



Universidad Nacional del Litoral

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas

**Departamento, Cátedra o Lugar donde se realizó el trabajo:
Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales**

Título del Trabajo:

“EL ENFOQUE HISTÓRICO CONTEXTUALIZADO COMO FACILITADOR DE LA ENSEÑANZA DE LOS MECANISMOS EVOLUTIVOS”.

La utilidad de un enfoque histórico integrado a un encuadre CTS en la enseñanza de los mecanismos micro y macroevolutivos.

Autora: Lic. Marcela Torreblanca

Directora: Dra. Graciela Merino

Co-Directora: Dra. Ana Lía De Longhi

Año de su presentación: 2009

Resumen

Las concepciones previas de los alumnos con respecto a los mecanismos evolutivos son similares en distintos países. Esto fue constatado por diversos estudios realizados. A partir de algunas de estas investigaciones se les dio el atributo de “Lamarckianas” a un grupo de ideas y preconcepciones recurrentes que se presentan en las respuestas de los alumnos enfrentados a situaciones problemáticas de adaptación que requieran una explicación del mecanismo evolutivo implicado. Estas ideas, mal denominadas “lamarckianas”, implican la consideración de la evolución como un proceso lineal progresivo y el mecanismo de adquisición de estructuras por medio del uso y desuso y la herencia de los caracteres adquiridos.

Partiendo del supuesto que estas ideas constituyen obstáculos para la enseñanza aprendizaje de los mecanismos evolutivos se realiza una unidad didáctica basada en un enfoque histórico - epistemológico contextualizado para facilitar la superación de dichos obstáculos y se diseña una investigación para confrontar su efectividad, comparando con otra unidad basada en la resolución de problemáticas relacionadas con casos de resistencia, mimetismo y especiación propuestos en la bibliografía actual.

Para realizar este estudio comparativo se tomó un pre-test en dos cursos de 3° año de secundario polimodal con orientación Ciencias Naturales para detectar concepciones previas, anteriormente categorizadas. Se analizaron las respuestas supuestamente “lamarckianas” y “darwinianas” en forma cuantitativa y cualitativa y se realizó observación participante en el seguimiento de las clases para evaluar el proceso de conceptualización y la construcción del discurso individual y grupal en cada uno de los cursos.

Se observó que las ideas o representaciones previas de los alumnos de ambos cursos con respecto a los mecanismos evolutivos fueron similares entre sí y concordaron con los resultados de estudios anteriores. El concepto de selección natural fue el que presentó mayor cantidad de obstáculos.

Esos mismos obstáculos se superaron en algunas situaciones, pero no en otras, dependiendo de los ejemplos, las problemáticas, el contexto y la terminología empleada.

Se concluye que el enfoque histórico favorece la argumentación y la construcción del discurso compartido de los alumnos y el docente porque provee recursos, testimonios, pruebas, contraargumentos, que permiten el diálogo y el debate.

Por lo tanto, las estrategias de enseñanza basadas en un enfoque histórico facilitan el cambio representacional de una concepción “lamarckiana” de los mecanismos de resistencia y el modelo macroevolutivo a una “darwiniana” en alumnos de tercer año de secundario superior o polimodal, y pueden convertirse en una herramienta valiosa para la construcción del discurso mediante la enseñanza por medio de la argumentación. Considerando el análisis de los datos obtenidos, en el diseño de la secuencia didáctica se debería haberse tenido en cuenta estrategias que permitieran asociar mecanismos con representación. También podrían haberse abordado las mismas problemáticas en ambos cursos pero con enfoques diferentes.

El alcance de esta tesis no solo fue de corroboración de ideas previas erróneas sino que aportó la construcción de una innovación didáctica incluyendo prescripciones con propuestas de estrategias que ayuden a superarlas.

Abstract

The students' previous conceptions about the mechanisms of evolution are similar in different countries. This was verified by different studies. From that onwards the "lamarckians" attribute is given to a group of recurrent preconceptions which appear in the students' answers, those who face the understanding of the mechanism of evolution presented in the resolutions of problematic situations of adaptation when that requires an explanation of the implied mechanism of evolution. These "lamarckians" ideas are not well denominated because it implies the consideration of the evolution like a progressive lineal process and the mechanism of acquisition of structures by means of the use and disuse and the inheritance of the acquired characters.

Admitting that these ideas constitute obstacles for the teaching learning of the mechanism of evolution, a didactic unit was designed based on a historical-epistemological approach, in the context of these problems to get over these obstacles. An investigation is designed to confront its effectiveness, comparing to another unit based on the resolution of problematic related to resistance cases and speciation proposed in the current bibliography.

This comparative study to examine two courses with 3^o year Natural Sciences orientation at High School is carried out to detect previously categorized conceptions.

The "lamarckians" and "darwinians" answers were analyzed in quantitative and qualitative research work and there was a close participant observation of classes to evaluate the conceptualization process and the construction of the individual and group speech in each of the courses.

It was observed that the ideas or previous representations of the students on both courses with regard to the mechanism of evolution were similar to each other and they agreed with the results of previous studies. The natural selection concept was the one that presented more obstacles.

Those same obstacles were overcome in some situations, but not in others, depending on the examples, the problems, the context and the terminology used.

In conclusion the historical focus favors the argument and the construction of the shared speech of the students and the educational one because it provides resources, testimonies, tests, counter-arguments that allow the dialogue and the debate to happen.

Therefore, the teaching strategies based on a historical focus facilitate the representational change of a "lamarckian" conception of the resistance mechanisms and the macroevolutive pattern to a "darwinian" in 3^o year High School students or Polimodal. The results can

become a valuable tool for the construction of discourse due to teaching through argumentation.

The outcome of this thesis was not only the corroboration of erroneous previous ideas but also contributed to the construction of a didactic innovation including prescriptions with proposals of strategies that may help to overcome the aforementioned obstacles.



Tabla de abreviaturas

AR: Árbol.

CTS: Ciencia, Tecnología y Sociedad.

DDT: Dicloro, difenil, tricloroetano (Insecticida)

Ed: Editorial.

EGB: Enseñanza General Básica.

ESB: Enseñanza Secundaria Básica.

LM: Lamarckiana.

LI: Lineal.

Op. cit.: Obra citada.

SD: Supervivencia diferencial.

Índice

Introducción	9
Objetivos generales.....	11
1. Fundamentos.....	12
1.1. Aspectos disciplinares, epistemológicos.....	12
1.1.1. Hechos, teorías, representaciones, intereses y contextos.....	13
El origen de la teoría.....	14
La importancia del contexto socioeconómico.....	18
El origen del Darwinismo en la Inglaterra colonialista.....	19
Siglo XX: Hacia la unificación, la consolidación del paradigma.....	20
Dilemas de fin de siglo.....	22
1.1.2. ¿Tan difícil es pensar como Darwin?.....	25
1.1.3. Del eslabón perdido al antecesor común.....	28
1.1.4. Metáforas y Analogías.....	32
1.1.5. Hacia la síntesis y más allá.....	36
1.1.6. La resistencia a la selección.....	39
Desacuerdos en cuanto a las unidades de selección....	41
¿Es una ley la selección natural?.....	49
1.1.7. Una manera de explicar.....	52
1.1.8. Más "lamarckianos" que Lamarck.....	55
1.2. Aspectos didácticos.....	56
1.2.1. ¿Para qué sirve aprender evolución?.....	52
1.2.2. La enseñanza de la evolución como un desafío para hallar un atajo entre tantos obstáculos.....	59
1.2.3. La historia que escriben los manuales.....	63
La historia al revés.....	66
1.2.4. Mitos en la enseñanza de la evolución.....	67
El mito del precursor.....	68
Darwin y sus pinzones.....	68
La utilidad de los mitos en la enseñanza de la Evolución.....	69
1.2.5. No les puedo quitar las jirafas de sus mentes.....	70
1.2.6. Cambio de representaciones o evolución conceptual. .	75
1.2.7. Hechos cotidianos y explicaciones científicas.....	78
1.2.8. El enfoque histórico como facilitador.....	79
1.2.9. El enfoque CTS y la contextualización en Biología.....	81
1.2.10. Una larga argumentación.....	82
2. Materiales y métodos.....	84

2.1. Diseño de la Investigación.....	85
2.1.1. Población.....	85
2.1.2. Muestras.....	86
2.1.3. Objetivos	86
2.1.4. Problemática.....	86
2.1.5. Hipótesis.....	86
2.1.6. Hipótesis de trabajo.....	87
2.1.7. Instrumentos.....	87
2.1.8. Procedimiento.....	88
2.1.9. Metodología.....	88
2.1.10. Categorías.....	88
2.2. Diseño de unidades didácticas.....	91
2.2.1. Tipos de actividades.....	91
2.2.2. Formas de tratamiento del contenido.....	92
2.2.3. Intenciones educativas.....	93
2.2.4. Momentos de la clase.....	95
2.2.5. Legitimaciones previstas.....	95
2.2.6. Forma de regulación del tratamiento del contenido desde el discurso.....	96
3. Resultados.....	99
3.1 Comparación entre pre test y post test por grupo.....	100
3.2 Seguimiento de la propuesta.....	113
4. Discusión.....	122
5. Conclusiones.....	125
6. Bibliografía.....	129
7. Anexos.....	136
I. pre test y post test.....	137
II. Secuencias didácticas y actividades.....	143
III. Tablas estadísticas.....	183
IV. Trabajos presentados.....	198
V. Glosario.....	205

Año 2009: 200 años del nacimiento de Charles Darwin.

150 años de la publicación de su libro “El Origen de las Especies”.



Introducción

Uno de los conceptos más importantes en la biología es el de evolución, la teoría unificadora que explica el origen de las diversas formas de vida como resultado de cambios en su acervo genético; constituye la base del pensamiento biológico moderno que obliga a la humanidad a un replanteamiento de su lugar en el Universo.

Como revelara Theodosius Dobzhansky en el encabezado de su libro “Evolución” (1973) *“Nada en la biología tiene sentido, si no se considera a la luz de la evolución”*.

Desde hace más de 30 años se estuvieron realizando investigaciones (Gené, 1991) en diferentes países en las cuales se constató la similitud de las ideas previas de los alumnos con respecto a la evolución de los seres vivos con las ideas (mal denominadas) “Lamarckianas”. Autores como Jungwirth (1975), en Israel, Hallden (1988), en Suecia, Mart (1983) en Australia, entre otros, citados por Gené aludieron a este tipo de ideas. En las cuales se destacaban principalmente la concepción lineal de la evolución, la transformación y la adaptación de las especies por medio del esfuerzo individual y la herencia de caracteres adquiridos. En su trabajo de 1991, Jiménez Alexandre M. P., obtuvo una alta proporción de ideas alternativas lamarckianas en estudiantes de nivel secundario y universitario. En un estudio exploratorio realizado con alumnos de primer año de la carrera ingeniería agronómica (Universidad Nacional del Noroeste de la provincia de Buenos Aires) se encontraron proporciones similares a los estudios antes mencionados y a los resultados obtenidos en tercer año polimodal, octavo y noveno EGB de escuelas del distrito Junín y Chacabuco. (Torreblanca, 2008).

Considerando que estas ideas previas se convierten en obstáculos a la hora de enseñar los mecanismos evolutivos aceptados por la comunidad científica actual, se exploró el origen de las mismas. A partir de allí se utilizaron distintas estrategias de enseñanza basadas en un enfoque histórico - epistemológico contextualizado para facilitar la superación de dichos obstáculos. Se evaluó su efectividad, confrontándolas con estrategias basadas en la resolución de problemáticas relacionadas con casos de resistencia, mimetismo y especiación propuestos en la bibliografía actual.

