamiento en estos diversos ecosistemas como por ejemplo **un oso de bosque(sic)un oso del ártico son del mismo género pero son variables sus características** (M6M1823)

El concepto de progreso se evidencia en la siguiente idea:

²Para **que hubiera una diversidad** de especies de las cuales mediante la **evolución** se pudiera generar otras nuevas **especies mejor adaptadas** y con mayor posibilidad de supervivencia, **que permitan su reproducción y su estancia en el planeta, con menos riesgos de extinción** (M6F178).

PREGUNTA 2. ¿Los tipos de especies que existen hoy en día en el planeta siempre han existido? Argumenta tu respuesta.

| LAMARCKISTA | | | | SELECCIÓN NATURAL | | | SEL NAT-LAMARCKISTA | | |
|--|--|---|---|--|--|--|---|---|--|
| SC | | | | SC | | | SC | | |
| No, cambian para sobrevivir y adaptarse por uso y desuso 1R | ² No, evolucionan porque su ambiente cambia y estas tienen que cambiar o adaptarse 12R | ³ No, evolucionan para adaptarse (mejor) a su medio 6R | Sí, pero con distinta forma, porque han evolucionado 1R | ⁵ No, por la <i>descendencia del ancestro común</i> 7R | ⁶ No, algunos <i>se extinguen</i> y otros surgen para adaptarse y dar <i>origen a nuevas especies</i> 3R | ⁷ No, <i>algunos se han extinguido</i> y otros evolucionan por <i>selección natural</i> 1R | ⁸ No, por la <i>descendencia del ancestro común</i> y por cambios en el medio desarrollan habilidades 1R | ⁹ No, algunas <i>se han extinguido</i> y otros han evolucionado para sobrevivir y adaptarse 5R | ¹⁰ No, porque cambian o se adaptan o evolucionan 5R |

Tabla 4.11. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Para el caso de esta pregunta, se distingue un alto número de respuestas de naturaleza Lamarckista, donde, específicamente, para la segunda SC se reafirma la idea previa de la influencia del medio en el origen del cambio biológico y/o evolutivo. Esta misma IP, como ya se vio anteriormente, en el caso de los alumnos de cuarto semestre se asocia a los conceptos de necesidad, mejora o progreso. Veamos algunos ejemplos:

²Yo opino que si, las especies han cambiado a través del tiempo por lo antes mencionado **la tierra a cambiado por lo cual las especies que habitan en ella también** (M6F1819)

^{2y3}**Que si, el medio**, el tiempo, y el lugar **afectó** a los organismos haciendo que sean los **mejores sobrevivientes** (M6M1722)

²Si ya que **han tenido que modificar su manera de vivir para poder sobrevivir** a las **condiciones a las que sean sometidos** y pueda perdurar la especie tal es el caso de las **ballenas y serpientes que antes tenían patas y ahora no también por el clima** condiciones geográficas etc. (M6F173)

²**Si han cambiado**, un ejemplo sería el de las **ballenas**, ya que cuando encontraron fósiles se percataron **tenían** como una especie de **patas que le permitía salir a la superficie**, la cual **en su tiempo** también **fue un animal terrestre**, pero **se fue adaptando según las necesidades que tenía** (sic) **esta** (sic) (M6F161)

En el caso de la anterior respuesta, es interesante comentar que esta se asemeja a algunas de las respuestas que tienen, incluso, algunos alumnos de la carrera de biología marina de la universidad Autónoma de Baja California Sur, ya que en estudio que realizaron Millán y cols. (1997) sobre la comprensión del concepto de selección natural, al utilizar la siguiente pregunta hipotética encontraron respuestas como la siguiente:

Pregunta hipotética:

Los ancestros de los actuales delfines no eran tan eficientes para nadar, tenían cuatro patas, similares a los actuales mamíferos terrestres. Supón que el delfín desarrolló aletas a partir de las patas de sus ancestros terrestres. Explica brevemente cómo pudo haber pasado esto, usando la idea de selección natural. (Millán y cols., 1997. p. 6)

Respuesta del alumno universitario:

1.2.2 (Ep-Ca-S-f). Para que esto se hubiera dado, tendrían que haberse presentado **cambios ambientales tan drásticos que obligaron a los supuestos ancestros a buscar otros hábitats**; en este caso, el hábitat tendría que haber sido el mar. (Millán y cols., 1997. p. 13)

De acuerdo con Bizzo (1994), este tipo de ideas también se presenta en estudiantes de otros países como Brasil. Según este autor, aunque los alumnos ya hayan recibido una instrucción sobre el tema de la evolución mantienen conceptos similares al “progreso” y “la mejora”. Además, la adaptación la consideran como un proceso individual que ocurre durante la vida del organismo.

En el caso de las respuestas para la categoría de **selección natural** se encontraron conceptos importantes que son correctos y más o menos se encuentran articulados, aunque es necesaria una mayor precisión y profundidad

en éstos para que el esquema conceptual sobre la SN se encuentre más completo. Los principales conceptos que se identificaron fueron: *extinción* y *ancestro común*, este último no se encontró en las respuestas de los alumnos de cuarto semestre, en esta pregunta, donde dichas respuestas eran mucho más imprecisas.

A continuación se presentan algunos ejemplos para las SC de la SN, donde se distinguen los conceptos ya mencionados.

⁵No, tal como las conocemos hoy en día pero *tuvieron ancestros* las cuales eran más a menos parecidos y vivieron *hace millones de años*, un *ejemplo sería el mamut con el elefante*, de alguna manera los animales que conocemos hoy en día fueron *evolucionando o cambiando* hasta conocerlos hoy en día (V6F186)

⁶ No, pues por diversos factores algunas especies *han desaparecido y otras han surgido*, además de que cada que cambian (se adaptan) van dando una mayor *variedad de especies* (M6M1721)

⁷ No, *algunos se han extinguido* a mano del hombre otros por *selección natural* y otros han evolucionado (V6M1919)

Asimismo, se observa una mezcla de ideas relacionadas tanto con la SN como con la teoría Lamarckista producto de una carencia de esquemas de integración conceptual, pues si bien poseen nociones correctas del tema desconocen otros conceptos que tienen que ver con el origen y selección de las variaciones ventajosas:

⁸No, *cada uno tiene un antepasado*, el cual era similar a la especie actual, pero debido a cambios climáticos, geográficos y temporales, **desarrollan diferentes habilidades para asegurar, su supervivencia, o evolución** (V6M1818)

La siguiente explicación mixta es interesante ya que manifiesta, de manera implícita, un acercamiento hacia el concepto de *supervivencia diferencial*

⁹Según las teorías evolutivas no, ya que se dice que **hubo un organismo que se fue transformando a lo largo de los años ya que trato de adaptarse** al medio para poder sobrevivir.

Además de que *su descendencia debía ser bastante para poder **mantener esas características***, y los que no eran capaces de dejar descendencia o de adaptarse, *se extinguían* (M6F172)

PREGUNTA 3. ¿Estas especies han cambiado? ¿Tú qué opinas?

| LAMARCKISTA | | | | DARWINISTA | | SEL.NAT-LAMARCKISTA | | SEL.N AT-C | FIJIS TA |
|---|--|---|--|---|--|---|--|---|--|
| SC | | | | SC | | SC | | | |
| ¹ Sí, porque necesitan cambiar y adaptarse a los cambios de su medio (para sobrevivir) 15R | ² Sí, cambian de acuerdo a las necesidades de cada especie 3R | ³ Sí, Han desarrollado habilidades y las heredan para adaptarse y sobrevivir 4R | ⁴ Sí por uso y desuso de alguna parte de su cuerpo 2R | ⁵ Sí, con mutaciones se forman nuevas especies , con mayor ventaja para sobrevivir 2R | ⁶ Sí, solo las más aptas se adaptan, dejan descendencia y si no se extinguen 2R | las especies van cambiando con el tiempo ; se adaptan al medio 3R | Si han cambiado por la evolución 4R | ⁹ Existen dios , pero también han habido cambios 1R | No han cambiado , se han adaptado 1R |

Tabla 4.12. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Al igual que los estudiantes de cuarto semestre, los de sexto están de acuerdo con que las especies cambian o evolucionan. Sin embargo, la mayoría de éstos atribuyen como causa de dicho cambio a las **necesidades que tienen las especies para adaptarse y sobrevivir**; se piensa que los cambios en esas necesidades dependen de los cambios que se dan el medio. Llama mucho la atención, el ver que muchas de las respuestas son muy similares a las expresadas por los alumnos cuarto semestre:

¹**Si, yo digo que es por el cambio del tiempo en el planeta, lo que los hace adaptarse y cambiar sus rasgos** que en el cambio son **necesarios para poder sobrevivir**.(V6M1713)

¹Si, en realidad **toda especie ha estado en un proceso evolutivo** porque mediante pasa el tiempo, **el medio se ha ido transformando por lo que las especies tienen la necesidad de adaptarse** (V6M2020)

^{1,2}Si, pienso que estos animales **fueron adaptándose** a su **ambiente** y ciertas **modificaciones morfológicas** que sufrieron por ejemplo las **serpientes llegaron a tener patas, y hoy en día se arrastran** y se pueden ver que **salen unas pequeñas extremidades de sus vertebras(sic) y que fueron alguna vez patas** (M6F175)

Existen algunas explicaciones que tienen que ver con el concepto de **uso y desuso**, ya sea en forma implícita o explícita.

⁴Si, porque se supone que cuando alguna parte de su cuerpo no la usan mucho y algunas otra la desarrollan más, cambia su forma. (V6F2111)

^{3,4}Si porque poco a poco van cambiando. Transcurso del tiempo **desarrollando la mejor capacidad o como el uso y desuso de algunas partes de su cuerpo** (V6F171)

Y los alumnos aceptan la existencia del cambio evolutivo, aunque por su religión crean en la existencia de dios:

⁹ Yo creo que si, aunque este tema causa polémica pero es ilógico creer que todo siempre a sido igual y **aunque soy católica no soy ingenua y no dudo que exista Dios ni tampoco que haya habido cambios incluso aun los hay ya que estamos en constante cambio.**

En cuanto a la categoría de la SN, se encontró, a diferencia de los alumnos de cuarto, un ligero aumento en el número de este tipo de respuestas, mismas que incluían los conceptos de *mutación, reproducción y origen de nuevas especies*. Veamos los siguientes ejemplos:

⁵Claro, pues los factores como las *mutaciones hacen que se formen nuevas especies*, lo cual provoca una mayor diversificación y una mayor **ventaja** para sobrevivir (M6M1721)

⁶*Las especies que se adaptan siguen viviendo y dejando descendencia mientras que las que no se adaptan se extinguen*, así las especies adaptadas sí **sufren cambios** a lo largo del **tiempo**, en todos los aspectos, desde conductas, **genotipo y fenotipo** (M6F1814)

⁶Si, yo opino que *solo las mas aptas son las que han prevalecido y las otras han desaparecido*. Además existen evidencias que lo demuestran (M6F1817)

PREGUNTA.4. *¿A qué se debe la existencia de diferentes razas de perros? y ¿Cómo relacionarías este proceso con el de la selección natural?*

| LAMARCKISTA | | SEL.NAT. | | SEL.NAT-LAMARCKISTA | | | L-ND | FIJISTA-L | FIJISTA |
|---|---|--|---|---|---|--|---|--|--|
| SC | | SC | | SC | | | | | |
| ¹ Depende del lugar o clima y las más adaptadas cambian para sobrevivir 9R | ² Al tipo del lugar donde se encuentran, se desarrolla una combinación de habilidades y capacidades para una mejor adaptación 5R | ³ A la <i>selección artificial</i> ; acción del hombre para ciertas necesidades 6R | ⁴ A la adaptación y <i>selección natural</i> . 2R | ⁵ Debido a las regiones y climas , las razas, se adaptan, desarrollan características para sobrevivir <i>y si no se extinguen por SN</i> 5R | A la <i>selección artificial</i> ; juntar las mejores capacidades o cualidades de una raza con otra para obtener mejores especies 3R | Se debe a la <i>acción del hombre</i> para ciertas actividades humanas y las condiciones del medio son las que eligen 2R | ⁸ por la zona Geográfica en la que habitan , se adaptan y por la mezcla de genes de una especie y otra 2R | se cruzaron lobas con otro tipo de perros y de ahí surgieron nuevas razas cada tipo de perro está adaptado a su sitio 1R | ¹⁰ A la cruce de razas y / o especies para dar origen a otras 9R |

Tabla 4.13. Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Si bien algunos alumnos (SC. 3) contestaron, ya sea con base en el papel el que juega la *selección artificial* en la obtención de las diferentes razas o variedades de perros o usando simplemente el nombre de dicho proceso, solo dos se refirieron a la mezcla de *genes*, motivo por el cual dichas respuestas se clasificaron como ideas Neodarwinistas-Lamarckistas (L-ND).