Para realizar este estudio comparativo se tomó una prueba en dos cursos de 3° de polimodal con orientación Ciencias Naturales para detectar concepciones previas anteriormente categorizadas. Se desarrollaron secuencias didácticas diferentes en cada curso, una enmarcada en un enfoque histórico y otra con problemáticas actuales. Al

finalizar se realizó un post test individual con situaciones equivalentes al pre test. Se analizaron las respuestas supuestamente “*lamarckianas*” y “*darwinianas*” en forma cuantitativa y cualitativa. Se realizó también, un seguimiento de las clases para evaluar el proceso de conceptualización y la construcción del discurso. Se tuvo en cuenta las pruebas escritas para identificar no sólo errores conceptuales, sino el nivel de complejidad de los conceptos logrados.

El marco teórico de este trabajo se dividió en una primera parte, con una fundamentación de los aspectos históricos y epistemológicos más destacados que influyen en la comprensión de la teoría evolutiva; y una segunda parte con los aspectos didácticos que se tuvieron en cuenta en el desarrollo de la investigación.

En el desarrollo de la metodología se definieron las categorías y se aclaró a qué se denominó “ideas lamarckianas” e ideas “darwinianas”. Los resultados se basaron en los análisis del pre test y post test, el seguimiento de las clases y las pruebas escritas.

Al final se incluyó un anexo con las secuencias didácticas, las actividades realizadas y los resúmenes de los trabajos derivados de esta tesis que fueron aprobados y presentados en distintos eventos académicos.

El alcance de esta tesis no solo pretende ser de corroboración de ideas previas erróneas sino que aporta la construcción de una innovación didáctica incluyendo prescripciones con propuestas de estrategias que ayuden a superarlas.

Objetivos Generales

- Indagar los fundamentos epistemológicos y didácticos para construir un marco teórico que sustente esta modalidad de enseñanza basada en un enfoque histórico integrado a un encuadre CTS.
- Construir una innovación didáctica basada en el enfoque de la enseñanza de los mecanismos evolutivos dentro de un encuadre histórico, como propuesta alternativa que ayude a superar los obstáculos de aprendizaje propios de estos contenidos. Someter a prueba dicha innovación en una unidad didáctica desarrollada en un curso de nivel secundario.
- Comparar la efectividad de dos enfoques diferentes en la enseñanza de los mecanismos evolutivos en la práctica pedagógica, uno de ellos basado en un encuadre histórico, partiendo de las problemáticas que se presentaron a lo largo de la historia que llevó a la construcción de las teorías implicadas en el estudio de los mecanismos evolutivos y el otro tradicional, de tipo descriptivo, basado en problemáticas actuales.

1. Fundamentos

1.1 Aspectos disciplinares epistemológicos



1.1.1 Hechos, teorías, representaciones, intereses, contextos.

Aunque Darwin presentaba como “mi teoría” al Origen de las Especies, (Mayr, 2005) en realidad, no era una sola, estaba compuesta por cinco teorías que podían tratarse de forma independiente. Esto explicaría, por qué algunos evolucionistas pudieron aceptar sólo algunas e integrarlas a otros sistemas, y descartar otras, buscando explicaciones alternativas.

Las cinco teorías identificadas por Mayr fueron: 1º, La evolución propiamente dicha. 2º, La ascendencia común. 3º, El gradualismo. 4º, La multiplicación de las especies (origen de la biodiversidad). **5º, última teoría en ser formulada, la más elaborada e innovadora, la Selección Natural.**¹

La quinta teoría de Darwin fue la más rechazada e incomprendida. Los evolucionistas tardaron más de medio siglo en ponerse de acuerdo en su aceptación como único mecanismo evolutivo.

Gould, rastreó evidencias de ideas similares a la selección natural anteriores a Darwin. En su libro “*La Sonrisa del Flamenco*” cuenta la historia de dos explicaciones “selectivas” escritas mucho antes de la publicación del *Origen*. En el capítulo veintidós: “*El hombro izquierdo de Ana West y el origen de la selección natural*” Gould dice que la originalidad absoluta no es más que una ilusión, todas las grandes ideas habían sido pensadas antes que los fundadores convencionales las proclamaran. “*Muchos, suponen que Darwin fue el autentico creador de su propia teoría particular acerca de cómo tiene lugar la evolución por medio de la selección natural, pero aún así el propio Darwin, anunció (algo tardíamente en el prefacio histórico añadido a posteriores ediciones del Origen de las Especies) que había sido precedido por dos autores en la formulación del principio de la selección natural. Argumentaba también, (...) que ninguna de estas participaciones reducían su derecho a la fama o su originalidad. No había ignorado a estos autores por mala voluntad, sino simplemente, porque jamás había oído hablar de ellos, a pesar de sus hábitos de lectura y correspondencia absolutamente omnívoro*”².

Uno de los predecesores fue un cultivador de frutas Patrick Matthew, quien publicó en 1831 su visión de la selección natural como apéndice de un trabajo sobre arboricultura y la utilización de madera en construcciones navales. La segunda anticipación que nombre Gould, era más antigua, y esta vez escrita por un médico, un científico, William Charles

¹ Mayr E. 2004. Por qué es única la Biología.

² Gould, S. J. 2004. La sonrisa del Flamenco. Ed. Crítica. Pag. 285.

Wells, en 1813. Ésta fue leída en la Royal Society de Londres, en ese momento la más prominente institución científica de Inglaterra. Quizá por su largo y raro título, su trabajo no trascendió. Se titulaba algo así como “*Informe de una mujer de raza blanca, con partes de su piel que se asemejan a la de un negro, con algunas observaciones entre las causas de las diferencias de color y forma entre las razas de hombre negra y blanca*”.³ No fue citado ni siquiera por el mismo Wells en publicaciones posteriores. Él invocaba la selección para explicar el éxito de los negros en los climas cálidos, también utilizaba como analogía la selección artificial. Suponiendo que la piel blanca era “*más limpia y primaria*” aún así la piel negra tenía ventajas en esos climas, por eso justificaba esas diferencias.

Este rastreo histórico de Gould puede ser interesante como antecedente de que ideas similares surgen frente a situaciones equivalentes. Pero no quita mérito a Darwin. **Él fue el primero en presentar la selección natural no solo como mecanismo de casos particulares como lo trataron esos autores, sino armar con ella una teoría explicativa y generalizable. (Gould, 2004)**⁴

La idea de la selección natural fue el aporte más original de Darwin. Para construirla necesito el aporte de los criadores y de algunos pensadores de su época.

El origen de la teoría

Darwin en 1837, comenzó a coleccionar antecedentes relacionados con las especies domésticas, hizo circular cuestionarios impresos entre los criadores y leía muchos libros y publicaciones, incluso series completas de informes de sociedades científicas.

*“Pronto me di cuenta que la selección era la clave del éxito que ha encontrado el hombre para razas útiles de animales y de plantas”*⁵

¿Cómo podría ser aplicada la selección a organismos vivientes en estado natural?” Él intuía que ese sería el mecanismo que provocaría el cambio a través del tiempo, del cual estaba convencido desde su viaje con el Beagle. Pero no se daba cuenta aún como operaba. Puesto que en la selección artificial era el hombre quien seleccionaba. Qué o quienes seleccionaban en la naturaleza. ¿Existía un agente seleccionador? No, ¿entonces cómo sucedía? Aún no lo sabía: *“Constituyó para mí un misterio durante algún tiempo”*.

Pero la lectura oportuna elucidó la cuestión:

*“En octubre de 1838, es decir 15 meses después de comenzada mi encuesta sistemática, alcancé a leer sólo por vía del entretenimiento el libro de Malthus sobre la Población”*⁶.

³ Gould, S. J. La Sonrisa del Flamenco. Pag. 286.

⁴ Gould, S. J. 2004. La Sonrisa del Flamenco.

⁵ Darwin, C. Memorias y Epistolario Íntimo. Editado en 1946 por editorial Elevación, Buenos Aires, Argentina. Pag. 81.

⁶ Darwin, C. Ob. cit.

Malthus le brindó la idea de la “lucha por la existencia”.

“estaba bien preparado, por haber observado prolongada y continuamente los hábitos de los animales y las plantas para apreciar la lucha por la existencia que se encuentra en todas partes; entonces se me ocurrió la idea de que en tales circunstancias, las variaciones favorables tenderían a ser preservadas, mientras otras menos felices, serían destruidas. El resultado de esto sería la formación de nuevas especies. Había por fin llegado a formular una hipótesis sobre la cual apoyar mi trabajo. Pero estaba tan deseoso de evitar todo preconceito, todo prejuicio, que decidí no escribir ni el más leve bosquejo. Recién en julio de 1842 me di por primera vez, la satisfacción de redactar un resumen sucinto de mi teoría, de 35 páginas escritas a lápiz. Durante el verano de 1844 ese resumen fue alargado hasta alcanzar 230 páginas”.

Stephen J. Gould (2002) denominó “*annus mirabilis*” a lo que en realidad fueron algo más de dos años, desde el regreso de su viaje con el Beagle hasta la lectura de Malthus. Según él, durante ese lapso, Darwin fue muy prolífico en formular hipótesis y explicaciones del mecanismo que promovía el cambio en las especies a través del tiempo. *“En su empeño por formular un mecanismo evolutivo durante su annus mirabilis... Darwin había abrazado, y rechazado en última instancia, una variedad de teorías contrapuestas que incluía la saltación, la variación inherentemente adaptativa y la senescencia intrínseca de las especies... Todas estas aproximaciones desechadas tienen en común el postulado de un impulso interno, basado bien en una variación a empujones (saltacionismo) bien en un cambio inherentemente direccional”*⁷.

Cómo cité anteriormente, Darwin se autoproclamaba empirista, siguiendo los preceptos de Bacon. Pero ¿realmente desarrolló de esa manera su teoría?

Para Gould, el método utilizado fue el de ensayo-error. A medida que iba leyendo y acumulando datos probaba y desechaba teorías. “El método de ensayo y error, paso a paso, se convierte en la metáfora central del Darwinismo”.

Gould (2002) establece que luego de haber establecido un dominio de verificabilidad, Darwin comenzó a acumular datos y delineó su metodología histórica (nunca de manera explícita, desde luego, pero con tal fuerza acumulativa a base de ejemplos que el libro entero se convierte en **“una larga argumentación”** sobre la tratabilidad de su nueva ciencia.

Darwin vio la necesidad de desarrollar varios métodos de inferencia histórica, cada uno a la medida de la naturaleza y calidad de la evidencia disponible.

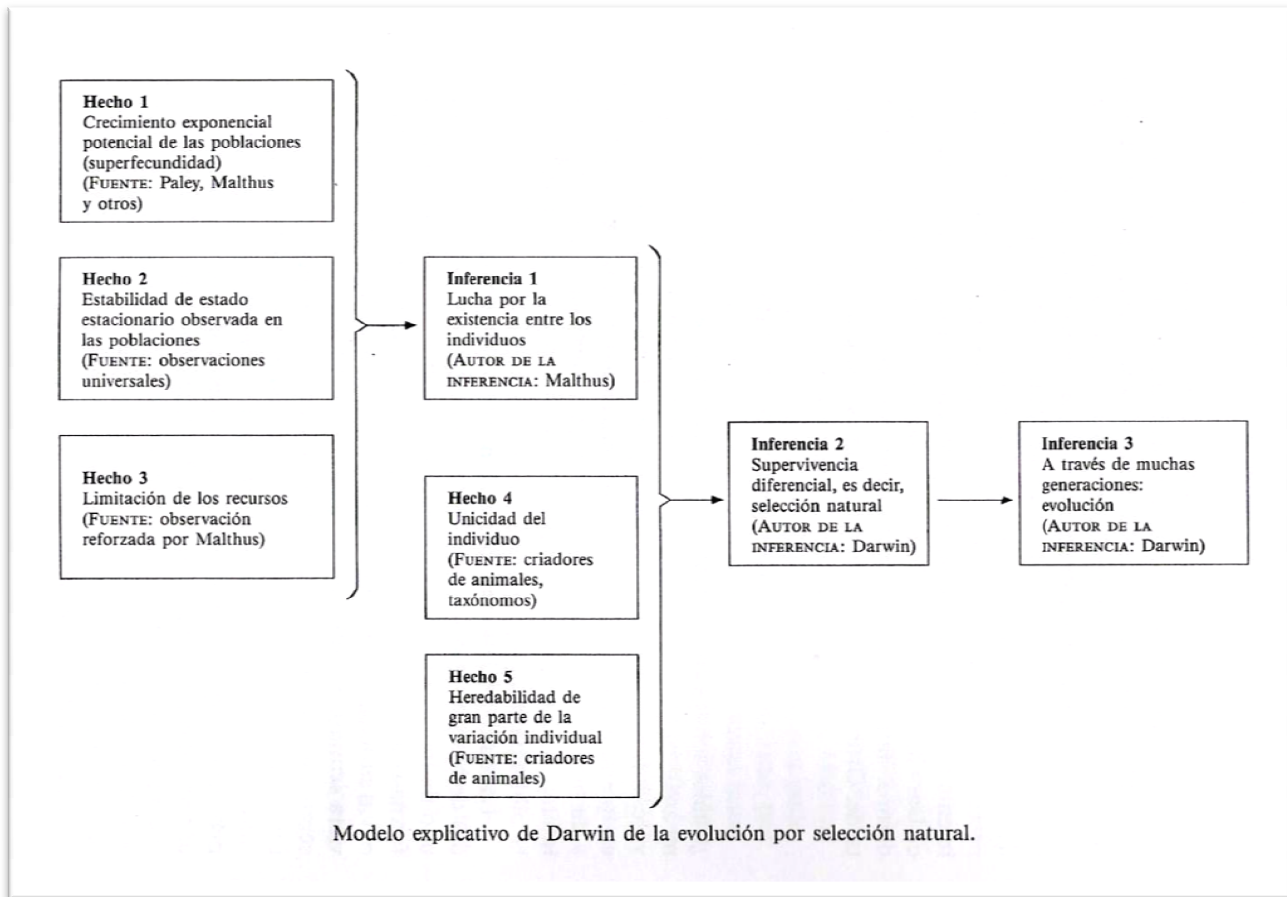
⁷ Gould S. J. La Estructura de la Teoría de la Evolución, 2002.

Darwin al proponer la teoría de la selección se basó en observaciones empíricas (actualmente las dividiríamos en ecológicas y genéticas) sobre el potencial reproductivo y la existencia de la variabilidad. Y estableció inferencias sobre la correlación de ciertas características biológicas de los individuos y sus probabilidades de sobrevivir y dejar descendencia sin intervención del azar. Y que dichos resultados de ese proceso selectivo se acumulan con el tiempo produciendo el cambio evolutivo. Por un lado y la adaptación de los organismos al medio por el otro.

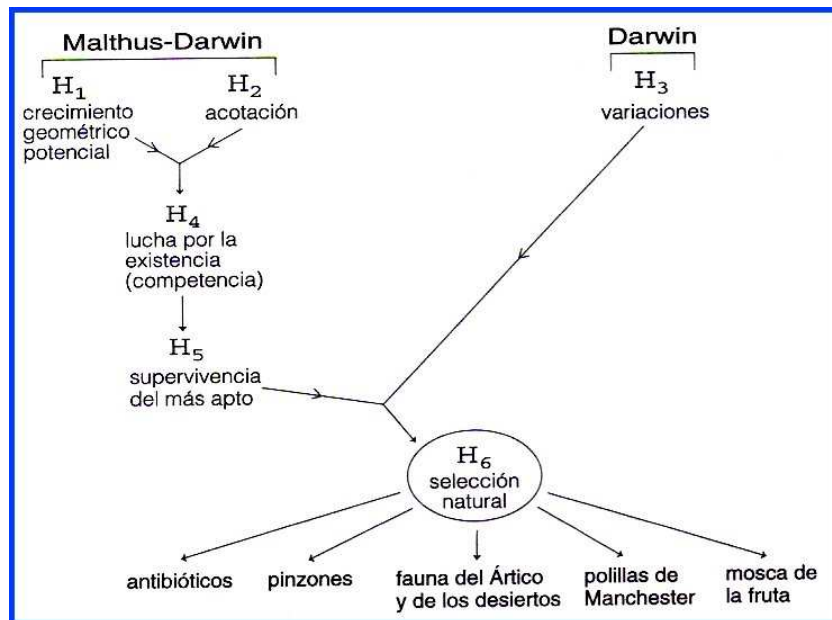
Autores como Julian Huxley, luego retomado por Ernst Mayr y el filósofo Klimovsky propusieron un modelo hipotético deductivo para la construcción de la teoría darwiniana. Estos dos últimos autores reflejaron ese modelo en distintos esquemas (figura 1).

En ambos modelos de razonamiento lógico se asocian hipótesis e inferencias para ser aplicados a diferentes hechos particulares.

Considero que ninguna de las dos representaciones refleja el razonamiento darwiniano, reducirlo a un modelo simple como los presentados limita su complejidad. Es difícil de encasillar en un modelo de pensamiento actual. Darwin ni fue baconiano como él se atribuía, tampoco fue totalmente hipotético deductivo su pensamiento pero sí incluyó la explicación histórica e introdujo una forma de argumentación en las ciencias que no era común en su época.



Cuadro explicativo presentado por Mayr⁸



Esquema del método hipotético deductivo en versión simple presentado por Klimovsky⁹.

Figura 1: Modelos hipotéticos deductivos

⁸ 1991. En el libro: Una Larga controversia. Darwin y el Darwinismo.

⁹ Klimovsky, Gregorio. 1999. Las Desventuras del Conocimiento Científico.

La importancia del contexto socioeconómico

Frecuentemente, en los libros de texto, cuando se desarrolla la historia de la Biología, se realiza un relato lineal, progresivo. Partiendo desde el presente, se buscan los indicios, las insinuaciones de las ideas del pasado que conectarían de alguna manera con las teorías aceptadas en la actualidad, interpretando los hechos científicos del pasado con los fundamentos teóricos y prejuicios del presente, despojándolo de todo el contexto histórico, cultural y social. Esta visión “whig”¹⁰ de la historia se corresponde con la concepción heredada de la ciencia de orientación positivista, para la cual, la ciencia es un saber autónomo y aséptico que se produce por acumulación de conocimientos. Esta concepción no puede sustentarse si se investiga el quehacer científico en relación con su época, en el contexto sociopolítico, en forma conjunta con los acontecimientos que lo traspasan y le dan razón de ser. Es posible que los objetivos y fundamentos que se perseguían entonces, sean muy diferentes de los que la interpretación retrospectiva y presentista pretende asignarles.

La producción científica de un período histórico determinado es muy probable que respondiera a intereses muy distintos de los actuales porque existían modelos sociopolíticos diferentes.

“...dicha opción hace difícil poder considerar el desarrollo científico como un proceso de acumulación.”¹¹

La historia de la Biología puede ejemplificarse con el surgimiento y afianzamiento del paradigma evolutivo. Y es éste el concepto eje de esta ciencia. "Nada en la biología tiene sentido, si no se considera a la luz de la evolución". (Dobzhansky, 1973).

El desarrollo de la teoría evolutiva, su sostenimiento y su aplicación pueden considerarse en correspondencia con el contexto que posibilitó su desarrollo, explicando su origen no sólo como la obra personal de Darwin y la posterior acumulación de conocimientos y pruebas que aportaron sus seguidores hasta concretar la Teoría Sintética en la cual asienta el conocimiento biológico actual, sustento de los últimos procesos biotecnológicos, sino como un proceso dinámico de interacción entre hechos e ideas inscriptas en un sistema más amplio donde decisiones político-económicas muchas veces intervinieron para que la historia tomara ese camino y no otro.

La fundamentación de este enfoque excede el tratamiento y los objetivos de esta tesis, pero trataré de presentar mi opinión puntualizando algunos hitos más ilustrativos.

¹⁰ Este concepto se desarrollará más adelante.

¹¹ T. S. Kuhn, La Estructura de las Revoluciones Científicas, Ed. Fondo de cultura Económica, México, 1983, pag. 23.

El origen del Darwinismo en la Inglaterra Colonialista

Los acontecimientos político-económicos influyen sobre el quehacer científico, lo cual tal vez es más evidente en la historia de la tecnología, pero muchas ideas revolucionarias en el ámbito de la ciencia no hubiesen germinado si el transcurso de la historia político – económica no hubiese suministrado el contexto adecuado.

Si a principios del siglo XIX, Inglaterra no hubiese tenido la política de expansión y colonialismo económico que poseía, el famoso viaje del Beagle no hubiese tenido razón de ser, puesto que detrás de la fachada de viaje “de estudio y reconocimiento de costas” se ocultaban los auténticos objetivos político-económicos. Luego de su viaje, esta condición le permitió a Darwin desarrollar sus estudios para probar su teoría: “...*la potencia colonial y marítima de Inglaterra le permite tener correspondientes lejanos y hacer encuestas circulares por el mundo como no hubiese podido hacerlo en el siglo anterior...*”¹²

En el momento en que Darwin se debatía entre publicar o no su obra sobre el origen de las especies, había un caldo de cultivo propicio para este tipo de ideas. Si no hubiese publicado, seguramente otros lo hubieran hecho. Él mismo debe hacerlo a sugerencia de sus amigos, antes de que Alfred R. Wallace se le adelantara. Si bien Darwin fue el que escribió, recopiló las pruebas y llevó adelante sus estudios, su obra no hubiese sido posible sin el aporte de muchos miembros de la comunidad científica de esa época con los cuales intercambiaba ideas y ponía en consideración sus conclusiones. Si esa comunidad no hubiera alentado la producción de la teoría, es probable que no surgiera como obra de un solo hombre aislado.

En esa época, la industrialización crecía en Inglaterra en forma explosiva, lo que trajo consigo (entre muchos fenómenos sociales) la explosión de las poblaciones urbanas, la aglomeración en barrios miserables y la insuficiencia de los alimentos. Esto llevó a Malthus a predecir una catástrofe que aunque no ocurrió (porque llegó una revolución agraria que solucionó el problema de la producción de los alimentos), sirvió para sostener su hipótesis sobre la lucha por la subsistencia. Darwin leyó el libro de Malthus un día sábado, para distraerse y allí encontró la explicación que estaba buscando y que venía intuyendo desde las reflexiones posteriores al viaje y la observación de los criadores que seleccionaban algunos ejemplares para formar nuevas razas de animales domésticos.

Herbert Spencer acuñó la frase “*supervivencia del más apto*”, popularizando la idea de que evolución no es más que una lucha sanguinaria en la que el más fuerte es el que sobrevive. La hipótesis caía como anillo al dedo en el ámbito económico: la explotación del hombre por el hombre es natural y, por lo tanto, moralmente aceptable: base del capitalismo.

¹² Marcel Prenant. Darwin. Ediciones Pueblos Unidos. Uruguay, 1947, pag. 48.

Esta interpretación sociológica de la teoría biológica le sirve de maravillas a Inglaterra para justificar su superioridad colonizadora. También William Graham Sumner adaptó la teoría biológica para explicar la injusta realidad social del siglo XIX.

En las primeras ediciones, Darwin no explicaba la selección natural con la frase la “supervivencia del más apto”; ésta recién la introduce en la sexta edición y la toma de Spencer.

A partir de allí se generó toda una corriente sociológica que se ha dado en llamar “darwinismo social” que resultó de la extrapolación de una teoría biológica a la interpretación de otra realidad, justificada por intereses político-económicos.