Además, en algunos casos, los alumnos fueron capaces de diferenciar que la selección artificial es llevada a cabo por el hombre, mientras la SN ocurre en la naturaleza:

³Las personas hemos adaptado a otros organismos conforme a *nuestras necesidades* por medio de *la selección artificial* que origina que diferentes organismos se unan para formar a uno nuevo (6MF177)

³Se debe a la “*selección artificial*” que hace el hombre para la obtención de otras razas de perros. La selección artificial y la selección natural *se trata de escoger a las mejores especies* para que sobrevivan, solo que la primera es *hecho por el hombre* y la segunda *por la naturaleza* (M6F1816)

⁴A la *adaptación*, la naturaleza es la que más *elige* ya sea para sobrevivir o morir por medio de nuestra adaptación al medio ambiente que nos rodea (V6M1817)

En relación a la categoría Lamarck, se encontraron respuestas involucradas, con la influencia del medio e, implícitamente, con el factor **necesidad**:

¹**Por la adaptación de las especies**, es decir, un bullgod no tendrá el mismo pelaje, peso y tamaño de un San Bernardo, pues **el medio en el que se originaron es muy diferente**, un ser vivo **se adapta según las condiciones del ambiente**, de lo contrario se extinguen (V6M1712)

²**Se debe al tipo del lugar donde se encuentren**: una misma especie **adquiere los caracteres diferentes y necesarios** de acuerdo al lugar esto sería la **adaptación**; en relación con la **selección natural**, es lo mismo que el que sobrevive es porque **adquirió características y es el mejor adaptado**_ (V6F186)

⁵Debido a las cruces de diferentes razas, **debido a las regiones y climas de donde son originarios**, debido a esto *las razas surgen y se extinguen debido a la selección natural* (V6M1818)

⁸Creo que las diferentes razas de perros surgieron ya sea **por la zona geográfica en la que habitan, y así sufrieron un proceso de adaptación** en tamaño, pelaje, etc. Pudo ser **por la mezcla de genes de una especie u otra** (V6F175)

Al igual que en el caso de los alumnos de cuarto semestre, esta pregunta arrojó una cantidad más o menos considerable de respuestas de naturaleza fijista (SC. 9), caracterizadas por su distanciamiento con la teoría evolutiva y por su imprecisión y descontextualización conceptual.

De acuerdo con Pérez y cols. (2009), en un estudio donde se exploraron y analizaron las preconcepciones de 145 alumnos de sexto semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Oriente, se encontró que para una pregunta similar a la planteada en el presente trabajo, sólo el 10% del total de las respuestas de estos estudiantes correspondían a los conceptos de recombinación genética y mutaciones. La pregunta planteada y dos ejemplos se indican a continuación:

“¿A qué se debe tanta variedad? y ¿Qué la genera? ¿Cómo explicas que encontremos distintas variedades de perros?”

Pancho contestó, se debe a la recombinación genética, mutaciones o alteraciones de genes, distribuciones geográficas, adaptaciones los cuales generan variabilidad en razas, tamaños, etc. (cit. en Pérez y cols., 2009).

En este mismo estudio se reportó que el 18% de las respuestas correspondía a “ideas alejadas de la concepción científica”, ideas, como las clasificadas en esta investigación, que indirectamente se encontraban asociadas a la influencia que ejercen las circunstancias, en clima y hábitos, en el origen de las variaciones, y por ende en la existencia de variedades o razas:

Selene contestó: que en diferentes países hay diferentes tipos de clima, alimentación que hace que exista distintas variedades (cit. en Pérez y cols., 2009).

Hay que recordar la concepción que Lamarck tenía sobre el origen de las razas de perros. Según Lamarck (1809), una primera raza pariente del lobo fue domesticada por el hombre, ésta se dispersó en diferentes países; la influencia de las circunstancias tales como los distintos climas y hábitos provocó cambios notables en esta raza. Posteriormente, los diferentes tipos de éstas se cruzaron y dieron lugar, sucesivamente, a las que actualmente se conocen.

Pregunta 5. Cuando las personas toman antibióticos para combatir una enfermedad bacteriana generalmente se alivian y no recaen inmediatamente. Pero en algunos casos vuelven a enfermar aunque tomen dosis mayores del mismo antibiótico. Explica este fenómeno con base en el mecanismo de la selección natural.

| LAMARCKISTA | | SEL.NAT | SEL.NA T-L | LAMARCKISTA- FIJISTA | | FIJISTA | | |
|--|--|--|--|---|--|--|---|---|
| ¹ Las bacterias se hacen resistentes, inmunes o fuertes a los antibióticos 14R | ² las bacterias se acostumbra n o adaptan a los antibióticos y cambian para sobrevivir 4R | ³ Algunas bacterias mueren y otras no, éstas <i>sobreviven, se reproducen, y se adaptan</i> 2R | ⁴ Las bacterias se adaptan a su medio o al antibiótico 3R | Depende de la dosis del antibiótico para que las bacterias se hagan fuertes o se acostumbren 4R | Depende del organismo de la persona. Tienden a resistir más que otros 1R | ⁷ Depende del organismo de la persona. No produce defensas 8R | Depende de la adaptación de las personas hacia el antibiótico y de la dosis de este 3R | Depende de la dosis del antibiótico 4R |

Tabla 4.14 Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Como se puede ver, los resultados para esta pregunta son muy parecidos a los reportados en el caso de los estudiantes de cuarto semestre. Solo dos respuestas estuvieron asociadas a la SN en términos de la *sobrevivencia, reproducción y adaptación* y otras tres, por su ambigüedad, se agruparon en la categoría SN-L ya que carecían de una definición por alguna de éstas teorías, y por lo tanto se encontraban descontextualizadas. Veamos dos ejemplos:

³Esto sucede porque *cierta cantidad de bacterias mueren* con el medicamento *pero puede sobrevivir alguna colonia que se hizo inmune al antibiótico y se reproduce para volver a formar una colonia grande*, que vuelva a atacar al cuerpo pero ahora **es resistente** al medicamento y las bacterias tienen que **adaptarse** al medio que contiene el fármaco (V6F175)

⁴**Debido a la adaptación de la bacteria, o la supervivencia de estas**, [sic] el antibiótico las ataca pero **los microorganismos se adaptan** de una manera muy fácil debido a esto es posible la decadencia aun después de haber sanado (V6M1818)

Por otro lado, un alto número de respuestas son planteadas en términos Lamarckianos, ya que manifiestan la influencia de la “necesidad” como mecanismo de supervivencia, y desde una visión antropocéntrica los alumnos “dotan de conciencia” a las bacterias en sus acciones:

¹Los virus o en su defecto **las bacterias se adaptaran y desarrollaran características que las ara [sic] inmunes** a un determinado antibiótico y este ya no será eficaz para combatirlos

¹Cuando reciban el antibiótico **algunas bacterias resistentes a el, mientras que otras no y mueren, las que resisten le transmiten esa característica a sus descendientes**, y aunque la dosis sea más fuerte **las bacterias ya “saben” que son resistentes**

Asimismo, en estas Ideas previas, se puede distinguir una *supervivencia diferencial* en términos de una *adaptación progresiva*. Es decir, a medida que se administra regularmente el antibiótico, cada nueva generación de bacterias estará “un poco más adaptada” al medio y por lo tanto, se acostumbrará:

²Las bacterias que actúan en nuestro cuerpo y que provocan enfermedades al principio son eliminadas porque al ingerir algún antibiótico que para ellas es desconocido no saben como actuar y mueren; *pero si se toma comúnmente los antibióticos las bacterias llegan a acostumbrarse a ellos y se adaptan*

En un estudio, ya referido anteriormente, de Pérez y cols. (2009), cuando se les hizo el siguiente planteamiento a los alumnos: “Una mutación poco frecuente en la bacteria *Escherichia coli*, causa resistencia a la estreptomina (antibiótico). Si se cultiva *Escherichia coli*, en un medio con estreptomina, se observa gran aumento en el número de bacterias resistentes. Explica este hecho” (cit. en Pérez y cols., 2009), se encontró que el 55% de las respuestas de los estudiantes asociaban la **resistencia** con el origen del cambio en las bacterias:

“Daniel contestó, puede ser que por lo mismo de que las bacterias esta en medio de la estreptomina al ser más la combata y esto haga que sea más resistente (cit. en Pérez y cols., 2009).

Es como si existiera una lucha entre el antibiótico y bacterias, en donde éstas ante la presencia del veneno “mandaran señales” a los genes para que rápidamente se reorganicen, transformen el cuerpo, y se logre sobrevivir.

Un número, también, muy alto de respuestas, al igual que en los datos del cuarto semestre se clasificaron como fijistas, donde la noción que predominó estuvo referida a la inmunidad o “defensas” de la personas como la causa de la supervivencia o no de las bacterias.

⁷Es por la diferencia que hay en la creación de inmunidades, una persona que se alimenta bien, hace cosas saludables y evita exponerse, podría tener mejor salud que la que tiene su antagonico. Sin embargo también depende de la producción suficiente de inmunidades (V6M1712)

PREGUNTA 6. El nopal es una planta que habita en lugares desérticos o semidesérticos. ¿Cómo explicarías la modificación de sus hojas en espinas?

| LAMARCKISTA | | | | FIJISTA | | |
|--|---|--|--|--|--|--|
| SC | | | | SC | | |
| ¹ Por el tipo de medio y el clima donde habitan. Sobreviven y se adaptan 10R | ² Como un mecanismo de defensa o *protección hacia animales <u>para sobrevivir y adaptarse</u> 11R | ³ Se debe al uso y desuso y a su necesidad de defenderse o protegerse 2R | ⁴ Por el tipo de medio y clima y por protección o defensa <u>para subsistir</u> o sobrevivir 5R | ⁵ <u>Para adaptarse,</u> para sobrevivir a su medio y evolucionar 9R | ⁶ Con las espinas no necesitan absorber tanta agua y con hojas se secarían 5R | ⁷ Con las espinas es más difícil de perder agua y así la almacenan 2R |

Tabla 4.15 Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Para el caso de esta pregunta, como se observa en la tabla 4.15, se identificaron dos categorías de respuestas no asociadas con la selección natural. Lo mismo sucedió con la información de los estudiantes de cuarto semestre, donde las ideas previas se manifiestan en términos de la influencia directa que ejerce el **medio**

sobre los cambios que se dan en el nopal como respuesta a los **cambios del clima, calor, nutrientes**, etcétera. Asimismo, desde el punto de vista antropocéntrico, se piensa que el origen de las espinas en estas plantas tiene que ver con el desarrollo de mecanismos de **defensa** o **protección** hacia ciertos animales con el fin de sobrevivir y existen algunas ideas que se basan en el **uso y desuso de órganos**, bajo la influencia indirecta del medio y la intermediación de la necesidad, como la causa en la aparición de la espinas.

¹Si realmente antes los nopales tenían hojas en lugar de espinas, y luego las sustituyeron por espinas quiere decir que **antes no sobrevivían debido al medio ambiente en el que encontraban y por eso tuvieron que adaptarse** (M6F178)

¹Porque **se tenía que adaptar a las circunstancia del calor** y **para sobrevivir** tenía que tener más **agua** y en ella se guardan en las espinas (M6F179)

²**Para que otras especies no roben los líquidos que contiene** y esta se seque y mueran las espinas son **para evitar que sean consumidos por animales del desierto** (V6M1815)

² Por lo mismo de que viven en lugares desérticos, **tienen que protegerse de los animales**, yo creo que **es una forma de proteger el agua** que ellos almacenan para poder sobrevivir (M6F1817)

³Creo que se aplica la **teoría de uso y desuso** pues las condiciones en donde está el nopal creo que no necesita principalmente agua puede vivir y pues ello creo que no hacen fotosíntesis y **no necesitaban las hojas no tenían ningún uso por ello las modificaron** o el sol las seco en espinas puesto que **necesitaba defenderse** a sus condiciones adaptarse (M6F1713)

³Si antes tenía hojas tal vez era porque **las necesitaban**, si **con el tiempo cambio el ambiente de selvático por ejemplo a desértico, dejo de utilizarlas** y después de muchísimos años **cambiaron a espinas**, las cuales ayudaban **a su no depredación** ya realizan fotosíntesis sin la necesidad de mucho agua (M6F1814)

⁴**La falta de agua y el exceso de sol** provocan que sus hojas **se endurezcan** formando las espinas y **sus espinas permiten que el nopal no sufra daños** (V6F1910)

⁵Pienso que cambio porque **necesitaba** guardar más agua para sobrevivir, y pienso que las hojas observen una buena cantidad de agua y si **en el cambio de espinas se ahorra agua** para utilizarla mejor le convenía a la planta. Y **en la hoja se evapora más el agua** (V6F175)

Se encontraron respuestas que por no involucrar elementos, ya señalados, en términos del cambio evolutivo se consideraron como fijistas. Éstas se basan solamente en una explicación de tipo fisiológica:

⁶Pues yo pienso que se debe porque, hay tanto sol y no necesitan mucha agua que si tuvieran hojas se secarían y por lo tanto se morirían (V6F173)

⁷Las hojas son receptoras de agua y también la sacan al cambiar las hojas por espinas no desperdician tanta agua por no decir nada se desperdicia (V6M1919)

PREGUNTA 7. ¿Por qué algunos felinos (como los chitas) pueden correr tan rápido como hasta 100Km/h.?

| LAMARCKISTA | | | SEL.NAT-L | | LAMARCKISTA-FIJISTA | | FIJISTA | | | CREACIONISTA |
|---|--|--|---|---------------------------------|---|--|--|---|--|---|
| SC | | | SC | | SC | | SC | | | |
| ¹ Desarrollan esa habilidad por necesidad de alimentarse. Se adaptan y transmiten esa característica 12R | ² Para cazar, <u>sobrevivir</u> y protegerse de sus depredadores 2R | ³ Depende de las condiciones del lugar para sobrevivir y adaptarse 5R | ⁴ Porque se adaptan . Usan su Velocidad por necesidad o se <i>extinguen por SN</i> 1R | Evolucionan y cambian 1R | ⁶ Por su estructura corporal y el medio que les permite adaptarse a correr para sobrevivir 4R | Porque poseen ese don que los caracteriza y que tienen muy desarrollado 1R | ⁸ Por su anatomía y Fisiología, que les ayuda a ser muy rápidos 12R | Porque tienen que comer y no mueren 2R | Porque ya nacen con esa habilidad que los define 3R | Porque están creados para correr rápido 1R |

Tabla 4.16 Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Como se puede ver en la tabla, predominan las respuestas de naturaleza Lamarckista y fijista. Una vez más se confirma el uso y manejo, por parte de los estudiantes, tanto de cuarto como de sexto semestre, de las ideas Lamarckistas que ya se habían detectado en la información correspondiente a algunas de las preguntas anteriores. La única diferencia que se distingue es que los alumnos de sexto semestre manejan el concepto de herencia, pero aplicado al pensamiento lamarckiano.