Siglo XX: Hacia la unificación, la consolidación del paradigma

Durante el apogeo del positivismo la Biología, como las demás ciencias naturales, se concebía como una ciencia inagotable, mediante cuyo estudio se lograría un paso adelante hacia los más ocultos secretos de la vida. Además, imperaba el optimismo, puesto que la mayoría de los avances en el terreno biológico fueron aplicados a la medicina y se tenía la impresión de que se estaban ganando todas las batallas, que se tenían las armas para vencer todos los males del mundo, gracias a los antibióticos, las tecnologías de diagnóstico, la tecnificación agraria, los plaguicidas y la mejora de la producción de alimentos.

En este entorno de convicción y esperanza se orientaron las investigaciones de genética. Se realizaron estudios a nivel cromosómico y se redujo la genética mendeliana a la genética molecular, interpretando las investigaciones de Mendel desde el conocimiento actual. Estos estudios fueron “redescubiertos” a principios del siglo XX por el holandés Hugo De Vries, el alemán Carl Correns y el austriaco Erich Von Tschermak. De su reinterpretación surgieron lo que hoy conocemos como las tres “leyes de Mendel”.

En 1910, Morgan comienza a vincular estos trabajos con los desarrollos en citología dando forma a lo que hoy conocemos como genética clásica o teoría cromosómica de la herencia. Estas leyes fueron aplicadas en los incipientes estudios de genética molecular y en el campo de la genética de poblaciones, que fue a auxiliar a la teoría evolutiva aportando pruebas sobre la selección natural.

En cualquier libro de texto podemos seguir la historia de la genética discurriendo en forma continua y lineal desde su supuesto origen con Mendel, pasando por la obra de sus redescubridores, por los trabajos de Bateson en Inglaterra, por la escuela de Morgan hasta llegar al descubrimiento del ADN y toda su significación, sin tener en cuenta que el significado de las teorías por ellos desarrollados y los conceptos utilizados y los sistemas conceptuales y los contextos a partir de los cuales esos conceptos toman significado, no eran constantes, no tenían las mismas finalidades.

Por ejemplo, De Vries quería demostrar por medio de las leyes de Mendel su teoría sobre las macromutaciones y el carácter saltacionista del proceso evolutivo. William Bateson que también se preocupaba por los mecanismos evolutivos, es el que introduce el término genética.

En 1908 se formula la ley de Hardy-Weinberg que relaciona las frecuencias génicas con las genotípicas en poblaciones panmícticas. Entre 1918 y 1932 la larga polémica entre biométricos y mendelianos se zanja finalmente: Ronald Fisher, Sewal Wright y J. B. S. Haldane llevaron a cabo la síntesis del darwinismo, el mendelismo y la biometría y fundan la teoría de la Genética de poblaciones.

Así, durante el periodo de 1937-1950, surge la Teoría Sintética de la Evolución, de la unión de los darwinistas con los genetistas, más el aporte de las evidencias paleontológicas.

El aporte de la genética de poblaciones cambió la concepción evolucionista moderna, en la que la población desempeña un papel de crucial importancia. Si bien la selección actúa en la adecuación de un individuo, la constante variabilidad genética, y por lo tanto fenotípica, de los individuos se genera solamente en el seno de la población. El interés de los biólogos evolucionistas se ha centrado consecuentemente en el nivel organizativo de las poblaciones, particularmente en la población concebida como el conjunto de individuos con los que otro puede estar genéticamente relacionado a lo largo de su vida.

Genetistas y naturalistas hicieron contribuciones medulares al desarrollo de la teoría que en las décadas de los treinta y los cuarenta llegó a conocerse como la "síntesis moderna del darwinismo". La paleontología tendió un puente hacia la genética de poblaciones, demostrando que aquella se conformaba al marco estructural teórico de ésta, con lo que se completó una visión global y unificadora del pensamiento evolucionista.

Hasta la década de los sesenta, esta síntesis del pensamiento evolutivo era el paradigma unificador de la ciencia de la biología. Pero en el desarrollo de esa misma ciencia nuevos descubrimientos fueron cuestionando algunos puntos, que sin ser claves fueron importantes a la hora de seguir manteniendo la posición incuestionada y coherente que la teoría poseía. Por un lado, desde la biología molecular, una buena parte de la evolución del ADN no tiene relación aparente con aspectos adaptativos del organismo y es, en consecuencia, independiente de los procesos de selección natural. Los productos de los genes, las proteínas estructurales, presentan niveles muy altos de diversidad y variabilidad, incluso dentro de una misma especie.

Las consecuencias de los avances científicos se reflejan en la tecnología y retroalimentan a la ciencia. En la posguerra se fomenta la investigación a nivel molecular y se persigue

descifrar la estructura del código fundamental de la herencia. Por otro lado, en oposición a los científicos occidentales, en la Unión Soviética se avala política y económicamente al neolamarckismo de Lysenko (un ejemplo clásico de la influencia de las ideas políticas y la intolerancia en la ciencia). Durante más de treinta años, en tiempos del gobierno de Stalin, se intentó imponer la herencia de caracteres adquiridos tratando de aclimatar el trigo en la helada Siberia y haciendo perseguir y desterrando a cuanto científico darwinista existiese y a todo el que refutase su hipótesis, provocando con ello no sólo un retraso en la ciencia y la biotecnología soviéticas sino además una cruenta tragedia donde desaparecieron muchos científicos.

Dilemas de fines de siglo

Hasta fines de los años sesenta, el paradigma de la teoría de la síntesis evolutiva fue el motor impulsante de todos los estudios, tanto a nivel micro como macro en el ámbito de la biología, pero a partir de la década del setenta, en ambos extremos surgieron disidentes. Por un lado los especialistas en evolución molecular, los neutralistas, volcaron el punto de vista de la selección natural hacia los genes y por el otro, los puntualistas atacaron el gradualismo lineal de la teoría sintética y pusieron el punto de partida de la selección en las poblaciones.

En 1972, dos jóvenes paleontólogos norteamericanos, Niles Eldredge, del Museo Americano de Historia Natural y Stephen Jay Gould, de la Universidad de Harvard, aventuraron la hipótesis de que tal vez el registro fósil no era, después de todo, imperfecto. Tanto Eldredge como Gould tenían experiencia en geología y en paleontología de los invertebrados, y ambos estaban impresionados por el hecho de que había muy poca evidencia de cambio filético en las especies fósiles que estudiaban. Típicamente, una especie aparecía abruptamente en los estratos fosilíferos, duraba entre 5 y 10 millones de años y desaparecía, aparentemente sin ser muy diferente de cuando había aparecido. Otra especie relacionada, pero notablemente distinta -"completamente formada"-, ocupaba su lugar, persistía con poco cambio y desaparecía de una manera igualmente abrupta. "Supongamos", argumentaban Eldredge y Gould, "que estos largos períodos sin cambio o estasis, interrumpidos por cambios casi instantáneos asociados al origen de nuevas especies, no sean imperfecciones del registro, sino que sean el registro, la evidencia de lo que realmente sucede" (Eldredge, Gould, 1972).

La teoría darwiniana clásica consideraba a la evolución como un proceso gradual, de cambios que se van dando paso a paso con el transcurrir del tiempo, pero ya en su época, discípulos de Darwin discutieron esa afirmación. Su más ferviente defensor: Tomas Henry Huxley, justo el día antes de que el libro de Darwin apareciese en las librerías(a decir de

Gould), el 23 de noviembre de 1859, le envió una carta en la que le decía: "Estoy dispuesto a ir a la pira, si es necesario... estoy afilándome las garras y el pico como preparativo". Pero también contenía un aviso: "Se ha echado sobre los hombros una dificultad innecesaria al adoptar el "*Natura non facit saltum*" tan sin reservas". Esa frase latina, atribuida a Linneo, mantiene que la naturaleza no da saltos. Darwin era un estricto seguidor de este lema, a pesar de que el registro fósil de la época no ofrecía apoyo alguno al cambio gradual. Darwin argumentaba que el registro fósil era imperfecto e incompleto: vemos los cambios abruptos porque nos faltan los pasos intermedios, esta argumentación no era lo suficientemente fuerte contra las objeciones que les imponían los creacionistas. Luego, parte del registro fósil le daría la razón a Darwin, los evolucionistas sintéticos esgrimen como ejemplo la evolución del caballo totalmente acreditada por cambios graduales, pero la discusión no termina allí, hay demasiados huecos en otros linajes que no se explican de la misma manera que con el caballo.

"Los otros evolucionistas contemporáneos a Darwin estaban tan impresionados por las discontinuidades entre los géneros y por las discontinuidades aún mayores entre los taxones de mayor rango, que sintieron que no podían prescindir de los saltos bruscos. T. H. Huxley representó típicamente esta manera de pensar: el "saltacionismo" (Gould, 1983).

Gould sostiene que se debe abandonar el gradualismo como principio indiscutido, no así al darwinismo, es decir retoma a Huxley, acepta a Darwin, pero objeta tener que aferrarse al antiguo lema ("la naturaleza no da saltos").

La evolución es una teoría sobre el cambio a través del tiempo ("origen con modificación", en palabras de Darwin). Con todo, y en aquellos casos en que los fósiles fueron muy abundantes a lo largo de intervalos sustanciales de tiempo, las especies bien representadas suelen mantenerse estables durante todo el período en el que están presentes, o bien sufren alteraciones tan mínimas o superficiales que la extrapolación de los cambios observados a intervalos mayores de tiempo geológico no podría, en modo alguno, engendrar los cambios de gran magnitud que caracterizan líneas generales de la evolución en los grupos mayores.

La Ciencia de La Biología está en continua construcción, la teoría evolutiva es el eje unificador de la biología moderna, y dicha teoría no es para nada una estructura estable, dentro de ella se gestan modelos, algunos compatibles, otros irreconciliables, pero que contribuyen tal vez a su crecimiento más que a su crisis.

Llegamos a un punto en que en la Biología ha estallado una nueva revolución al acceder al código genético. En la actualidad, el descifrado del genoma humano y la ingeniería genética han determinado una nueva manera de interpretar la humanidad y la posición del hombre en la escala zoológica, ya queda comprobado que no existen las razas y el hombre

tiene el poder de alterar sus genes, pero no todos los países o sectores sociales acceden a ese poder.

Las interrelaciones entre la biotecnología y la sociedad demuestran una vez más qué estrecha es la relación entre ciencia, tecnología y sociedad en cuanto a su orientación, sostenimiento y repercusión. Las investigaciones se orientan según sean subvencionadas por tal o cual empresa; los poderes económicos se disputan la información aportada por los descubrimientos en los laboratorios, esa información se monopoliza, se patentada y se utilizan los resultados científicos para generar mayor poder y dominio. También han surgido nuevos dilemas éticos que varían según concepciones morales y religiosas de un país a otro. Los organismos transgénicos, la clonación, la utilización de embriones humanos para estudios o tratamiento de enfermedades, van más allá del campo de lo biológico y deben ser tratados en tribunales y congresos legislativos. Las posturas sociopolíticas y culturales de los distintos estados se dividen ante estos planteos. En la era de la globalización, parece que el destino de la Biología también está signado por las empresas multinacionales.

1.1.2. ¿Tan difícil es pensar como Darwin?

La primera de las teorías darwinianas en ser aceptada fue la evolución en sí misma, es decir el cambio a través del tiempo. Pero, en cuanto a las especies se mantuvo en el sentido común la idea de una transformación lineal.

Los medios de comunicación masivos mediante publicidades, series, películas e historietas nos siguen invadiendo con una representación lineal y progresiva del cambio evolutivo. Esto refuerza el modelo sostenido por el sentido común y la percepción intuitiva.

Existen concepciones de la evolución lineal muy arraigadas en el imaginario colectivo, como la del origen del hombre a partir de los primates que se van levantando progresivamente hasta lograr el bipedismo y la forma humana actual.

Estas imágenes extraídas de Internet utilizan esa idea:

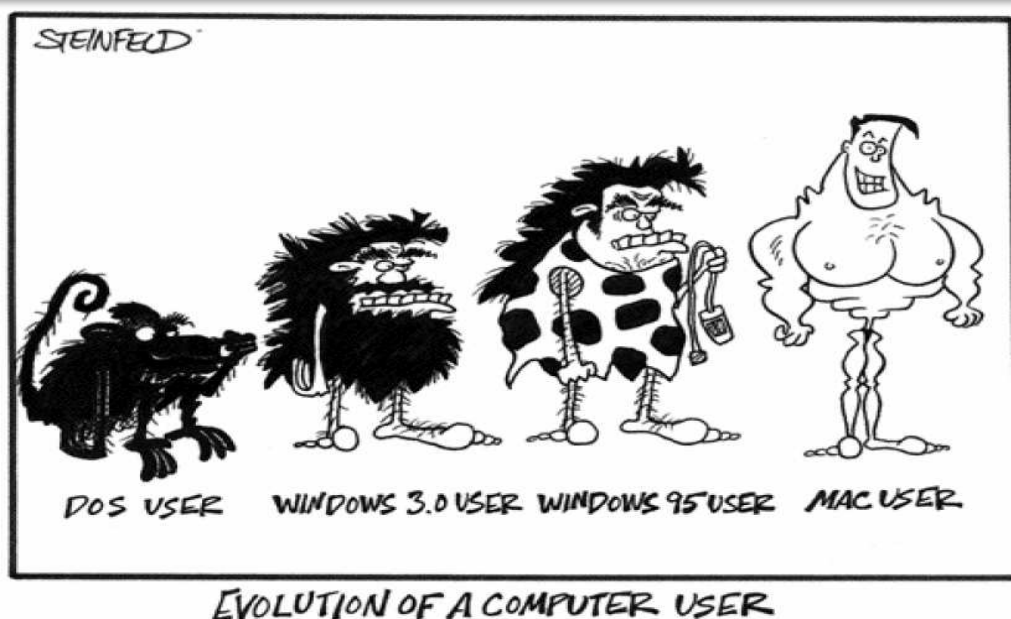
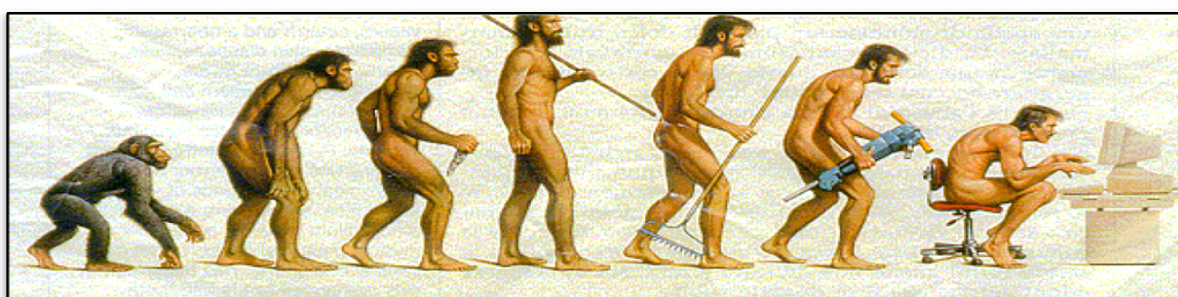


Figura 2: Imágenes extraídas de Internet donde se refleja la interpretación lineal y progresiva de la evolución humana.

Esa evolución lineal, también se aplica al desarrollo de un individuo. El significado del término evolución es distinto en el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico.

Imagen que utiliza otro significado del término evolución:



Figura 3: Imagen extraída de internet donde se utiliza el término evolución como explicación del cambio lineal a través del tiempo en el dibujo animado de Homero Simpsons.

La confusión entre el término evolución y desarrollo individual también posee una raíz histórica.

La palabra evolución no fue usada por Darwin, en la época anterior a la suya estaba asociada al desarrollo embrionario, fue Spencer el que la usó para referirse a la formación de especies. La frase “Teoría de la Evolución” fue acuñada recién en el siglo XX.

El término “evolución” casi no aparece y sólo lo hace de manera no significativa en Lamarck (él habla de “transformismo”), ni en Darwin, que utiliza la frase “descendencia con modificación”. Porque el significado tradicional de la palabra no convenía en absoluto a sus nuevas ideas. Tradicionalmente “evolución” designaba un proceso de desarrollo programado y finalizado: el conjunto de etapas por las que un ser debía pasar para alcanzar su forma adulta y perfecta. La evolución se concebía como el paso progresivo de una forma potencial (pre-forma), en germen, a una forma plenamente terminada y actual.

Spencer convirtió luego el término evolución en una palabra dominante en su gran sistema filosófico, aunque el uso de Spencer fue ambiguo y poco darwiniano. Spencer siguió siendo finalista y su idea del evolucionismo estaba asociada al progreso regido por leyes preestablecidas. Esta idea impregnó la biología hasta la actualidad.

La teoría que mayor confusiones presentó fue la selección natural. Durante su vida, Darwin fracasó a la hora de convencer a los naturalistas contemporáneos de que la selección natural era el principal mecanismo de la evolución. Esto sucedía pese a que el hecho evolutivo era aceptado sin objeciones y el Origen de las Especies se agotaba edición tras edición. La evolución en sí era aceptada aunque se apoyaba claramente en la selección natural. La gente encontró más fácil aceptar la evolución cuando se vio que Darwin había descubierto una

causa natural en la que nadie había pensado anteriormente. Sin embargo, la mayoría de los naturalistas dudaban que la selección natural hiciera todo lo que Darwin proponía. Su fiel amigo Huxley ilustra muy bien el pensamiento de los naturalistas que rodeaban a Darwin. Él lo respetaba y aceptaba su teoría de la evolución de las especies, la del antecesor común, pero no estaba convencido totalmente en cuanto a la selección natural. Y objetaba el gradualismo. Pensaba que Darwin se había “agobiado” con una dificultad innecesaria al insistir en que la selección natural trabajaba siempre en forma lenta y gradual. En opinión de Huxley la evolución bien podría proceder a saltos que ocurran de vez en cuando. Darwin sospechaba que Huxley malinterpretaba la teoría de la selección natural, creía que no tenía una *idea exacta de la selección natural*. Parte de la dificultad de los naturalistas en comprender y aceptar la selección natural, estaba dada en que no había pruebas directas, no existían experiencias para comprobarla. Las evidencias eran indirectas, se basaban en la clara eficiencia de la selección artificial en los animales domésticos y los cultivos y en los argumentos de la lucha por la existencia apoyados en los datos históricos. Para muchos naturalistas no alcanzaba sólo la selección para provocar el cambio evolutivo.

Así, se empezaron a buscar mecanismos alternativos y evidencias para demostrar el saltacionismo.

Cuando Bates estudió casos de mimetismo estuvo cerca de comprobar la selección natural operando en la naturaleza. Bates dedujo que el mimetismo era una adaptación en la que el mimético al ser confundido con la otra especie venenosa, ganaba protección frente a los depredadores (Young, 1998). Él se preguntaba ¿qué proceso podría haber originado ese mimetismo? Y no se había producido por un salto porque identificaba diferentes grados de precisión mimética. Para él no había otra explicación más que la selección natural. Siendo los agentes selectivos los depredadores que destruían a los organismos que no eran lo suficientemente parecidos a la especie peligrosa. Darwin se sintió satisfecho por estas explicaciones. Wallace luego aportó nuevas evidencias.

Aún así, la selección no era aceptada como único mecanismo, ni siquiera pudo convencer a su amigo Lyell. Que si bien había abandonado en parte su pensamiento fijista, pensaba en la intervención de una fuerza adicional para el cambio en las especies.

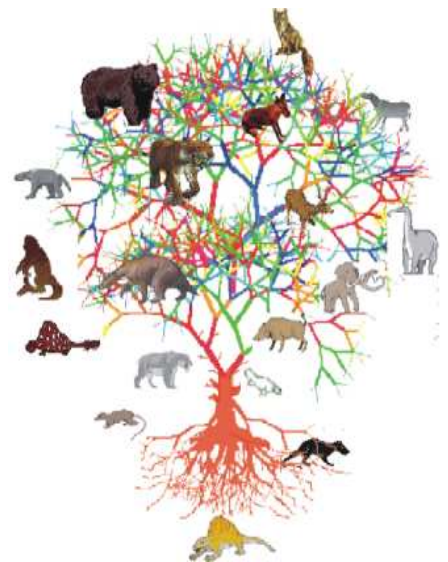
La mayoría de los contemporáneos de Darwin no aceptaban el papel de la selección natural porque no aceptaban el punto de vista de Darwin sobre la variación. Estas variaciones, para Darwin ocurren en todas direcciones por igual sin preferencia por una dirección útil. Que indicaba que la selección natural actúa a través de numerosas sucesivas y ligeras variaciones favorables. Y las variaciones no son ni favorables ni desfavorables en sí mismas. Simplemente ocurren, y su cualidad favorable o desfavorable sólo se revela en la lucha por la

supervivencia. La idea de Darwin era que las variaciones son pequeñas, abundantes, y sin dirección. En consecuencia, la única vía para que evolucione alguna estructura o especie, es la lenta acumulación adaptativa de variaciones que generación tras generación, por casualidad aparece en esa dirección.

El eje de la cuestión estaba puesto en la materia prima de la selección: las variaciones. Algunos no aceptaban la intervención del azar y pretendían variaciones direccionales y deterministas con un impulso o fuerza interna. Otros, invocaban el papel definitorio del ambiente y macromutaciones que provocaran saltos adaptativos.

Cuando se comienzan los estudios sobre la herencia para buscar el origen de las variaciones, las cosas se complican aún más para la selección natural, en lugar de aportarle la base genética que a Darwin le faltaba.

Recién se van a aclarar las cosas bien entrado el siglo XX con la síntesis moderna.



1.1.3. Del eslabón perdido al árbol filogenético

La idea del antecesor común no fue original en Darwin si pensamos que había leído a Buffon con sus hipótesis pseudotransformistas y su ejemplo del caballo como especie original y sus descendientes “degenerados” como los burros, las cebras que por aclimatación se transformaron de la forma original; también pudo haber tomado en consideración la idea de los arquetipos de Owen, el reconocido paleontólogo que identificó a los especímenes fósiles traídos en su viaje. Owen fue quien le hizo notar el parecido estructural entre los gliptodontes y los armadillos actuales los cuales él creía pertenecían a un arquetipo estructural común. Esta idea, aún fijista, fue fundamental para la teoría darwiniana del ancestro común.

En la evolución darwiniana la especie antecesora no se transforma en otra y desaparece como creían los que adoptaban el transformismo de Saint Hilaire, o de Lamarck y hasta el del abuelo de Darwin, Erasmus. La nueva especie deriva de otra anterior, la otra puede seguir existiendo, dar lugar a otras especies o extinguirse. El camino evolutivo ya no va a ser lineal. No es una sucesión encadenada de especies en una única cadena. Por eso que una cadena no es la mejor representación para este tipo de evolución. Entonces buscar “el eslabón perdido” confunde, porque se intuye una larga y única cadena con todos los antecesores enganchados, unos detrás de otros, hasta la especie actual.

La figura que representa la evolución darwiniana de las especies es un árbol, y por eso se llama historia filogenética de las especies. Una filogenia es una sucesión de formas orgánicas emparentadas secuencialmente por relaciones reproductivas. Y los cambios experimentados a lo largo de la filogenia constituyen el cambio filogenético o cambio evolutivo (Maturana, 1990).