¹**Desarrollo esa habilidad** porque tenían que alimentarse, quizás “dieron cuenta” de que sus presas comían más que ellos y **al tener la necesidad de comer corrieron hasta atraparlas. Así transmitieron a sus hijos la característica (M6F1814)**

¹Por la **necesidad** de obtener a su presa, **es el instinto el que lo hace correr y dirigirse a su presa a parte por la complexión de su cuerpo**, en este caso las patas le permiten desplazarse rápidamente y la forma de su cuerpo (V6F186)

¹Por **la evolución** la velocidad fue su forma de adaptarse al medio **esta hizo que sus patas se hicieran más fuertes para poder alcanzar a sus presas y poder sobrevivir (V6M1919)**

²Pueden haber dos variantes: 1 **para alcanzar a sus presas y comerlas** antes de que otros lo hagan y la otra sería **para escapar de los depredadores** que lo vigilan, **esto es un mecanismo de defensa que ellos fueron modificando (M6M1720)**

Las siguientes explicaciones dan muestra de la influencia que ejerce la idea sobre los **hábitos** en origen del cambio biológico:

³Pienso que el chita es un ejemplo de una especie que ha sufrido en el **proceso de la evolución** ya que este su alimento se encuentra en la tierra y **dependiendo de que animales casé [sic] y las condiciones físicas del lugar, es creo yo como ha cambiado** como su velocidad para poder cazar o escapar de sus depredadores (hombre), el camuflaje de su pelaje en la sabana (M6F175)

³Yo creo que es **por causa del lugar en donde viven** y de los animales que ellos cazan. **Son rapidos [sic] ya que sus presas lo son** y si no fueran como son no comerían por lo tanto **tuvieron que aprender a correr así de ese modo sus piernas se hicieron fuertes (M6F1817)**

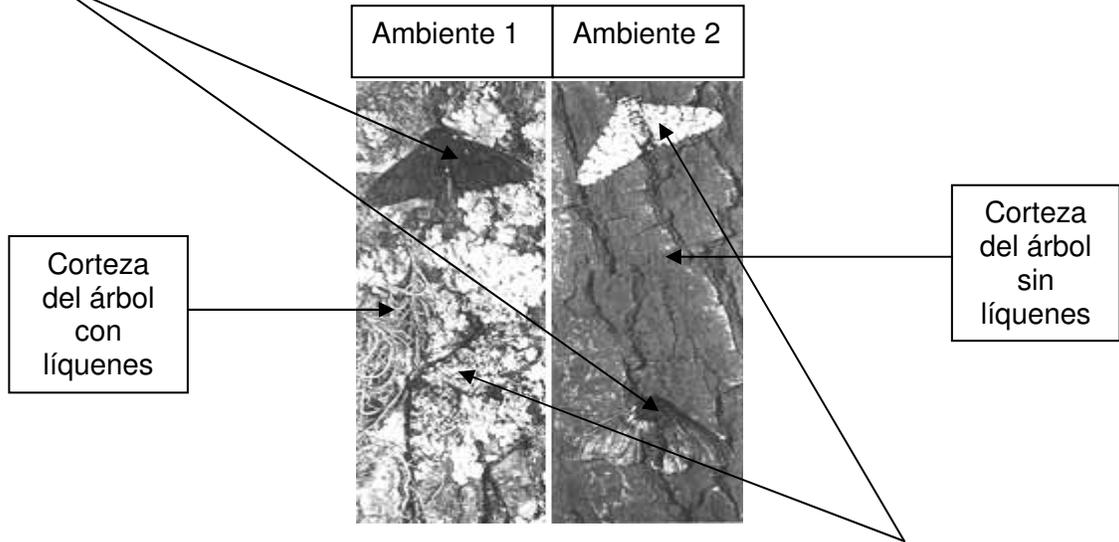
Como se aprecia en la tabla no se encontraron respuestas asociadas directamente a la SN, solo se presentaron dos tipos de ideas descontextualizadas: una SC para un pensamiento mixto involucrado con los conceptos de SN y de extinción y otra SC para un pensamiento muy ambiguo basado en la evolución y el cambio:

⁴Es porque se han adaptado a su ecosistema, son depredadores que **necesariamente usan su velocidad como arma**, como la *selección natural* lo dicta, *los felinos menos adaptados quedarían en la extinción total* (M6M1722)

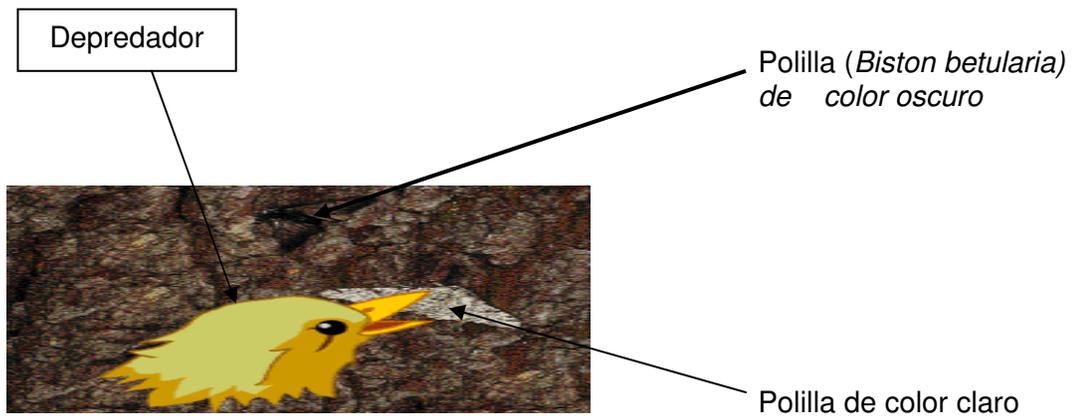
⁵Porque por medio de la **evolución han tenido un cambio** en la forma de sus patas (V6F171)

PREGUNTA 8. Observa los siguientes esquemas y explica la siguiente pregunta:
¿Cómo está actuando la selección natural en cada uno de los tipos de polilla?

Polilla (*Biston betularia*) de color oscuro



Polilla (*Biston betularia*) de color claro



| LAMARCKISTA | | | SELECCIÓN NATURAL | | | | SEL. NAT-L | FIJISTA |
|---|---|--|---|--|---|---|---|--|
| SC | | | SC | | | | | |
| ¹ Las polillas cambian o se adaptan conforme al ambiente, <u>para sobrevivir</u> 8R | ² Las polillas desarrollan una defensa por necesidad en contra de sus depredadores 2R | ³ Las polillas se “camuflagean” para no ser devoradas y sobrevivir y adaptarse 11R | ⁴ La selección natural elimina o selecciona las polillas que pueden o no “camuflagearse.” Sobreviven y se adaptan. 2R | ⁵ Con el camuflaje pueden sobrevivir y reproducirse, de lo contrario se extinguen 2R | Las especies más aptas sobreviven 1R | El más fuerte y el adaptado es el que sobrevive 2R | ⁸ Las polillas intentan “camuflagearse” para sobrevivir, se reproducen y heredan sus características 5R | ⁹ El camuflaje permite a la polilla no ser devoradas 10R |

Tabla 4.17 Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Para el caso de esta pregunta podemos ver que la categoría sobre la **selección natural** incluye respuestas basadas en los conceptos de: reproducción, *extinción*, *aptitud*, *adaptación*, *reproducción diferencial* y *sobrevivencia*. Sin embargo, no existe una articulación y contextualización definida entre éstos que permita una explicación coherente o clara del tema de selección natural.

Como se distingue, en comparación con las ideas previas de los alumnos de cuarto semestre, las IP de los estudiantes de mayor grado son más diversas en cuanto al uso de conceptos evolutivos.

Por ejemplo, en el caso de la SC 4, si bien se menciona que la SN elimina o selecciona a aquellas polillas que tienen o no el carácter adaptativo, no se abunda sobre este hecho o no se asocian otros conceptos importantes de esta índole:

⁴Esto afecta a la polilla de color claro ya que su color *no favorece* en su entorno ya que se hace ver más su presencia y la polilla de color oscura puede *pasar desapercibida por su camuflaje* como el árbol lo cual *es una ventaja gracias a la selección natural* (V6M1713)

⁴Yo creo que *la selección natural de cierta forma esta eliminando a la polilla que no puede camuflaje [sic] para poder sobrevivir la que no se adapta a su ambiente*, en cambio va a sobrevivir la que si puede, que en este caso es la oscura (M6F1817)

En el caso de la SC 5, se puede reconocer, de forma implícita y vaga, el uso del concepto de *reproducción diferencial*:

⁵Que esta se puede camuflaje [sic] y le ayude a que el depredador se confunda y piense que es otra parte de un árbol y pueda haber *gran número de esta especie* y en el caso de la polilla de color claro, es más fácil atraparlas y que estas quizás les cueste más trabajo adaptarse y *reproducirse* y como consecuencia estas se vayan *extinguiendo* (M6F161)

⁵Pues entiendo que *la especies más apta* a las circunstancias del medio ambiente es *la que tiene más posibilidades de sobrevivir* (M6F1712)

Asimismo, se encontraron varias respuestas que mezclan ideas de naturaleza tanto Darwiniana como Lamarckiana:

⁸Cada una de las polillas **intento camuflajearse [sic] para sobrevivir** pero en cada caso **solo una** lo logro al poder formar parte del árbol en una ilusión óptica y la otra que no se logro confundir con el árbol, quedo a la vista de su depredador y es consumido por este, así *la que se logra escapar se reproduce y hereda sus características a su prole que podrá sobrevivir a este medio* (V6F175)

En cuanto a la **categoría Lamarckista**, se confirma la existencia de ideas previas basadas, implícita y/o explícitamente, en factores tales como *influencia del ambiente, tendencia intrínseca hacia la perfección y la necesidad*.

¹Las polillas **obtienen un camuflaje natural para poder sobrevivir**. Sus depredadores ya no tienen tanta facilidad para encontrarlas. **Dependiendo del hábitad en el que se encuentre es el color que tomaría** para confundirse con el color de la vegetación del lugar

¹**Según el ambiente se adaptan**, donde los árboles son cafés son blancas con manchas cafés para dar realismo y viceversa, **debido a la diferencia de hábitad [sic] la polilla cambia para poder adaptarse a este**, dependiendo las características del hábitad(sic)serán las características de la polilla (V6M1818)

²Las polillas de color oscuro **desarrollaron el color por la necesidad de protegerse** de los depredadores, puede ser que **el alimento o condiciones ambientales les ayudarán** a este proceso (V6F187)

³Las polillas **se adaptan a los tipos de colores de árboles** porque es más fácil que el depredador se los coma si no son del mismo color del árbol entonces **aprenden a camuflajearse** [sic] para no ser atrapada por el depredador (V6F188)

³Debido a los líquenes, la mariposa puede pasar desapercibida a su depredador, ya que **busca su total supervivencia y con esta engañar al depredador** (V6M1816)

Algunas de las respuestas, pertenecientes a la categoría fijista, explican al camuflaje como algo “predeterminado” por la SN que facilita la supervivencia de las polillas. Pareciera que se piensa en la SN como una “naturaleza intencional o divina”:

⁹**A cada una le dio** una característica **para camuflajearse** [sic] en su ambiente, en las fotos las polillas están en un ambiente diferente, una en el lugar de otra por lo que estando cambiando el depredador los puede atrapar más fácilmente (M6F1710)

⁹En el ambiente uno la polilla de color oscuro es la que se diferencia de las polillas de color claro de la corteza del árbol con los líquenes entonces esta será comida. En el ambiente dos la polilla de color claro es la que sobresale de entre las polillas oscuras de la corteza del árbol sin líquenes por lo tanto el depredador la vea y se la comerá. (V6F186)

PREGUNTA 9. Lee con atención el siguiente párrafo y contesta la siguiente pregunta.

Imagina que vas al Zoológico de Chapultepec. Te paras delante de las jirafas y observas que comen las hojas de la copa de un árbol. Por allí pasan unos empleados del zoológico y como sientes curiosidad, les preguntas por qué tiene las jirafas el cuello tan largo. Cada uno responde una cosa diferente.

JUAN: “Hace muchos millones de años, las jirafas que tenían el cuello corto no alcanzaban las hojas de los árboles. Solo sobrevivían aquellas que tenían el cuello un poco más largo que las demás, porque podían alimentarse mejor”.

VÍCTOR: “Las jirafas han tenido siempre el cuello tan largo como hasta ahora, porque a si fueron creados por dios, si no, no se habrían podido alimentar de las hojas de los árboles.

JORDI: “Hace muchos millones de años, todas las jirafas tenían el cuello corto. Como apenas alcanzaban las hojas de los árboles, tenían que estirar mucho el cuello. Así, poco a poco, el cuello se les ha ido estirando hasta tenerlo tan largo como ahora”.