La metáfora del árbol está presente en diversos contextos culturales a lo largo de la historia y está asociado a la vida, la ciencia o al bien y el mal (en la Biblia). A partir del siglo XV la imagen del árbol fue tomada para realizar jerarquías sociales y genealogías (Morrone, 2000).

El árbol genealógico brindó la metáfora para representar la “genealogía” de los seres vivos.



Figura 4: Árbol construido por Haeckel, 1886

La representación del árbol filogenético se basa en la teoría del antecesor común. Según Mayr (2006) ascendencia común y ramificación, evolutivamente hablando, es lo mismo. La ascendencia común refleja una perspectiva hacia atrás y la ramificación hacia adelante. Darwin fue el primero en sugerir la imagen del árbol genealógico para representarla. Haeckel en 1886 creó el concepto de filogenia para definir esa historia y publicó el primer árbol genealógico con significado evolutivo. A partir de Haeckel y por casi un siglo hubo numerosos intentos, fallidos o incompletos, para formular un método de reconstrucción de la filogenia y su representación gráfica como un árbol genealógico. Recién en 1950 el entomólogo alemán Willi Hennig, presentó las bases de un método al que denominó sistemática filogenética o cladismo¹³, que actualmente se ha convertido en el enfoque más aceptado para reconstruir la historia de la vida. Los términos filogénesis y *filum* fueron acuñados también por Haeckel. En 1866 definió la filogénesis y su adjetivo filogenético del siguiente modo: "*Phylogenetic pertains to evolutionary history*" ("la Filogenética pertenece a la historia evolutiva"). Esta definición es demasiado vaga, Ax (1987) sin embargo, combina el significado del término: "*Filogénesis es el proceso del origen de comunidades próximas en la Naturaleza por la bifurcación de una especie troncal común respectivamente a cada una de las comunidades individuales*". La filogénesis hace referencia a un proceso particular, mientras que la filogenia es la ciencia que estudia los procesos y sus resultados (Ax, 1987). Otros autores enfatizan la bifurcación como el eje central de la filogenia. Por ejemplo, O'Hara (1988) utiliza la siguiente definición: *Filogenia es la crónica evolutiva: la secuencia ramificada del cambio de caracteres en los organismos a través del tiempo*.

De acuerdo con estas ideas, el objetivo de la investigación filogenética es descubrir los productos de la filogénesis y su ordenación o relación en la secuencia de especiación a través del tiempo, esto es llamado Sistemática Filogenética y el resultado de ello es un Sistema Filogenético. La filogenia se encarga mayoritariamente del estudio de la cladogénesis, o sea el proceso de origen de nuevos linajes (ramas) como resultado de la bifurcación de las especies (Ax, 1987). La cladogénesis puede ser considerada como sinónimo de filogénesis. Cuando una especie se bifurca dando como resultado dos especies terminales, se produce un proceso de cladogénesis. La cladogénesis suele ser dicotómica (de una especie salen dos ramas), aunque en ocasiones puede ser politómica (dar más de dos ramas).

¹³ Ciencia Hoy, "Cladismo y diversidad biológica", 21: 26-34, 1992.

Figura 5: Boceto del árbol de Darwin, 1838.

Si bien todos los científicos aceptaron la idea del ancestro común, mucho antes de aceptar a la selección natural como mecanismo impulsor de la evolución, la metáfora de la escalera ha venido controlando la mayor parte del pensamiento humano acerca de la evolución del hombre (Gould, 1983). “Nos hemos dedicado a buscar una única secuencia progresiva que enlazara algún antecesor simiesco con el hombre moderno por medio de una transformación gradual y continua. El “eslabón perdido” bien podría haber sido llamado el “escalón perdido”¹⁴.

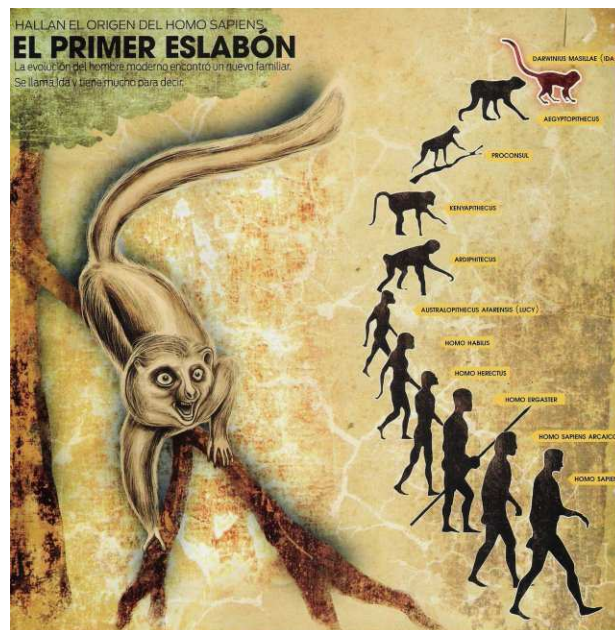
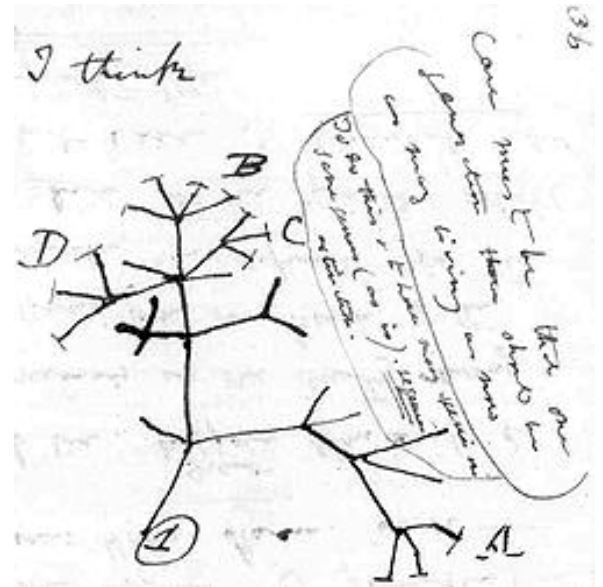


Figura 6: Revista de divulgación “Muy Interesante” Julio, 2009.

(La idea de la evolución lineal aún perdura en los medios de comunicación masivos).

¹⁴ Gould en su libro: “Desde Darwin”, pag. 39. 1983.

1.1.4. Metáforas y analogías

El empleo de la metáfora como estrategia de explicación y comprensión era muy común en el momento histórico en que vivió Darwin.

Darwin aclaró que utilizaba la lucha por la existencia como una metáfora. Es decir que no se refería únicamente a los enfrentamientos directos y violentos como aquellos en que los depredadores, en época de hambre, luchan entre sí para disputarse los alimentos necesarios para su subsistencia, sino que se refería a todas las situaciones en que los seres vivos han de hacer frente a dificultades que amenacen su subsistencia.

“De dos animales carnívoros, en tiempo de escasez y de hambre, puede decirse verdaderamente que luchan entre sí por conseguir alimento y vivir. Pero de una planta en el límite de un desierto se dice que lucha por la vida contra la sequedad, aunque fuera más propio decir que depende de la humedad. De una planta que produce anualmente un millar de semillas, de las que, por término medio, sólo una llega a la madurez, puede decirse con más exactitud que lucha con las plantas de la misma clase y de otras que ya cubren el suelo. El muérdago depende del manzano y de algunos otros árboles; más sólo en un sentido muy amplio/ puede decirse que lucha con estos árboles, pues si creciesen demasiados parásitos en el mismo árbol, éste se extenúa y muere; pero de varias plantitas de muérdago que crecen muy juntas en la misma rama, puede decirse con más exactitud que luchan entre sí. Como el muérdago se disemina por los pájaros, su existencia depende de éstos, y puede decirse metafóricamente que lucha con otras plantas frutales, tentando a los pájaros a devorar y así diseminar sus semillas. En estos diversos sentidos, que se relacionan entre sí, empleo por razón de conveniencia la expresión general de "lucha por la existencia.”¹⁵

En ese marco ecológico del conjunto de restricciones u obstáculos al aumento de las poblaciones quedaban subsumidas las poblaciones humanas de Malthus de forma semejante a como quedaba subsumida la selección artificial en la selección natural.

La metáfora es empleada por Darwin para entender los diferentes sentidos de la lucha por la existencia, que no sólo implica el exterminio del otro, sino también la dependencia de otros para ocupar nuevos lugares en la naturaleza. También define la función de la selección natural personificándola como un ente que se dedica a “escrutar” cada día y cada hora las modificaciones que se producen en la naturaleza conservando las favorables a cada aspecto y “trabajando” silenciosamente para el mejoramiento de los mismos. Luego

15 En El Origen de las Especies.

está la otra expresión, que como él mismo señaló, tomó de Herbert Spencer: “*supervivencia del más apto*”.

“...he denominado a este principio, por el cual toda variación ligera, si es útil, se conserva, con el término de “*selección natural*”, a fin de señalar su relación con la facultad de selección del hombre. Pero la expresión frecuentemente empleada por Mr. Herbert Spencer de “*la supervivencia de los más aptos*” es más exacta y, a veces, igualmente conveniente.”

Por otro lado existe un texto paralelo a ese realizado por Spencer:

*La supervivencia de los más aptos, que aquí he intentado expresar en términos mecánicos, es lo que Mr. Darwin ha llamado “selección natural o conservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida” (Principles of Biology),*¹⁶

La expresión “supervivencia de los más aptos” tiene, frente a la de “lucha por la existencia”, el sentido de un resultado de un proceso, es decir que los mecanismos causales aludidos por “la lucha por la existencia” producen los diferentes estados y procesos de coexistencia de las distintas formas competentes con “la supervivencia de los más aptos”. Darwin distingue, incluso en los títulos de los capítulos III y IV, esos dos tipos de selección natural que están continuamente entrelazándose.

Las expresiones “lucha por la existencia” y “supervivencia de los más aptos” no son, por tanto, simples metáforas secundarias de una metáfora primordial: “selección natural”. Son los puentes que unen “selección natural”, interpretada apropiadamente, con sus referentes en las explicaciones efectivas.

Mayr fue más allá de identificar a la selección natural en base a una simple analogía con la selección artificial. Él comparó los aspectos intrínsecos de ambos procesos y detectó que la selección puede operar a dos puntas.

Darwin tomó prestado el término selección de los criadores de animales y de los cultivadores de plantas, pero pasó por alto que los criadores al igual que la naturaleza, utilizaban dos métodos muy diferentes para mejorar su ganado. De acuerdo con uno de estos métodos se seleccionaba como reproductores de la próxima generación, los individuos con aquellas características que presentaban el ideal al que los criadores apuntaban. Ellos dirían simplemente que escogían como reproductores “los mejores ejemplares” de su ganado. Fue éste el método que Darwin pensaba cuando empleaba la palabra seleccionar.

¹⁶ Citado por Álvarez, Juan Ramón, Analogías Darwinianas: Modelos y/o Metáforas.

*Sin embargo, los criadores a menudo usaban un método diferente, al que llamaban “tría” (culling). En este método se eliminaban sólo los ejemplares realmente inferiores y todos los restantes se empleaban como reproductores. Por supuesto, no era en absoluto una “selección de los mejores”. La naturaleza emplea los mismos dos métodos.*¹⁷

También Darwin, intentó dejar claro que el uso de la expresión selección no es una "proyección" antropomórfica de las acciones teleológicas en los mecanismos causales, ni una simple metáfora afortunada. La selección artificial puede haberle sugerido a Darwin la idea de selección natural, como él mismo confesaba en una carta a Wallace de 1858, un año antes de publicar *El origen de las especies*: "Llegué a la conclusión de que la selección era el principio del cambio a partir del estudio de las producciones domésticas; y después, leyendo a Malthus, vi enseguida cómo aplicar este principio"¹⁸ Pero la validez del principio depende de conexiones objetivas que desbordan la sugerencia metafórica.