¿Quién de ellos crees que tiene la razón? Explica por qué. Si crees que ninguno de ellos tiene razón, da tu propia versión.

| LAMARCKISTA | | SELECCIÓN NATURAL | | | | | SEL. NAT-LAMARCKISTA | | | FIJISTA |
|---|--|--|---|--|---|--|--|--|---|--|
| SC | | SC | | | | | SC | | | |
| ¹ Las jirafas evolucionan por necesidad de desarrollar un cuello largo 14R | ² Jordi tiene la razón 3R | ³ <i>Juan;</i> Por SN las jirafas de cuello largo sobreviven , adaptan, o se extinguen . Es la teoría de Charles Darwin 13R | ⁴ <i>Juan:</i> solo el más apto sobrevive , heredan sus características a través del tiempo 2R | <i>Juan;</i> las jirafas con cuello largo se adaptaron; y esa característica la transmitieron a sus descendientes 3R | ⁶ <i>Juan;</i> explica el fenómeno de la evolución y la adaptación 1R | ⁷ <i>Juan;</i> por SN , sobrepoblación , lucha por la existencia , descendencia y herencia 1R | <i>Juan y Jordi</i> porque sus teorías son las más acertadas 1R | ⁹ <i>Juan y Jordi</i> :se desarrollan conforme a sus necesidades ; sobreviven los más aptos y fuertes 3R | <i>Jordi</i> ; por adaptación al medio. las mutaciones mejoran la supervivencia 1R | Por el desarrollo y crecimiento del animal 1R |

Tabla 4.18 Categorías y subcategorías para las ideas previas de los alumnos de 6º semestre

Parecido a lo que sucedió con la pregunta 1, aquí se observa una mayor diversidad de ideas previas como resultado de un mayor uso y manejo de conceptos, sin que esto signifique una articulación conceptual apropiada, en términos de una elaboración más compleja de esquemas representativos que permitan a los alumnos tener una explicación e interpretación más completa y precisa de los conceptos manejados.

En las respuestas a esta pregunta se utilizan y manejan, en algunos casos, los conceptos de: *el más apto sobrevive*, *herencia*, *tiempo adaptación*, *sobrevivencia*, *reproducción* y *extinción* y en un caso muy particular, una estudiante (SC.7) fue capaz de pensar en, además de los conceptos ya señalados, la *sobrepoblación*,

población y la lucha por la existencia en un intento por articular sus ideas y explicar de manera coherente el tema de la SN:

⁷*Juan*, es el que tiene la razón, pues eso es la *selección natural*, esto pasa cuando hay una *sobrepoblación de descendientes* en las distintas *poblaciones de una especie* y en la *lucha por la existencia* prevalecerán *las que más produzcan*. Estos *transmitirán sus características a la descendencia* y así *lentamente* las poblaciones irán modificándose (V6F189)

En la siguiente respuesta se ejemplifica el uso del concepto de SN y el de mutación como la causa en el origen de las variaciones:

³Yo creo que *Juan*, pues esta explicando la *selección natural*, ya que dice que las que tenían el cuello corto no podían alcanzar su alimento por lo que morían, pero *las de cuello un poco largo sobrevivían* porque si agarraban su alimento. Pero tal vez *le faltó explicar porque había unas con cuello corto y otras con cuello largo*. A la mejor *se debió que una mutación que hacía que nacieran con el cuello largo*, o puede haber otros factores por los cuales nacieron con el cuello largo (M6M1721)

³*Juan*, pues *la selección natural* a veces es muy cruel, *muchas especies se han extinguido* por no adaptarse a las condiciones debidas. En este caso, *las jirafas nacidas con cuello más largo* que las otras *sobrevivieron* y fueron *procreando* hasta consolidar su especie (V6M1712)

⁴Tal vez podría ser el primero, *Juan*, ya que *las más aptas fueron las que pudieron sobrevivir*, y a su descendencia le *heredaron esas adaptaciones*. Sin embargo este proceso no fue de un día para otro, sino que tuvieron que pasar *muchos años* para adquirir esas características (M6F172)

Aun cuando los alumnos no están de acuerdo con la teoría de Lamarck porque saben que es errónea no son capaces de explicar la teoría en la que creen, la SN, la cual, incluso pareciera que convence a algunos. Entonces las ideas previas carecen de una contextualización y articulación conceptual o en el mejor de los casos, su explicación es incompleta:

⁶Yo creo que Juan porque, lo que dice Jordi es la **teoría de Lamarck la cuál es errónea y la de Víctor es una teoría creacionista basada en dogmas religiosos**, mientras que *la de Juan explica el fenómeno de la evolución que hemos tenido los seres vivos a lo largo de la historia de la humanidad y además explica la adaptación* (M6F178)

⁶*Juan es el que tiene la razón ya que menciona que las que sobrevivían eran las de cuellos largos en un principio, haciendo mención de la **selección natural**, también por lógica, **estos sobrevivientes heredarían estas características por generaciones para asegurar la sobre vivencia de la especie**, científicamente Juan tiene razón ya que Víctor es un pan de Dios (quizás de closet ji ji) y Jordi me recuerda mucho la lógica de dragón ball z ja ja, en pocas palabras no tienen fundamentos claros (V6M1818)*

Asimismo, Se encontraron **ideas fusionadas** sobre las teorías evolutivas involucradas, debido a su indefinición por alguna de éstas:

⁹Bueno según yo, Juan y **Jordi**, podrían tener razón, *Juan por la supervivencia del más fuerte*, pero **Jordi, también** porque su cuello podría haber crecido por la **necesidad de comer**, pero pues ambas tienen que ver con la adaptación al medio ambiente en el que viven (V6F187)

Por otro lado, se nota un alto número de respuestas de carácter Lamarckista, ya que en la descripción y/o explicación se aprecia explícita o implícitamente la influencia que ejerce la necesidad en las acciones de las jirafas, provocando la modificación de su cuello por **uso y desuso** en el proceso evolutivo de éstas.

Cabe señalar que, al igual que en la SC 6 (Juan) en la segunda SC Lamarckista se incluyeron respuestas que solo incluían el nombre de **Jordi** debido a que los alumnos ya tenían conocimiento del contenido de estas opciones. Es decir, al anotar solamente los nombres propios (de las opciones) estaban pensando en las respuestas representadas por estos, ya que habían leído, anteriormente la opción de respuesta. A continuación se presentan algunos ejemplos significativos:

¹Jordi, porque si aplicamos la **ley de uso y desuso** nos podemos dar cuenta que esta lo fue desarrollando **según sus necesidades** al tratar de alcanzar las hojas de los árboles (M6F1619)

¹**Hace muchos años** las jirafas tenían el cuello corto **pero se aplica el uso y desuso, se les fue alargando el cuello** ya que las hojas de los árboles estaban más altos y poco a poco su evolución ya **heredando sus caracteres a su descendencia** (V6F171)

¹**Jordi** tenía razón para las jirafas **necesitaron desarrollar un cuello largo** ya que su alimento fue modificado y solo se encontraba en lugares altos de las cortezas de los árboles es por eso que las **jirafas desarrollaron esas características adaptativas** (M6M1823)

¹**Jordi**, porque de acuerdo a las condiciones que se daban en este caso no alcanzar el alimento **tuvieron que esforzarse en alcanzarlo y así fueron modificando poco a poco su cuello, en este caso estira el cuello y crece y se va modificando y estos caracteres adquiridos se van a heredar a los descendientes** por medio de los genes. (V6F186)

¹**Jordi**, ya que pienso que pudo haber sido **el instinto de sobré vivencia** de que los orilló a tratar de facilitar su hora de comida por lo que **al pasar el tiempo su fisonomía fue haciéndose más larga para poder alcanzar las hojas** y así poder alimentarse, a las jirafas y a sus crías. (V6M1713)

¹**Jordi** porque según **lo que mis profesores me habían enseñado** era que las jirafas tenían que comer hojas de los altos árboles y por lo tanto **las jirafas tuvieron que ir alargando su cuello** hasta poder alcanzarlo (V6M2020)

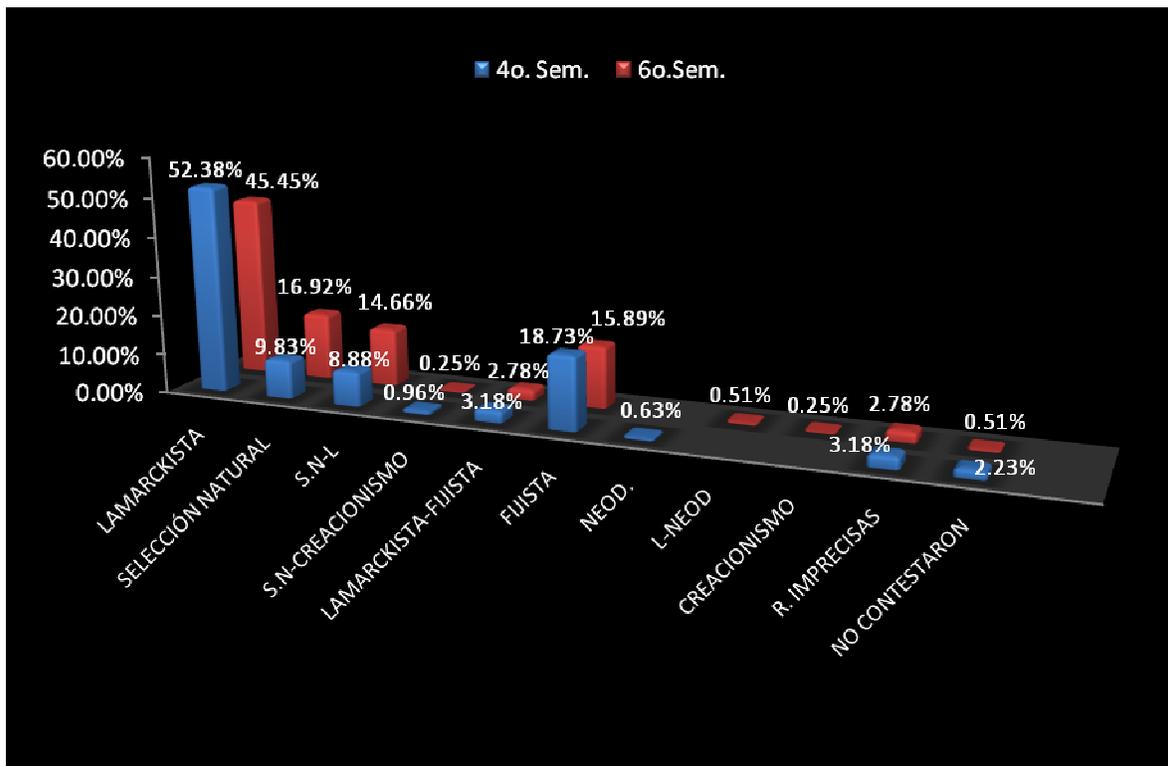
Estos resultados Lamarckianos son similares a los encontrados en los alumnos de cuarto semestre para esta pregunta. Sin embargo, para el caso de las respuestas de origen Darwiniano no fue así, pues como ya vimos, se presentó una mayor diversidad de ideas previas, en donde su contextualización permitió visualizar un uso y manejo de distintos conceptos importantes en el intento por interpretar el fenómeno de la selección natural.

4.3 comparación de las ideas previas entre los estudiantes de cuarto y sexto semestre.

Con base en las frecuencias de las respuestas de los alumnos para cada una de las nueve preguntas del cuestionario abierto, la gráfica 4.5 resume las ideas previas (IP) exploradas en los alumnos de cuarto y sexto semestre. Con una

diferencia cercana al 7%, la frecuencia de IP en la categoría Lamarckista fue menor en el **sexto semestre**, pero **la frecuencia de IP sobre la SN en este semestre fue mayor, con un poco más del 7 %**. La frecuencia de IP para las categorías SN-L, fue mayor en el sexto semestre con una diferencia del 5.78%. Para el caso de la categoría SN-Creacionismo, la frecuencia fue ligeramente (0.71%) mayor en el cuarto semestre, no a si para la categoría L-F donde la frecuencias fueron muy cercanas. Con una diferencia de casi el 3%, la frecuencia fijista fue mayor en cuarto semestre. En un porcentaje bajo, se identificaron categorías de IP con tendencia Neodarwinista (NEOD), L-NEOD, y creacionista, donde la primera solo estuvo presente en los alumnos de cuarto semestre y las dos últimas en los de sexto y como se observa, hubo una mayor participación para responder a las preguntas por parte de los alumnos de sexto semestre.

Gráfica 4.5 Comparación de las frecuencias de las categorías de ideas previas entre los estudiantes de cuarto y sexto semestre.



Como se puede apreciar en la gráfica 4.5, los estudiantes de sexto semestre, en comparación con los de cuarto tienen un mayor conocimiento de la selección natural, en términos de un uso y manejo de conceptos relacionados con este tema. Sin embargo, considerando el análisis cualitativo, ya expuesto, de éstos en cuanto a su comprensión se puede inferir que no existe una articulación e integración conceptual apropiada, en términos de una elaboración más compleja de esquemas formales que permitan a los alumnos tener una explicación e interpretación más completa y precisa de los conceptos manejados.

En el caso de las ideas de tipo Lamarckista y fijista, aunque su tendencia disminuye ligeramente en el pensamiento de los alumnos de sexto semestre un porcentaje alto de éstas persiste. Esto significa que este tipo de ideas son resistentes al cambio ante la enseñanza de los contenidos sobre el tema de la evolución, y como efecto, generan una barrera en el aprendizaje de éste. Lo anterior, confirma que las ideas previas están conformadas por estructuras conceptuales que tienen una lógica interna que es extremadamente resistente al cambio y, en la mayoría de los casos, las personas las mantienen durante toda su vida como parte de su sistema de creencias sobre la naturaleza y concretamente sobre los procesos biológicos en los sistemas vivos. Además, los individuos contamos con diversos modelos organizados, que son utilizados cuando no existen explicaciones validas o cercanas a la concepción científica. Dichos modelos por lo general, basados en el **antropomorfismo** o el **sentido común** son resistentes al cambio y lo que es peor, permiten que las ideas previas de las personas adquieran una estructura “lógica”, “coherente” y “funcional”. En este sentido, tales concepciones son una herramienta útil en la explicación o interpretación de los fenómenos sin que se tenga una conciencia de su carácter erróneo.

De acuerdo con Hernández (2002), quien realizó un estudio sobre la exploración y cambio conceptual de ideas previas acerca de la selección natural en 177 estudiantes de la carrera de biología de la Facultad de Ciencias de la UNAM, el

hecho de que tales concepciones presenten para el alumno una estructura lógica y coherente pero que para la ciencia sean erróneas se puede explicar bajo los siguientes aspectos:

- a) La dificultad para entender el papel del azar en la evolución puede deberse a que está muy arraigada la idea de que todo tiene un fin y una dirección, relacionando, relacionando incluso creencias religiosas o metafísicas como “la naturaleza”. Frases como “la naturaleza es sabia”, “la naturaleza trata de ayudar a su misma especie” o “la selección natural ayuda a las polillas claras a camuflajearse” demuestran lo anterior. Se cree que la naturaleza puede hacer cualquier cosa sin restricciones.
- b) Las ideas finalistas (o teleológicas) pueden llevar a pensar a los estudiantes a que el cambio sólo se lleva a cabo cuando se necesita. Estas explicaciones de carácter intencional están basadas en el comportamiento humano, en términos de las creencias y deseos del sujeto (Jiménez y Fernández, 1989), por ejemplo muchos alumnos en éste y otros trabajos intentan explicar el cambio evolutivo con frases como “para sobrevivir”.
- c) La idea de que los cambios en la vida de los organismos generan cambios evolutivos y la dificultad para tomar en cuenta el tiempo generacional causan una comprensión inadecuada sobre la selección natural.
- d) La teoría de la selección natural no es perceptible para los alumnos; ellos necesitan referencias y evidencias en su mundo real o cotidiano para asimilar de mejor manera una explicación científica.

Existen diversos factores, que por su influencia nos permiten entender la falta de una interpretación más completa, precisa y correcta de los conceptos sobre la selección natural. Dentro de éstos se encuentra: la complejidad del tema, la formación disciplinaria y docente del profesor, el tipo de estrategias de enseñanza-aprendizaje, los recursos didácticos con los cuenta la escuela y los diseñados por

el profesor, el tiempo establecido (en el programa de estudios) para abordar el tema, la estructura intelectual de los estudiantes, etc. Con respecto a este último, se puede inferir que los alumnos de este estudio por su edad (16-18 años) se encontraban en el estadio de las operaciones formales. Este estadio (ubicado entre los 15 y 20 años), de acuerdo con Piaget e Inhelder (1996) consiste en que el adolescente razona de una manera más abstracta, idealista y lógica. Sin embargo, muchos adolescentes todavía no desarrollan de manera adecuada este estadio, debido a que no son capaces de utilizar el razonamiento hipotético-deductivo o la abstracción, al momento de resolver problemas o comprender conceptos de Biología, Física o Matemáticas. Probablemente el pensamiento de los alumnos implicados en este trabajo se encuentre en la fase temprana de este estadio. Algunos expertos en desarrollo cognitivo consideran que el pensamiento operacional formal consta de dos subperíodos: el temprano y el tardío; en el primero, la capacidad de los adolescentes de pensar sobre situaciones posibles produce un amplio abanico de pensamientos. En este subperíodo hay una acumulación excesiva de conocimientos, lo que permite el funcionamiento de procesos automáticos basados en la memoria que a su vez intentan explicar, en ocasiones, bajo una realidad demasiado subjetiva (Broughton, 1983; Santrock, 2004).

En este sentido, muchos alumnos basados en un aprendizaje repetitivo y memorístico intentan explicar los contenidos evolutivos porque tal vez no han sido capaces de alcanzar, completamente el nivel operacional formal. Así entonces, el tratar de entender un tema tan abstracto o formal como lo es la teoría evolutiva mediante el aprendizaje memorístico puede generar conocimientos alejados de la concepción científica y por ende, problemas conceptuales sobre un tema de esta índole. Ahora bien, si bien es cierto que para aprender conceptos científicos los estudiantes deben de desarrollar y aplicar un pensamiento formal esto no es suficiente ya que, como se comentó anteriormente, muchos estudiantes de un nivel universitario que (en teoría) ya han desarrollado este tipo de pensamiento

aún manifiestan ideas incompatibles con la ciencia debido a que usan y mantienen recursos de tipo, espontáneo, analógico, cotidiano y social.

Otro aspecto no menos determinante, aunado al anterior, tiene que ver con la función psicológica que desempeñan las explicaciones que manifiestan los individuos a los diversos fenómenos naturales. Por ejemplo, su origen espontáneo les confiere a estas ideas el carácter de verdaderas teorías implícitas o personales que suelen tener un significado diferente al que la ciencia tiene sobre dichos conceptos. Este tipo de explicaciones conllevan una fuerte capacidad predictiva y adaptativa que las hace ser funcionales no solo en la vida cotidiana sino también en la vida académica, lo que les atribuye una fuerte resistencia al cambio (De Manuel y Grau, 1997). Entonces ¿Qué se debe hacer para superar tales obstáculos y promover el cambio conceptual en las ideas previas de nuestros alumnos?.

Existen varias propuestas de cambio conceptual que aceptan la modificación gradual de forma total o parcial de las ideas de los alumnos, donde se tenga que considerar la coexistencia dual o múltiple de concepciones en el estudiante, cuyo uso estará determinado por el contexto social. (Bello, 2004). En este sentido, es pertinente atender los distintos modelos de enseñanza-aprendizaje sobre la ciencia tales como el aprendizaje significativo propuesto por Ausubel (1976) con un enfoque constructivista o el aprendizaje basado en problemas (ABP). De acuerdo con Pantoja (2008) el ABP es una herramienta de apoyo pedagógico que además de promover aprendizajes procedimentales promueve y ejercita el pensamiento formal de los estudiantes que aún no lo desarrollan y en aquellos que ya lo presentan, respectivamente. Dicha herramienta se puede utilizar como estrategia de aprendizaje significativo activo de tipo práctico que se organiza para investigar y resolver problemas vinculados al mundo real y de interés para el alumno, promoviendo la integración de la teoría con la práctica sobre temas complejos como la selección natural. En el uso de estos modelos de enseñanza es importante también, ante el difícil despojo de las ideas erróneas por parte de los

alumnos conectar los conocimientos científicos con las ideas espontáneas y experiencias cotidianas, en donde la reconstrucción de dichas ideas promueva su sustitución por conceptos más próximos a las teorías científicamente admitidas, logrando así un cambio conceptual en las concepciones de los alumnos.

Por otro lado, es muy común que concepciones -incluyendo aquellas sobre evolución- erróneas o no muy cercanas a los conceptos científicos se vean reflejadas también en libros de texto, materiales didácticos e información electrónica, lo que indica que no sólo los estudiantes presentan estas ideas sino también muchos docentes. (Draghi, 2003; Bello, 2004). De ahí la importancia de promover también un cambio conceptual en los profesores que repercute no solo en una mera sustitución de conceptos científicos, sino además en un replanteamiento de su forma de enseñar la ciencia.

CONCLUSIONES

Con el fin de guiar el establecimiento de las conclusiones se retomará el problema que motivó la realización de esta investigación, así como los objetivos de la misma. El planteamiento del problema giro en torno a las siguientes preguntas:

¿Qué ideas previas tienen los alumnos sobre los conceptos de la selección natural y qué papel juegan éstas en el uso y comprensión de los conceptos científicos relacionados con este tema?

¿Qué problemas conceptuales albergan estas ideas previas sobre la selección natural?

¿Cómo cambian las ideas previas de los estudiantes ante la enseñanza formal del tema de la selección natural?

Con base en estas preguntas se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo General:

- Comparar las ideas previas sobre la selección natural entre los alumnos de cuarto y sexto semestres de Biología del CCH Azcapotzalco con el fin de detectar si existen diferencias conceptuales entre éstos.

Objetivo Particular:

- Identificar los posibles problemas conceptuales que contengan las ideas previas que sobre la selección natural tienen los alumnos de cuarto y sexto semestres del CCH Azcapotzalco.

Es de mencionarse que tales objetivos sí se cumplieron ya que se logró responder a las preguntas de la investigación. Por ende, se puede sugerir que la metodología de carácter cualitativo utilizada en este trabajo fue apropiada para el logro de tales objetivos, debido a que por medio de ésta se logró estudiar e interpretar la realidad de un conjunto de alumnos en cuanto a sus concepciones sobre la selección natural, lo que nos permitió conocer cómo son sus ideas, cómo se organizan y qué tan cargadas de sesgos se encuentran con base en el lenguaje cotidiano y sentido común que manifiestan. La metodología utilizada ayudó a analizar los aspectos explícitos e implícitos, donde se valoraron las creencias y el sentido común manifestado en las ideas previas de los estudiantes como producto de lo cotidiano. Por ello se recurrió a la etnometodología y el método ideográfico, ya que son las vías que más nos acercan al análisis cualitativo de las ideas previas en el ámbito científico (Driver, y Easley, 1978, cit. en Rangel, 2007). Estos procedimientos permitieron, al analizar las ideas previas en sus propios términos, identificar expresiones de carácter espontáneo dominadas por un pensamiento de sentido común y de carácter antropomórfico y finalista, así como el lenguaje cotidiano que manifestaban. En este sentido, tal análisis sugiere que los elementos anteriores juegan un papel importante en la incompatibilidad que presentan las ideas previas con respecto a los conceptos de la selección natural, al mismo tiempo que nos permite identificar los problemas conceptuales en la interpretación de este tema.

Con base en lo anterior y considerando el planteamiento del objetivo particular de esta investigación, a continuación se reportan los **problemas conceptuales** identificados en las ideas previas de los estudiantes del CCH sobre la selección natural:

- Los estudiantes piensan en la existencia de un cambio evolutivo a nivel del ciclo de vida del individuo y no a nivel de población, a través de varias generaciones. Aunque consideran que los individuos presentan distintas características no

logran entender que estas diferencias son las que se seleccionan de acuerdo con las ventajas adaptativas que se presenten en un lugar y momento dado, por lo que las variaciones entre los individuos, para ellos no tienen gran relevancia en el proceso evolutivo.

- El cambio evolutivo es interpretado más en términos de adaptación y sobrevivencia, que ocurre bajo la influencia de las *circunstancias del medio* (clima, hábitos, acciones, etc.) y de *la necesidad de los organismos* para sobrevivir y mantenerse como tales.
- En varios casos, se representa al cambio evolutivo en términos de un determinismo, perfeccionamiento, finalidad y progreso.
- Los alumnos conocen y emplean el concepto: *el más apto es el que sobrevive*, pero no pueden explicarlo ni conectarlo con otros relacionados a éste, y en el mejor de los casos lo asocian a conceptos como la necesidad y el "deseo interno".
- Se piensa que el origen de las *variaciones* en los organismos depende de las circunstancias del medio y en algunos casos lo relacionan con el *uso y desuso* de los órganos.
- Respecto a la mutación, se argumenta que ésta surge bajo la intermediación de la necesidad, se le concibe como sinónimo de "transformación intencionada" y en algunos casos se le asocia con las malformaciones en los animales.
- En la mayoría de los casos, se intenta explicar a la selección natural en un sentido descontextualizado, solo en términos de la adaptación y sobrevivencia, sin considerar también la reproducción diferencial, herencia, lucha por la existencia y la existencia de variaciones azarosas.
- El concepto de la adaptación se emplea en un contexto influenciado por interpretaciones de carácter teleológico y creencias socialmente inducidas. Por

ejemplo, los alumnos dicen: “un organismo...trato de adaptarse al medio para poder sobrevivir”, “cada animal evoluciona para adaptarse al medio”, “un oso polar en el desierto con el paso del tiempo puede acostumbrarse a un nuevo clima”. Pareciera que los estudiantes conocen la palabra adaptación en el contexto evolutivo por su enseñanza con el tema, pero construyen su significado en función de una *necesidad, intencionalidad o determinismo* que atribuyen a los organismos y del uso de un lenguaje cotidiano que han aprendido de manera informal, como cuando usan términos como: “hay que adaptarse a las circunstancias”. Como consecuencia, a los alumnos no les queda claro que la adaptación es el resultado de la aparición azarosa de variaciones en los individuos, mismas que se van a heredar y seleccionar o no a través de varias generaciones.

Como resultado de los problemas conceptuales identificados, a continuación se da cuenta de la concepción general que sobre la selección natural se presenta en las ideas previas de los alumnos.

Las ideas previas de los estudiantes se centran más en los conceptos de *adaptación y sobrevivencia*, desde una visión tanto Darwinista como Lamarckista, donde las concepciones tienden a ser más de tipo Lamarckista, por lo que, se aprecia una concepción de la selección natural influenciada por las ideas de necesidad, cambio en las circunstancias, deseo interno, mejora, habilidad, y finalidad, entre otras.

Uno de los elementos conceptuales que caracterizan estas ideas previas es la influencia que ejerce el medio sobre la adaptación y sobrevivencia de los organismos; pareciera que uno de los fines en la vida de las especies es cambiar y ser superiores “para” enfrentar las circunstancias del medio o “ambiente” y entonces poder sobrevivir, reproducirse y mantenerse como tales.

Los estudiantes manejan el concepto de “supervivencia del más apto o el más fuerte”, pero en varios casos, el ser más fuerte significa para ellos “el que desarrolle más habilidades o aptitudes para sobrevivir” y por lo tanto, ser “seleccionado”. Al momento de explicarlo o definirlo lo asocian a elementos de origen lamarckiano como la necesidad y la adaptación “perfecta”. Es decir, ante los cambios del medio el organismo se ve en la necesidad de cambiar y los cambios sufridos por éste actúan, “en automático”, como adaptaciones que harán frente a las condiciones que impone el medio. Estas ideas, también, son asociadas al uso de un lenguaje común, donde el término de “apto” denota ser fuerte, inteligente o astuto.

Respecto al papel que juega el azar en el cambio evolutivo, los estudiantes no dan la importancia debida a éste en el origen de las variaciones. Muchos piensan que la aparición de variaciones es dirigida a resolver las necesidades y problemas biológicos de los organismos. Es decir, los organismos “se ven obligados” a cambiar o adaptarse, enfrentando los cambios que se dan en su medio o ecosistema y una vez adquiridos dichos cambios los transmiten a sus descendientes.