Darwin mismo, realizaba aclaraciones sobre la elección de la expresión “selección natural”. Al parecer utilizó ésta al no encontrar “alguna mejor”.

“Diversos autores han interpretado erróneamente o puesto dificultades al término selección natural. Algunos hasta han imaginado que la selección natural produce la variabilidad, aunque implica únicamente la conservación de las variaciones que surgen y son beneficiosas al ser en sus condiciones de vida. Nadie pone reparo a los agricultores que hablan de los poderosos efectos de la selección del hombre, y , en este caso las diferencias individuales dadas por la naturaleza, el hombre elige con algún objeto, tiene por necesidad que ocurrir antes. Otros han puesto que el termino selección implica selección consciente en los animales que se modifican, y hasta se ha argüido que, como las plantas no tienen volición, la selección natural no es aplicable a ellas. En el sentido literal de la palabra, indudablemente, selección natural es una expresión falsa; pero ¿quién no pondrá nunca reparos a los químicos que hablan de las afinidades electivas de los diferentes elementos? y, sin embargo de un ácido no puede decirse estrictamente que elige una base con la cual se combina preferentemente. Se ha dicho que yo hablo de la selección natural como de una potencia activa o divinidad; pero como, ¿quién hace caso a un autor que habla de la atracción de la gravedad como si regulase los movimientos de los planetas? Todos sabemos lo que significa e implica estas expresiones metafóricas, que son casi necesarias para la brevedad. De la misma manera, también, es difícil personificar la palabra naturaleza; pero por naturaleza, sólo la acción conjunta y el producto de muchas

¹⁷ Por qué es única la Biología Ernst Mayr. Pag. 172.

¹⁸ En Memorias y epistolario íntimo de Darwin.

*leyes naturales, por leyes, la sucesión de hechos en cuanto son conocidos por nosotros. Familiarizándole un poco con los términos, estas objeciones, tan superficiales, quedarán olvidadas.”*¹⁹



¹⁹ En “El Origen de las Especies”.

1.1.5. Hacia la síntesis y más allá

La explicación de Darwin de las adaptaciones basada en la selección natural, sólo era aceptada por los naturalistas de campo. Los genetistas buscaban nuevas alternativas a nivel de las variaciones. Surgieron así mutacionistas como De Vries o Bateson, y genetistas como Morgan que comenzó a considerar a la selección natural como una fuerza irrelevante y buscó la causa de evolución en la herencia misma.

A partir del redescubrimiento de las experiencias de Mendel, se suceden una serie de investigaciones que van aportar las respuestas sobre el origen de las variaciones. Nació una nueva corriente que estudiaba la evolución, la impulsada por los genetistas. Que se basaron en modelos matemáticos y experimentaban en laboratorios a diferencia de los naturalistas que se ocupaban de las observaciones de campo como lo había hecho Darwin. Costaría bastante lograr un consenso entre ambas corrientes, más de medio siglo de discusiones.

La explicación sobre el origen de la variabilidad, tan necesaria para la teoría de la selección, se le estaba volviendo en contra. Pero, de todas maneras, la búsqueda de alternativas sirvió para que se avanzara en los estudios de genética. Por otro lado los naturalistas comenzaron a aportar evidencias de la actuación de la selección natural valiéndose de la ecología de las poblaciones.

Cuando en 1930 Fisher publicó *Teoría Genética de la Selección Natural* basándose en modelos matemáticos, como el propuesto por Hardy, demostró que las proporciones de un par de alelos no variaba en una población mendeliana a menos que intervenga el azar, las mutaciones o la selección natural; y que la pérdida de alelos por intervención del azar sólo incidía en poblaciones pequeñas o aisladas, y las mutaciones eran demasiados infrecuentes como para que tengan efectos significativos en las frecuencias génicas. Por lo tanto la selección natural, era, como Darwin lo había propuesto, la única teoría del cambio evolutivo. Y ahora ese mecanismo era totalmente compatible con los nuevos descubrimientos de la genética. Por fin, el terreno para la síntesis estaba preparado.

Con el aporte principal de Simpsons desde la paleontología, Dobzansky y Mayr como naturalistas y Fisher, Haldane y Wright como genetistas poblacionales se impulsó lo que en primera instancia se comenzó a llamar neodarwinismo y actualmente conocemos como Teoría Sintética de la Evolución.

Las ideas de Fisher, Haldane y Wright fueron conocidas principalmente por su gran cantidad de trabajos, todos escritos alrededor de 1930. Fisher publicó su libro *Teoría Genética de la Selección Natural* en 1930, Haldane publicó un libro un poco más popular *Las Causas de la Evolución* en 1932, que contenía un gran apéndice bajo el título "*Una*

teoría matemática de selección artificial y natural" resumiendo una serie de *papers* publicados antes de 1918. Wright publicó un gran *paper* acerca de *Evolución en Poblaciones Mendelianas* en 1931, quien a diferencia de Fisher y Haldane vivió como para publicar un tratado de 4 volúmenes (1968, 1969, 1977, 1978) al final de su carrera (Young, 1998).

Estos trabajos clásicos de genética de poblaciones fueron teorías que mostraron que la selección natural podría trabajar con el tipo de variación observable en las poblaciones naturales y con las leyes de la herencia mendeliana. No se precisaban otros procesos. No se necesitaba la herencia de los caracteres adquiridos o las macromutaciones que producían monstruos extraordinarios.

La selección natural salió fortalecida y apoyada por modelos matemáticos y estadísticos. Por mucho tiempo se sostuvo como el único mecanismo del cambio microevolutivo (a nivel poblacional) y macroevolutivo (especiación y formación de nuevos taxones).

A partir de la década de los setenta, comenzaron a surgir otras alternativas: el equilibrio puntuado de Gould y Eldredge, los genetistas que abogaban por la deriva génica y los neutralistas. El equilibrio puntuado si bien no le quitó méritos a la selección natural, atacó el modo de operar de ésta: el gradualismo. Gould se enfocó en la macroevolución y aportó evidencias de la existencia de cambios bruscos, facilitados por agentes externos a la selección, como catástrofes y eventos aleatorios con grandes períodos de estasis donde no ocurrían grandes cambios, ni surgían nuevos taxones.

Gould se apoyó en las grandes extinciones y buscó evidencias de eventos externos en la definición del camino macroevolutivo.

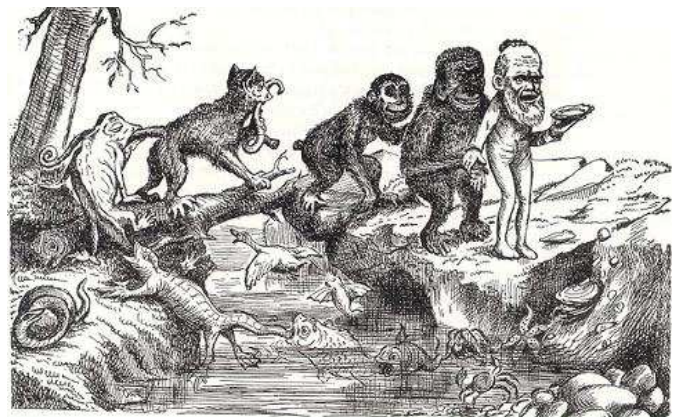
Unos de los debates que se instalaron tuvieron como eje principal la participación del azar. Hasta dónde los sucesos estocásticos influían en el cambio evolutivo. Esto tiene sus raíces en los dos componentes de la selección natural: la variación y la selección propiamente dicha, que desde la publicación del Origen se debatió el alcance de cada una. De ellas surgieron corrientes antagónicas, que luego de la síntesis, los límites se fueron borrando, pero los genetistas siguieron insistiendo con introducir al azar mayor poderío que el otorgado por Darwin.

El genetista Sewall Wright, fue el que primero le otorgó al azar mayor poder de intervención en el nivel microevolutivo al crear la expresión "deriva génica". Fue él que pensó en los genes como unidades de selección y además la intervención de sucesos fortuitos en nuevos mecanismos evolutivos. Desde la genética resultó bastante atractivo ver el accionar del azar como causa del cambio de las frecuencias alélicas en una población. Para Wright, los procesos adaptativos eran resultado de la interacción entre la deriva

genética y las otras fuerzas evolutivas. Para ilustrarlo, describió la relación entre genotipo o fenotipo y aptitud biológica en términos de superficies o paisajes adaptativos: en el eje vertical se situaba la trama de picos adaptativos, mientras en el eje horizontal se representaban las frecuencias de los alelos o el promedio de fenotipos de la población. La selección natural conduciría a la población a escalar el pico más cercano, mientras que la deriva genética causaría un deambular aleatorio por el paisaje.

Estas propuestas, que en un primer momento se pensaron antagónicas, fortalecieron de alguna manera la síntesis moderna ampliando el espectro de los modelos explicativos de los distintos fenómenos implicados en los mecanismos evolutivos.

Oswaldo A. Reig, ha previsto que *“Se está posiblemente, en los albores de una nueva síntesis o de un desarrollo expansivo de la síntesis moderna, que se perfila como una teoría jerárquica de la evolución capaz de superar las limitaciones reduccionistas del darwinismo original y de su versión en la síntesis moderna, admitiendo la existencia de distintos ámbitos y niveles de manifestación de los procesos evolutivos.”*²⁰



²⁰ Dr. Oswaldo A. Reig Extraído de Historia de la Vida en la Tierra. Ed. Conicet. Argentina, 1998.

1.1.6. La resistencia a la selección

Desde algunos sectores de la Filosofía de la Ciencia surgió la crítica hacia la teoría de la selección natural, acusándola de tautológica, es decir circular en su razonamiento. Si bien esta crítica partía de un reduccionismo, se podría analizar de dónde surgió tal imputación. La selección natural se define por la supervivencia de los más aptos. Ante la pregunta ¿Cuáles sobreviven? Los más aptos. ¿Cuáles son los más aptos? Los que pueden sobrevivir y reproducirse. Se sostiene entonces, que “los individuos con variaciones favorables son los que sobreviven y se reproducen, debido a que la teoría define como favorable la capacidad para sobrevivir y reproducirse”.

La clave para resolver este problema, es darse cuenta que la palabra “favorable”, es falsa. Es decir, se utiliza como posibilidad. No necesariamente “tener las variaciones favorables” es decir “ser apto” es garantía de supervivencia. El único requerimiento para la selección natural es que ciertas variantes lo hagan mejor que las otras, como opuesto a las aleatorias. Siempre que un grupo no aleatorio de una población sobreviva y deje más descendientes, se produce selección natural.

Según Ruse se reducía empíricamente a una tautología porque se definía “aptitud” en términos de supervivencia y adaptación. En su libro cita a Manser: “*no puede haber un criterio independiente para definir la aptitud o la adaptabilidad; la supervivencia y la adaptabilidad o aptitud están necesariamente ligadas*”²¹

Para Ruse, el inconveniente surgió en la errónea definición de los términos.

Para resolver esta situación, Brandon (1996) discute proponiendo la idea de una “aptitud diferencial” que se define probabilísticamente y la reproducción diferenciada.

Cuando se simplifica se asocia la selección natural a la supervivencia de los más aptos. Así mismo, la idea básica de selección natural, incluso en su versión original darwiniana, no es tan simple como para reducirla en una sola frase. Además, entendiendo que esa frase implica el uso de analogías y metáforas.

Un biólogo jamás se plantearía el problema de la tautología; porque operativamente no existe.