Con respecto al objetivo general de este trabajo se tiene lo siguiente: si bien tanto los alumnos de cuarto como de sexto semestre conocen o tienen una idea general de algunos conceptos importantes sobre la selección natural, se aprecia que los de cuarto semestre -a excepción de un solo alumno- emplean un menor número de éstos, por lo que no son capaces de explicar o interpretar de manera correcta y completa el tema, en cambio, los de sexto semestre presentan esquemas teóricos con un mayor uso y empleo de conceptos, producto, tal vez, de su asimilación memorística de los contenidos de este tema después de haber recibido la enseñanza. Sin embargo, el hecho de que conozcan y utilicen un mayor número de conceptos no significa que puedan ser capaces de articularlos o integrarlos como para explicar claramente el tema, por lo que sus esquemas cognitivos

resultan ser parciales y por lo tanto sus explicaciones quedan fragmentadas y con cierto grado de imprecisión, al igual que los alumnos de cuarto semestre.

En este sentido, se puede concluir que los alumnos de sexto semestre en comparación con los de cuarto presentan algunas diferencias conceptuales en sus esquemas o estructura cognitiva sobre la selección natural, en cuanto a que solamente conocen y emplean, de forma aislada, más conceptos que los alumnos de menor grado sin llegar a comprender el significado correcto de tal tema.

Por lo tanto, independientemente del bagaje conceptual que sobre la selección natural manejan los estudiantes de cuarto y sexto semestre, éstos no saben cómo explicar sus conceptos o se confunden, por lo que sus ideas previas pueden estar incompletas, inarticuladas o ambiguas dando como resultado la manifestación de una serie de problemas conceptuales, como los ya identificados anteriormente, en torno al tema de estudio. Asimismo, ante el escaso conocimiento de muchos de los conceptos centrales de este tema los alumnos recurren, en gran medida, al uso de conceptos de tipo lamarckiano y en otros casos, emplean una combinación o mezcla de conceptos tanto de origen darwiniano como Lamarckiano, adhiriendo incluso ideas fijistas y creacionistas.

Estas conclusiones, de alguna manera, concuerdan con las reportadas en otros trabajos, donde se ha encontrado que alumnos de tercer semestre del CCH (plantel Naucalpan), en un alto porcentaje, el 68%, manifiestan ideas previas alejadas de la concepción científica, en tanto que no conciben al cambio evolutivo en términos de un proceso, sino en términos de una intención y un fin determinado. Es decir, los estudiantes atribuyen a la evolución de los organismos acciones intencionales ante la adversidad del medio.

Asimismo, se confirma la existencia de ideas previas erróneas sobre la selección natural reportadas en la literatura de otros países; no se tiene clara la idea sobre el origen de la variación y el carácter adaptativo de ésta. En aquellos casos donde se

siguen manteniendo las concepciones de tipo lamarckiano como la idea de que el cambio en los organismos se da por necesidad, de manera recurrente, los estudiantes igualan el cambio por necesidad con el proceso de adaptación. Es decir, piensan que las características que presentan los individuos son necesarias para su supervivencia, sin tomar en cuenta el origen azaroso de éstas. En este sentido se concibe a la necesidad como una forma de adaptación, aspecto que es contrario a la concepción darwiniana.

Lo anterior, pone de manifiesto que ante la enseñanza formal del tema de la selección natural las ideas previas de los estudiantes no cambian significativamente, por lo que dichas concepciones se siguen manteniendo. Esto demuestra que el carácter tan arraigado de estas ideas previas es un obstáculo para su cambio, por lo que los estudiantes siguen concibiendo los conceptos de la selección natural, en gran medida, en términos del pensamiento Lamarckiano. En este sentido, se puede deducir que la falta de comprensión de la selección natural se debe en gran parte a las creencias en que se sustentan las ideas previas de estos alumnos. Es decir, su conocimiento implícito (creencias) supera su conocimiento explícito (lo que sabe).

Por otro lado, con la finalidad de mejorar la presente investigación se comentará ahora sobre la valoración y dificultades de algunos elementos metodológicos. En cuanto al cuestionario utilizado para la exploración de las ideas previas sobre la selección natural se puede decir, de manera general, que su uso fue pertinente y útil en tanto que si se cumplió dicho cometido. Sin embargo, considerando, de manera específica, sus resultados en cuanto a la escasa argumentación, imprecisión y ambigüedad de las respuestas de los alumnos habría que reajustar el contenido y/o planteamiento de algunas de las preguntas y problemas propuestos, así como complementar dichos contenidos con el uso de imágenes. De esta manera, el alumno estaría, tal vez, en condiciones como para definir, explicitar o profundizar en sus ideas. Si bien con las entrevistas aplicadas, de

alguna manera, se pudo solventar esta situación, sería necesario implementar lo anterior para tener datos más significativos y para poder contrastar de una manera más confiable los resultados obtenidos en esta investigación con los derivados de otros estudios.

Con respecto a la aplicación de las entrevistas, una dificultad ocurrida fue el hecho de no haberse aplicado el número, inicialmente planeado (quince), de éstas debido a que por un lado, en ese momento, los alumnos (originalmente) de cuarto semestre se encontraban ya finalizando su curso de quinto semestre, por lo que no estaban tan dispuestos a colaborar por la carga de trabajo y porque algunos de ellos no fueron localizados debido a su inasistencia y por otro lado, los alumnos de sexto semestre ya habían egresado del CCH y por ende, su localización iba a ser muy complicada. Previendo este tipo de situaciones, se sugiere para investigaciones de esta línea aplicar entrevistas a alumnos de ambos semestres con el fin de reforzar el significado y confiabilidad de los resultados encontrados en esta investigación, así como la contrastación de la misma.

Por otra parte, el analizar las ideas previas de los estudiantes desde una postura científica bajo un enfoque cualitativo es una tarea compleja, ya que por su naturaleza y características se genera cierta dificultad para lograr su entendimiento e interpretación. Es decir, el analizar desde la postura científica las concepciones de los alumnos inmersas en un estado implícito de creencias implica experiencia y una gran inversión de tiempo (por parte del investigador), aun con el uso de algunos softwares para el análisis de datos cualitativos, como el utilizado en esta investigación (ATLAS. ti), que facilitan el proceso de análisis de la información, en cuanto a los procedimientos teórico-prácticos y tiempo invertido. Sin embargo, se sugiere mantener el enfoque cualitativo tanto en la recolección como en el análisis de los datos debido a su utilidad y a que son pocos los trabajos en México que cuentan con este tipo de metodología. Se puede también emplear una metodología que combine el enfoque cualitativo y cuantitativo, en

donde el uso de distintos instrumentos tanto para el trabajo de campo y el análisis cualitativo en combinación con el análisis estadístico refuerce o complemente el significado e implicaciones de los resultados encontrados.

Las conclusiones aquí presentadas subyacen a los procesos de enseñanza e indican ciertas temáticas que pueden orientar la formulación de estrategias de enseñanza-aprendizaje, procesos de evaluación y propuestas en la revisión, ajustes y/o reformas en los programas de estudio, ya sea desde la postura constructivista o el cambio conceptual que permita solventar la problemática en torno al conocimiento y comprensión del tema de la selección natural y que a su vez promueva el aprendizaje significativo en los alumnos. Por ejemplo, en la planeación de las estrategias de enseñanza-aprendizaje es pertinente considerar, entre otros factores, la edad de los estudiantes y atender el nivel de maduración cognitiva con que acceden al conocimiento y conocer más sobre el posible origen de sus concepciones, desde el punto de vista conceptual. Esto permitirá al docente adecuar los contenidos en cuanto a qué y cómo enseñar el tema de la selección natural en el grado pertinente a los aprendizajes que se pretenden.

Es importante considerar, además de las estrategias didácticas empleadas, factores, tales como la complejidad conceptual de la teoría de Darwin; el conocimiento correcto de ésta por parte de los profesores y su formación docente, las ideas previas de los alumnos y de los profesores, los recursos didácticos, los estilos de aprendizaje de los alumnos, las condiciones de estudio en el aula, etc. Todo esto con el fin de abrir nuevos enfoques de enseñanza que consideren aspectos de tipo cognoscitivo, didáctico, pedagógico y disciplinario, donde se tenga un conocimiento adecuado de la estructura conceptual y metodológica de la teoría en cuestión y de las condiciones dadas en el proceso histórico de su construcción. Es así como se podrá, entonces, abordar de manera más integral el proceso de enseñanza y aprendizaje de la ciencia en general y de la evolución en particular.

Finalmente, se sugiere, tomar como referencia este tipo de estudios que permitan abrir nuevas líneas de investigación enfocadas a el cambio conceptual, diseño, aplicación y validación de estrategias didácticas y materiales educativos, el análisis histórico de la ciencia con relación al aprendizaje y a la generación de propuestas con enfoques tanto epistemológicos como cognoscitivos con el fin de comprender el desarrollo de las ideas previas en los estudiantes y la posibilidad de transformarlas, todas enfocadas a la construcción de un aprendizaje significativo en los estudiantes, que a su vez contribuyan a solucionar la problemática de la enseñanza de las ciencias y en especial la de la biología en México, donde los estudios e investigaciones sobre las ideas previas en el campo de la evolución son aún muy escasos.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilar, S. (2007). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 6, (3), 691-713.

Alsina, J. (2006). Historia de la Geología: Una introducción. Ed. Montesinos. España. pp. 230.

Albaladejo, C. y Lucas, A.M. (1989). Pupils' meaning for "mutation". *Journal of Biological Education*, 22(3), 215-219.

Angulo, D. (2003). ¿Qué significa aprender a explorar las ideas de los alumnos? *Journal of Science Education*, 4(2), pp: 80-83.

Ausubel, D. P. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas, México. pp. 769.

Baptiste, I. (2001). Qualitative data analysis: common phases, strategic differences. Forum Qualitative Sozialforschung/Forum: Qualitative Social research (on-line journal), vol. 2, no. 3. Disponible en: <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/917/2003>.

Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*. Vol. 15, núm. 3. pp. 210-217.

Berger, P. y Luckmann, T. (2005). *La construcción social de la realidad*, 19ª ed., Amorrortu, España, pp. 233.

Bishop, B. & Anderson, C.W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415-427.

Bizzo, N. M. (1994). From down house landlord to brazilian high school students: What has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 537-556.

Broughton, J. (1983). *The cognitive developmental theory of adolescent self and identity*. In B. Lee & G. Noam (Eds.), *Developmental approaches to self*. Plenum, New York.

Brumby, M., (1979). Problem in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13(2), 119-122.

- Brumby, M. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education* Vol. 68(4), 493-503.
- Caballero, A. M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de genética. *Enseñanza de las ciencias*. 26(2), 227-244.
- Capra, F. (1998). *La trama de la vida*. Anagrama, Barcelona, pp. 357.
- Carrascosa, A. J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (parte I). Análisis sobre las causas que las originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* (2005), 2(2), 183-208.
- Carretero, M. (1997). *Constructivismo y educación*. Progreso, México. pp. 163.
- CCH (2002). *Plan General de Desarrollo del Colegio de Ciencias y Humanidades, 2002-2006*, CCH-UNAM, México.
- CCH (2004). *Programas de estudio para Biología I, II, III y IV*. CCH-UNAM, México, 19 pp.
- CECU (2003), *Diagnóstico institucional 2003*, CCH-UNAM, México, pp. 22-27.
- Chacón, E. (2004). *El uso del ATLAS/TI como herramienta para el análisis de datos cualitativos en Investigaciones Educativas*. Jornadas universitarias (JUTEDU 2004). Competencias socio-profesionales de las titulaciones de la educación. UNED Madrid. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/7061477/Chacon-2004-El-Uso-Del-ATLASTI-Como-Herramienta-Para-El-Analisis-de-Datos-Cualitativos-en-Investigaciones-Educativas>
- Coll, C., Palacios, J., Marchesi, A. (1992). *Desarrollo psicológico y educación: psicología de la educación escolar*. Alianza, España. pp.720
- Coll, C. (2002). Constructivismo e intervención educativa. ¿Cómo enseñar lo que ha de construirse?, en: Barbera, E y otros. *El constructivismo en la práctica*, 2ª ed., Colección: claves para la innovación educativa, No. 2. Laboratorio educativo y GRAO, España. pp. 11-32.
- Coulon, A. (1995). *Etnometodología y educación*. Paidós, Barcelona.
- Cubero, R. (1993). *Cómo trabajar con las ideas de los alumnos*. 2ª. ed. Díada, Sevilla. pp. 68.
- Darwin, Ch. (1859). *El origen de las especies mediante la selección natural o la conservación de las razas favorables en la lucha por la vida*, 6ª ed. UNAM, México. pp. 759.

Deadman, J.A. & Kelly, P.J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7-15.

De Manuel, J. y Grau, R. (1997). Concepciones y dificultades comunes en la construcción del pensamiento biológico. En Barbera, E. y otros. *El constructivismo en la práctica*, 2ª ed., Colección: claves para la innovación educativa, No. 2. Laboratorio educativo y GRAO, España. pp. 143-154.

Demastes, S., Good, R., Peebles, P. (1995). Students' conceptual ecologies and the process of conceptual change in evolution. *Science Education*, 79(6), 637-666.

Díaz-Barriga, A. F, y Hernández, R. G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*. 2ª ed. Mc Graw Hill, México. pp. 465.

Díaz-Barriga, A. F. (2006). *Enseñanza situada*. Mc Graw Hill, México. pp. 171.

Di Sessa, A. (1993). Toward an epistemology of physics. *Cognition and instruction*, Vol. 10, No. 2 y 3. pp.105-225.

Domjan, M. y Burhard, B. (1996). *Principios de aprendizaje y conducta*. Debate, España.

Draghi, C. (2003). Docentes aplazados en evolución. *Exactamente*, Año 10, n° 27, Octubre. Disponible en: <http://www.fcen.uba.ar/publicac/revexact/exacta27/pag42-t1.htm>

Driver, R.; Guesne, E.; Tiberghien, A. (1989) *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*, MEC-Morata, Madrid.

Driver, R., Leach, J. Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young people's images of science*. Open University Press, Philadelphia. pp.184.

During, I. (1987). *Aristoteles: Exposición e interpretación de su pensamiento*. UNAM, México. pp. 1031.

Engel, E. & Wood, C. (1985). How secondary students interpret instances of biological adaptation. *Journal of Biological Education*, 19(2), 125-130.

Fernández, M. J. (2004). La entrevista cualitativa como técnica de la evaluación de la docencia universitaria. *RELIEVE*. Vol. 10, (1) pp. 23-39. Disponible en: http://www.uv.es/RELIEVE/v10n1/RELIEVEv10n1_2.htm.

Flores, F. y Gallegos, L. (1993). Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia. *Perfiles educativos*, No. 62.

Flores, C. F., Tovar, M. M., Gallegos, C. L., Velásquez M. M., Valdés, A. S., Saitz, C. S. y cols. (2000). *Representación e ideas previas acerca de la célula en los estudiantes del bachillerato* (Reporte de investigación). CCH. UNAM. México.

Fuentes, A. N. (2006). *Validación de una estrategia didáctica basada en ideas previas para la enseñanza de los procesos de reproducción a nivel bachillerato*. Tesis de licenciatura en biología. UNAM. México. pp. 118.

Gallegos, L., Jerezano, M. y Flores, F. (1994). Preconceptions and relations used by children in the construction of food chains in *Journal of research in science teaching*, Vol. 31, No. 3.

Gallegos, L. (1998), *Formación de conceptos y su relación con la enseñanza de la Física*, Tesis de maestría, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM, México.

Gimeno, J. y Gómez. A. (2002). *Comprender y transformar la enseñanza*, 10ª ed. Morata, España. pp. 445.

Goetz, J. P. y LeCompte, M. D. (1984). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa*. Morata, Madrid. pp. 279.

Gould, S. J. (1995). *La sonrisa del flamenco*. RBA editores, Barcelona.

Halldén, O. (1988). The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives. *International Journal of Science Education*, 10 (59), 541-552.

Hammer, D. y Wildavsky, A. (1990). La entrevista semi-estructurada de final abierto. Aproximación a una guía operativa. *Historia y Fuente Oral*, 4, 23-61.

Henderson, J. (1992). *Enseñanza reflexiva: Ser un educador de indagación*. Macmillan, New York.

Hernández, G. (1998). *Paradigmas en psicología de la educación*, 1ª ed., Paidós, México, pp. 267.

Hernández, R. (2002). *La Historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural*. Tesis de doctorado en ciencias (Biología). México, UNAM. pp. 219.

Hernández, S. R. Fernández C. C., Baptista., L. P. (2003). *Metodología de la investigación*. 3ª. ed. MCGRAW-HILL Interamericana, México. pp 705.

Incera, U. F, Lezama, C. M, Rivera, V. H y Vázquez, B. L. (1998). *Origen y Evolución de los seres Vivos y su repercusión en el ambiente*. 1ª ed. UNAM. México, pp. 141.

Jiménez, M. P. y Fernández, J. (1989). ¿Han sido seleccionados o se han acostumbrado? *Infancia y aprendizaje* Vol. 47, pp. 67-81.

Jiménez, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? a classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14(1), 51-61.

Lamarck, J. B. (1809). *Filosofía Zoológica*, facsímil de la primera edición, con prologo de Ernest Haeckel, Alta Fulla, Barcelona, pp. 261.

Ledesma, I. (2000). *Historia de la biología*, 1ª ed., AGT editor, México, pp. 659.

Longden, B., (1982). Genetics, are there inherent learning difficulties ?. *Journal of Biological Education*, 16(2), 135-140.

Manheim, L. H. (1982). *Investigación sociológica. Filosofía y Métodos*. Ediciones CEAC, Barcelona. pp. 336.

Martínez, M. (2000), *La investigación cualitativa etnográfica en educación*. Manual Teórico-Práctico. Circulo de lectura alternativa, LTDA. Bogotá. pp: 152.

Martínez, M. (2001), *Uso del programa computacional ATLAS. Ti de Thomas Mühr (Univ. de Berlín) en la estructuración teórica de "datos" cualitativos*. ARGOS, N. 34, pp. 139-156. Disponible en: <http://prof.usb.ve/miguelm/articulos.html>

Mayr, E. (1998), *Así es la biología*, 1ª ed., Debate, México, pp. 326.

Medina, C. (2003). *Análisis de la construcción histórica y de las ideas previas de los estudiantes de bachillerato en genética para elaborar una propuesta educativa*. Tesis de licenciatura en Biología. México, UNAM. pp 150.

Mergel, B. (1998). *Diseño instruccional y teoría del aprendizaje*. Departamento de Comunicaciones y Tecnología Educativa de la Universidad de Saskatchewan Canada. Disponible en: <http://www.usask.ca/education/coursework/802papers/mergel/espanol.pdf>

Millán, B., Carmona, P. y Zárate, B. (1997). Comprensión y malentendidos del concepto de selección natural en estudiantes universitarios. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Enero-junio, Vol. 2, núm. 3, pp. 45-66.

Muñoz J. (2005). *Análisis cualitativo de datos textuales con ATLAS.ti, vers.3*. Universidad Autónoma de Barcelona. pp. 128. Disponible en: <http://www.ucpr.edu.co/centros/investigaciones/Atlas5.pdf>

Novak, J. D., (1985). Metalearning and metaknowledge strategies to help students learn how to learn. In: West, Leo. H. T. and Pines, A. L.(editors) *Cognitive structure and conceptual change*, Academic Press. Orlando.

Núñez-Farfán, J. (2003). Vivir en la tierra. *Revista ¿Cómo vez?* UNAM. No. 51, pp. 30.

Ontoria, P. A, Gómez, R. J y De Luque A. (2003). *Aprender con mapas mentales: una estrategia para pensar y estudiar*. Narcea, Madrid. pp. 150.

Osborne, R.; Freyberg, P. (1991) *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de la ciencia de los alumnos*, Narcea: Madrid.

Palazón, M. (2002). *La construcción de la biología*. Escuela Nacional Preparatoria. México. pp:118.

Palomino, A., Aldana, A., Ramírez, P. E. (1998). *Ventana al conocimiento de la Biología II*. UNAM, Coordinación del CCH. México. pp. 103.

Pantoja, J. C. (2008). *El aprendizaje basado en problemas (ABP): una alternativa en la enseñanza de la selección natural en el CCH*. Tesis de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, UNAM. México. pp. 104.

Pérez, J., Heres, M.E. Dueñas, I. E. y Silva, A. (2009). *Evaluación de la comprensión de que "la evolución es el proceso que da origen a la biodiversidad" en el CCH*. Trabajo presentado en el Coloquio "Enseñanza de la evolución", Junio, FES Iztacala, UNAM, México.

Pfundt, H., & Duit, R (1994). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education* (4th ed.). Kiel, Germany: Institute for Science Education at the University of Kiel.

Piaget, J., e Inhelder, B. (1996). *De la logia del niño a la lógica del adolescente*. Paidos, Barcelona.

Porlán, R. (1993). *Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*. Diada, España.

Posada, J. M. (2002). Memoria, cambio conceptual y aprendizaje de las ciencias. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol. 1 N° 2. pp. 22.

Pozo, J. y Carretero, M. (1987). Del pensamiento formal a las concepciones espontáneas: ¿Qué cambia en la enseñanza de la ciencia? *Infancia y Aprendizaje*, 38: 35-52.

Pozo, J. I. (1989). *Teorías Cognitivas del aprendizaje*. Morata, Madrid. pp. 288.

Disponible en:

<http://books.google.com.mx/books?q=teorias+cognitivas+del+aprendizaje&oq=teorias+cognitivas>

Pozo, J. I., Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón, M. (1991a). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la Psicología cognitiva. *Enseñanza de las ciencias*. Vol.9 No.1. pp. 83-94.

Pozo, J.I., Gómez Crespo, M.A., limón, M. y Sanz Serrano, A. (1991b). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia, Centro de Educación y Ciencia. pp. 350.

Pozo, J. I. (1997a). El cambio sobre el cambio: hacia una nueva concepción del cambio conceptual, en Rodrigo, M.J. y Arnay, J. (comps.). *La construcción del conocimiento escolar*. Paidós, Barcelona. pp. 176.

Pozo, J. I. (1997b). La crisis de la educación científica ¿volver a lo básico o volver al constructivismo?, en Barbera, E y otros. *El constructivismo en la práctica*, 2ª ed., Colección: claves para la innovación educativa, No. 2. Laboratorio educativo y GRAO, España. pp. 33-46.

Pozo, J. I., Schever, N., Pérez, E., Mateos, M., Martín, E., de la Cruz, M. (2006). *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos*. Graó, España. pp. 459.

Rangel, M. (2007), *Conocimiento alterno sobre cambio biológico en alumnos de tercer semestre del bachillerato de la Universidad Nacional Autónoma de México, Colegio de Ciencias y Humanidades, Plantel Naucalpan*. Tesis de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, México, UNAM. pp. 137.

Rayas, J. (2004). El reconocimiento de las ideas previas como condición necesaria para mejorar las posibilidades de los alumnos en los procesos educativos en ciencias naturales. *Xictli*, núm. 54, Abril-Junio. Disponible en: <http://www.unidad094.upn.mx/revista/54/02.html>

Rodríguez, G. G, Gil F. J, y García J, E. (1996) *Metodología de la Investigación Cualitativa*. Malaga: Aljibe Madrid. pp. 378.

Rodríguez–Moneo, M. y Aparicio, J. (2004). Los estudios sobre el cambio conceptual y la enseñanza de las ciencias. *Educación química*. Vol. 15, No. 3. pp. 270-280.

Romero, A. (2006). *Análisis de los procesos enseñanza-aprendizaje y de apropiación en los alumnos del CCH Azcapotzalco, con respecto a los contenidos*

temáticos de la primera unidad del Programa de biología II. Tesis de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior, UNAM. México. pp. 178.

Ruiz, R. y Ayala, F. (2002). *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas*. Fondo de cultura económica. México. pp. 293.

Sandia, L. (2003). Las perspectivas nomotética e ideográfica en el trato a la realidad estudiada por las ciencias sociales. *Revista: Orientación y Consulta*, Vol. 9, No.1.

Sandín, M. P. (2004). *Investigación Cualitativa en Educación. Fundamentos y Tradiciones*. Mc Graw Hill, Madrid. España.

Santrock, W. J. (2004). *Psicología del desarrollo en la adolescencia*. 9ª .ed. McGraw-Hill, Madrid, España. pp. 487.

Sarukhán, J. (1988). *Las musas de Darwin*. Fondo de cultura económica. Col. la ciencia desde México, No. 70. México. pp.245.

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

Silva, I. M. (2008). *Las ideas previas de los alumnos de bachillerato sobre la célula: forma y tamaño*. Tesis de licenciatura (Psicología) México, UNAM, pp. 125.

Sour, F. y Rivera, O. (1997). La paleontología y el estudio de la vida en el pasado, en: García, P., Sour, F., Montellano, M. (editores). *Paleontología*. UNAM, México.

Southerland, S.A., Abrams, E., Cummins, C.L. & Anzelmo, J. (2001). Understanding students' explanations of biological phenomena: conceptual frameworks or p-prims? *Science Education*, 85(4), 328-348.

Taylor, J. y Bodgan, R. (1990). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. PAIDOS, Buenos Aires.

Tiberghien, A. (1994). Modeling a basis for analyzing. *International Journal of Science Education*, Vol. 4

Tovar, M. (2000). La investigación cualitativa en educación: necesidad y reto para los modelos pedagógicos contemporáneos. *Revista Cubana de Psicología*. Vol. 17, No. 2, pp:158-164.

Urbano, H. (2007). El enfoque etnometodológico en la investigación científica *LIBERABIT*. Vol.13 pp: 89-91.

Viennot, L. (1985). Analyzing student's reasoning: tendencies and interpretation. *American Journal of physics*. 57, 432-436.

Wandersee, J., J. Mintzes & J. Novak. (1994). Research on alternative conceptions in science, in Gabel, D. (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. National Science Teachers Association (NSTA), MacMillan Publishing Company, New York.

Woolfolk, A. (1990), *Psicología educativa*, 3ª ed., Prentice-Hall, México, pp. 649.

Páginas electrónicas:

Cintrum.unam.mx (2009). Recuperado el día 30 de Junio de 2009 en: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>

ERIC.ed.gob (2009). Recuperado el día 8 de Julio de 2009 en: www.ERIC.ed.gov/

ANEXOS

Anexo 1. Formato del cuestionario

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA
COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES AZCAPOTZALCO



Estimado alumno, el presente cuestionario tiene la finalidad de realizar una investigación sobre los conocimientos que tienes del tema de **la selección natural**. Te solicitamos que respondas de acuerdo a lo que sabes. Gracias por tu cooperación.

Nombre: _____ Número de cuenta: _____

Sexo F () M () Edad: _____ Semestre: _____ Turno: Mat. () Vesp. ()

Promedio: _____ Religión: _____ Fecha: _____

Instrucciones: lee con atención las preguntas y explica con tus propias palabras, **es muy importante que respondas.**

1. ¿Por qué hay tantas especies en el planeta?

2. ¿Los tipos de especies que existen hoy en día en el planeta siempre han existido? Argumenta tu respuesta.

3. ¿Estas especies han cambiado?, ¿Tu que opinas?

4. ¿A qué se debe la existencia de diferentes razas de perros? Y ¿Cómo relacionarías este proceso con el de la selección natural?

5. Cuando las personas toman antibióticos para combatir una enfermedad bacteriana generalmente se alivian y no recaen inmediatamente. Pero en algunos casos vuelven a enfermarse aunque tomen dosis mayores del mismo antibiótico. Explica este fenómeno con base en el mecanismo de la selección natural.

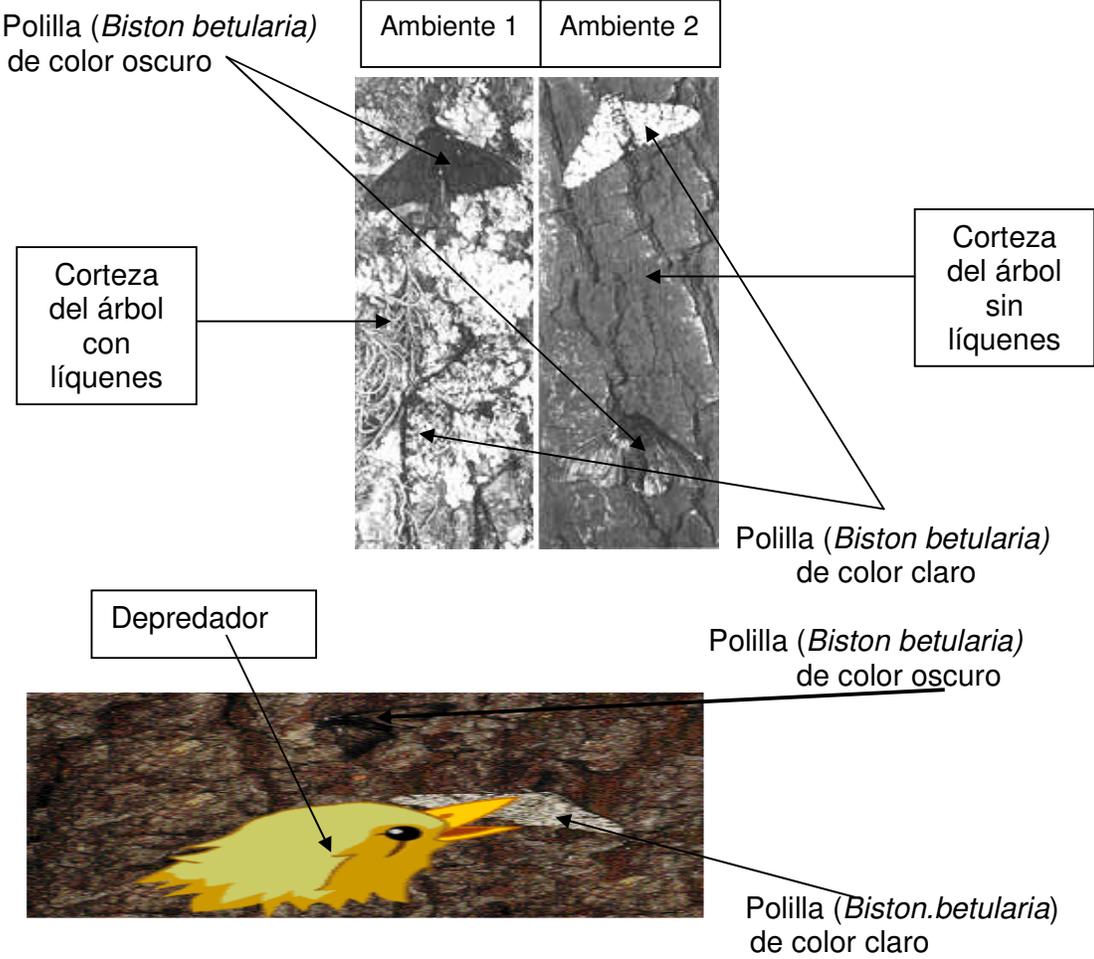
6. El nopal es una planta que habita en lugares desérticos o semidesérticos. ¿Cómo explicarías la modificación de sus hojas en espinas?¹



7. ¿Por qué algunos felinos (como los chitas) pueden correr tan rápido como hasta 100 km/h?²



8. Observa los siguientes esquemas y explica la siguiente pregunta



¿Cómo está actuando la selección natural en cada uno de los tipos de polilla?

9. Lee con atención el siguiente párrafo y contesta la siguiente pregunta.

Imagina que vas al Zoológico de Chapultepec. Te paras delante de las jirafas y observas que comen las hojas de la copa de un árbol. Por allí pasan unos empleados del zoológico y como sientes curiosidad, les preguntas por qué tienen las jirafas el cuello tan largo. Cada uno responde una cosa diferente³:



JUAN: “Hace muchos millones de años, las jirafas que tenían el cuello corto no alcanzaban las hojas de los árboles. Solo sobrevivían aquellas que tenían el cuello un poco más largo que las demás, porque podían alimentarse mejor”.

VÍCTOR: “Las jirafas han tenido siempre el cuello tan largo como hasta ahora, por que a si fueron creados por dios, si no, no se habrían podido alimentar de las hojas de los árboles”.

JORDI: “Hace muchos millones de años, todas las jirafas tenían el cuello corto. Como apenas alcanzaban las hojas de los árboles, tenían que estirar mucho el cuello. Así, poco a poco, el cuello se les ha ido estirando hasta tenerlo tan largo como ahora”.

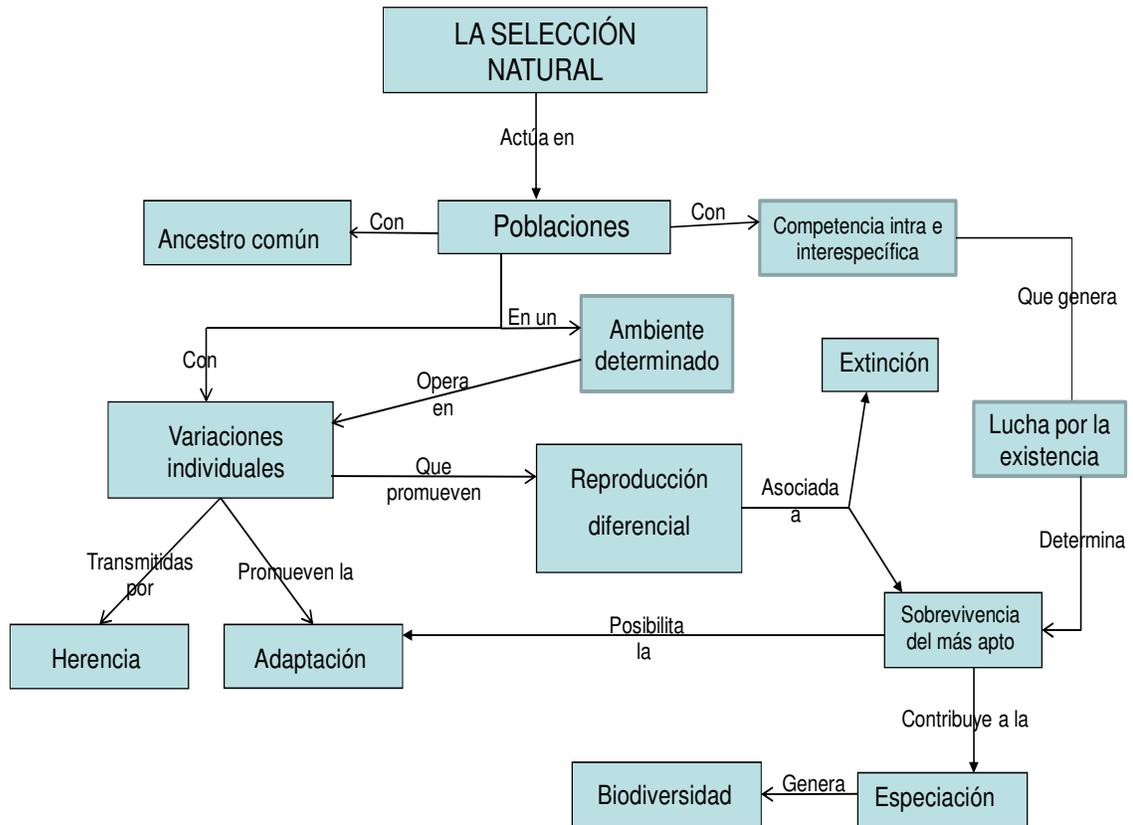
¿Quién de ellos crees que tiene la razón? Explica por qué. Si crees que ninguno de ellos tiene razón, da tu propia versión.

¹Tomado y adaptado de: Palomino, A. y cols.. (1998). *Ventana al conocimiento de la Biología II*. CCH. UNAM. México

²Tomado y adaptado de la base de datos sobre ideas previas del centro de instrumentos de la UNAM (CCECADET) En: <http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>

³Tomado y adaptado de: Angulo, D. (2003). ¿Qué significa aprender a explorar las ideas de los alumnos? *Journal of Science Education*. No. 2, Vol. 4, pp 80-83.

Anexo 2. Mapa conceptual sobre la selección natural



Anexo 3. Guía de preguntas para la entrevista semiestructurada

APARTADO I.

¿Qué es una variación?, ¿Puedes darme un ejemplo?, ¿Qué hace cambiar a los organismos?, ¿Lo hacen intencionalmente o sufren cambios al azar?

¿Cómo sabes o te das cuenta de que los organismos cambian?, ¿Existen variaciones ventajosas, desfavorables o neutras? ¿Puedes darme un ejemplo?

APARTADO II. Solicitar al alumno que observe el siguiente esquema y elija la opción que más le convenza.

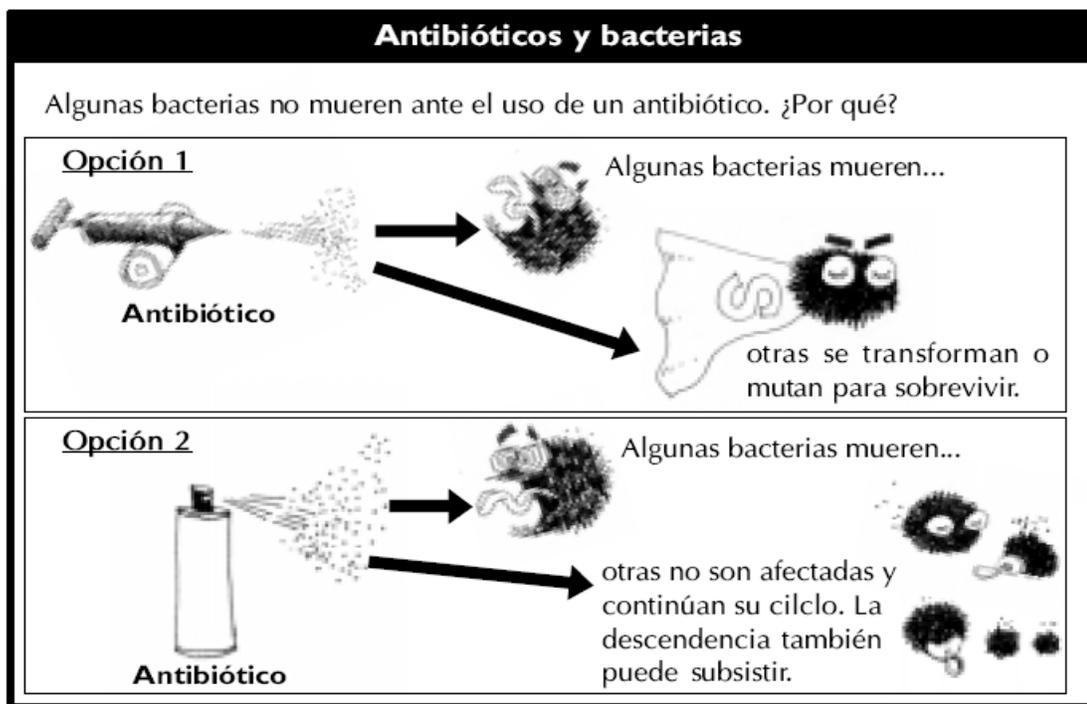


Figura tomada de: Draghi, C. (2003). Docentes aplazados en evolución. *Exactamente*, Año 10, n° 27, Octubre. p. 41-43.

En el caso de que el alumno elija la opción 1:

- a) ¿A qué se debió que mutaran las bacterias?
- b) ¿Esas mutaciones las heredan?

- c) ¿Cómo se adaptan esas bacterias?
- d) ¿Cómo actúa la selección natural en las bacterias que sobreviven?

En el caso de que el alumno elija la opción 2:

- a) ¿Qué es lo que hace que unas bacterias no mueran?
- b) ¿Cómo surgen las mutaciones o variaciones en las bacterias?
- c) ¿Estas se heredan?, cómo?
- d) ¿Cómo se adaptan las bacterias que sobreviven?
- e) ¿Cuál es factor del medio (hábitat) que influye en las bacterias para que unas mueran y otras no?
- f) ¿Cómo actúa la selección natural en las bacterias que sobreviven?

APARTADO III. ¿Desde que existen los chitas éstos siempre han corrido a velocidades de hasta 100Km/hora?. Por qué sí o por qué no?

¿Qué cambios se presentaron en los chitas para que pudieran correr tan rápido?, Cómo surgieron esos cambios o variaciones?, tuvo que pasar mucho tiempo o fue rápido?

¿Se puede decir que esas variaciones son ventajosas para los chitas, Por qué? ¿Qué debe de ocurrir para que las variaciones ventajosas se mantengan y ayuden a la especie a sobrevivir y no extinguirse? ¿Todos los individuos de la especie deben de tener esas variaciones o basta con que sólo algunos las presenten para que se mantenga la especie?

¿Cómo se da la selección natural en esos individuos?

¿Qué determina que un organismo sea más “débil” o más “fuerte” y qué, en consecuencia, sea eliminado por la naturaleza o pueda sobrevivir?

NOTA: La cantidad y secuencia de las preguntas aplicadas durante la entrevista varió, dependiendo de aspectos como la precisión, sentido, y coherencia de las respuestas de los alumnos.