Mayr destacó también que la selección natural es mucho más que la lucha por la existencia y la supervivencia de los más aptos. “*Cuando se habla de selección natural siempre se piensa inconscientemente en la lucha por la existencia. Se piensa en los factores que*

²¹ Manser A. 1965. The concept of Evolution. *Phylosophy* XL 18.34. Citado por Ruse M. en su libro *Filosofía de la Biología*.

favorecen la supervivencia tales como la capacidad de superar condiciones meteorológicas adversas, la de escapar de los enemigos, la de lidiar mejor con parásitos y agentes patógenos, y la de ser exitosos en la competencia por el alimento y el hábitat; en pocas palabras la de tener cualquier característica que incremente las probabilidades de supervivencia. Ésta “selección de supervivencia” es aquello en la que la mayoría de la gente piensa cuando habla de selección natural. Darwin, empero, vio con toda claridad que existían otros factores que aumentaban la probabilidad de dejar descendencia. Cualquiera de estos factores puede describirse como selección para el éxito reproductivo, que abarca la competición por la pareja. Entre estos factores que Darwin aisló para ese objeto de atención especial se encuentran rasgos que afectan al éxito de la competencia por la pareja, ya sea por medio del combate entre machos o por selección de las hembras. Combinó esos dos modelos de selección de pareja bajo la denominación de selección sexual. Para indicar cuán importante consideraba Darwin este proceso le dedicó los dos tercios del origen del hombre.”²²

Darwin al proponer la teoría de la selección se basó en observaciones empíricas (actualmente las dividiríamos en ecológicas y genéticas) sobre el potencial reproductivo y la existencia de la variabilidad. Y estableció inferencias sobre la correlación de ciertas características biológicas de los individuos y sus probabilidades de sobrevivir y dejar descendencia sin intervención del azar. Los resultados de ese proceso selectivo se acumulan con el tiempo produciendo el cambio evolutivo, por un lado y la adaptación de los organismos al medio por el otro.

Los que sostienen que la selección natural es un concepto tautológico, se olvidan de dos puntos esenciales, uno es el elemento temporal y otro es la definición de adaptación. Es decir tener la característica de aptitud no garantiza estar “mejor adaptado”.

Como Brandon (1990, 1996) apuntaba, la explicación ecológica de las estructuras adaptativas debe siempre partir del supuesto de que estamos ante el caso de una característica cuyos "portadores están mejor adaptados a un ambiente selectivo particular que los portadores de estructuras alternativas". Una adaptación, podemos decir, es una variante fenotípica que produce la mayor aptitud (fitness) entre un conjunto especificado de variantes en un ambiente dado y esto significa que estamos ante una noción estrictamente relativa. Cuando una estructura es una adaptación se toma la hipótesis de que en un determinado ambiente la misma contribuye, o ha contribuido, al éxito reproductivo de sus portadores en mayor grado que alguna forma alternativa. Por eso, la explicación

²² Mayr. *Por qué es única la Biología*. 2004.

darwinista debe siempre aludir a las condiciones bajo las cuales la característica positivamente seleccionada pudo resultar mejor o más ventajosa (en términos del éxito reproductivo de sus portadores) que una o más alternativas fisiológicamente viables y efectivamente presentes en una población.

*“es menester no confundir la explicación seleccional darwiniana de la presencia o frecuencia de una estructura en una población con una simple descripción del modo en que esa estructura actúa en beneficio de sus portadores o está asociada a alguna estructura que produce tales beneficios. Como sabemos, “el hecho de que una característica sea beneficiosa para su poseedor no es una condición ni necesaria ni suficiente para considerar que la misma sea una adaptación”*²³

Ruse deja claro que ser “más apto” no necesariamente implica que deje mayor descendencia. No se da una relación estricta entre los organismos que son “aptos” y aquellos que sobreviven y se reproducen. Si dicha aptitud está en los genes. Se transmiten unos genes en mayor proporción que otros, que sería la consecuencia de la reproducción diferencial. Él cita el ejemplo de la anemia falciforme, donde tener los “genes aptos” (que no producen la enfermedad) no implica la supervivencia para los individuos que viven en zonas donde existe la malaria. En cambio los híbridos que poseen un gen defectuoso son los que son seleccionados y sobreviven y pueden dejar descendencia.

Las dificultades en salvar estas objeciones al concepto de selección natural se superan al acordar la definición de los términos implicados y al tener en claro cuáles son los datos observacionales y las inferencias que se tienen en cuenta en su formulación y las predicciones que surgen de la misma.

Desacuerdos en cuanto a las unidades de selección

El término “unidad” fue introducido en 1970 por Lewontin para precisar el objeto sobre el que opera la selección natural. Luego del Simposio de Princeton en 1947, cuando se consensuó la síntesis moderna, no quedaban controversias entre los naturalistas y los genetistas. Pero quedaba pendiente aclarar cuáles eran las unidades de selección.

Mayr, establece que no está claro el uso del término “unidad” como ente mensurable, porque si comparamos con las otras unidades, de medida, por ejemplo, nos resulta confusa. Mayr dice que muchos autores la han usado de diferente manera, a veces inapropiadamente y no se han puesto de acuerdo con su significado. Para salvar esta ambigüedad, actualmente, se hace referencia a unidad como objeto. Se trata entonces de definir los

²³ Brandon, 1990, pag. 43.

objetos de la selección natural. Es decir, ¿qué objetos son seleccionados? Individuos, grupos, especies, genes, gametas...

Por lo tanto, una de las cuestiones más básicas de la biología evolutiva es dilucidar cuáles objetos son seleccionados.

Darwin en el Origen de las Especies hace hincapié en la selección de individuos: *“Pero si las variaciones útiles de un ser orgánico, los individuos así caracterizados, tendrán probablemente las mejores posibilidades de conservarse en la lucha por la vida y por el fuerte principio de la herencia tenderán a producir descendencia con caracteres semejantes. A este principio de conservación o supervivencia de los más aptos lo he llamado selección natural”*

“Tenemos buenas razones para creer, que los cambios en las condiciones producen una tendencia a aumentar la variabilidad y esto sería evidentemente favorable a la selección natural, por ofrece mayores probabilidades de que ocurran variaciones útiles. Si no aparecen éstas, la selección natural no puede hacer nada, no debe olvidarse jamás, que en el término variaciones están incluidas las simples diferencias individuales”

“Pero si las variaciones útiles de un ser orgánico, los individuos así caracterizados, tendrán probablemente las mejores posibilidades de conservarse en la lucha por la vida y por el fuerte principio de la herencia tenderán a producir descendencia con caracteres semejantes. A este principio de conservación o supervivencia de los más aptos lo he llamado selección natural.” Algunos analistas proponen que no está claro que la selección opere siempre sobre individuos, que también Darwin acepta la selección de grupos, en ejemplos de insectos sociales o cuando se refiere a algunos casos de especiación.

Estos autores se plantean la pregunta: “¿Dónde opera la selección natural?” Darwin no les da respuestas explícitas a esta pregunta en su Teoría sobre la selección natural. Generalmente, se ha interpretado que postula que la selección actúa sobre los individuos. Pero en algunos ejemplos que desarrolla, es evidente que opera sobre grupos. Pero esto no se discutía en la época de Darwin. No era significativo aún. Posteriormente con el desarrollo de la genética de poblaciones, se traslada la discusión sobre la unidad elemental si son los individuos o las poblaciones, o los genes... La especie es tomada desde el punto de vista de Mayr *“como grupo reproductivamente (genéticamente) aislado de poblaciones naturales capaces de interfecundarse”*²⁴ Pero la especie en sí, para Mayr, no es una entidad capaz de ser seleccionada.

²⁴ Ernst Mayr, Así es la Biología, Ed. Debate, 1º edición, 1998, Pag 308.

Los evolucionistas que adhieren a la teoría sintética sostienen que la selección actúa sobre los individuos que forman las especies, de la misma manera que lo asumía Darwin; actuando sobre los fenotipos. Actualmente se acepta que la selección no es el único mecanismo evolutivo. Si el más eficaz.

En cambio Richard Dawkins revolucionó a la comunidad científica al aseverar que sólo se seleccionan genes. Todos los organismos son portadores de genes y ellos son los dueños de la vida.

Tradicionalmente se acepta la selección natural como la supervivencia diferencial de los seres. Tomando como seres una entidad discreta y continua capaz de reproducirse y que pueda ser mensurable.

Para Dawkins la unidad de selección es un replicador, es decir un ente capaz de realizar copias fieles de sí mismo o levemente alteradas de generación en generación. Un gen es un replicador.

Para Dawkins los genes se seleccionan no por su bondad aislada, sino por su bondad relativa ante el contexto de otros genes del pool o poza génica. Un buen gen debe ser compatible con y complementario a los otros genes con los que tiene que compartir una larga sucesión de cuerpos.

El individuo como organismo sería sólo el vehículo portador de esos genes.

*“Sus alelos son sus rivales mortales, otros genes son sólo parte de su medio ambiente, comparables a temperatura, alimento, predadores o compañeros”*²⁵. El efecto de un gen produce un efecto en presencia de un gen y otro diferente cuando está en presencia de otro grupo de genes. Todo depende de la programación. Son juzgados de acuerdo con el éxito de sus programaciones al afrontar los riesgos que la vida lanza a sus máquinas de supervivencia, y *“el juez es el juez implacable del tribunal de la supervivencia”*²⁶

S. J. Gould critica esta postura. La concepción de Gould sobre los genes es común a la de los evolucionistas sintéticos:

“La vida también opera en muchos niveles, y cada uno de ellos desempeña su papel en el proceso evolutivo. Consideremos tres grandes niveles: los genes, los organismos y las especies. Los genes son los planos de los organismos; los organismos son los elementos de construcción de las especies. La evolución requiere variación, ya que la selección natural no puede operar sin una amplia serie de alternativas. La mutación es el motivo último de variación, y las unidades de variación son los genes. Las unidades de selección son los

²⁵ Richard Dawkins. "El gen egoísta. Las bases biológicas de nuestra conducta". Biblioteca Científica Salvat. Edición 1993.

²⁶ R. Dawkins. Op. cit.

*organismos. Pero los individuos no evolucionan -tan sólo pueden crecer, reproducirse y morir. El cambio evolutivo se produce en grupos de organismos interactivos; las especies son las unidades de evolución.”*²⁷

En contra de la idea que la selección natural actúa sobre los individuos, o los organismos, Dawkins dice que en este caso *“un individuo no sería más que un peón que se sacrifica por el bien de la especie”*²⁸. Una alternativa a esto está en la selección individual, pero un individuo es demasiado efímero y grande como para ser considerado como una unidad de selección. La evolución, entonces, será el proceso por el que algunos genes se hacen más numerosos y otros disminuyen del acervo génico.

En el caso del hombre, dice, *“solo el hombre puede rebelarse contra la tiranía de los replicadores egoístas”*²⁹, ya que en el hombre no solo actúan los genes sino también la cultura actúa como un replicador.

“La pregunta es ahora cuál es el blanco de la selección natural. Y las respuestas son de lo más variadas. Para algunos (Darwin entre ellos), lo que importa son los individuos. Otros, en cambio, le dan un rol protagónico a las poblaciones o las especies. Ahora, si de originalidad se trata, el biólogo evolutivo Richard Dawkins se lleva todas las palmas. Este darwinista ferviente está convencido de que lo que selecciona la naturaleza son los genes.” Ileana Lotersztain.³⁰

Para Dawkins, la evolución es una batalla entre los genes, en la que cada uno de ellos intenta hacer más copias de sí mismo que los demás. Los cuerpos son tan solo los lugares en que los genes se agregan durante un tiempo. Los cuerpos son receptáculos temporales, máquinas de supervivencia manipuladas por los genes y abandonadas en el basurero geológico una vez replicados los genes y satisfecha su insaciable sed de reproducción en los cuerpos de la siguiente generación.

Dawkins abandona explícitamente el concepto darwiniano clásico del individuo como unidad de selección: *“Debatiré que la unidad fundamental de selección y por lo tanto, de propio interés, no es la especie, ni el grupo, ni siquiera estrictamente el individuo. La unidad fundamental es el gen, la unidad de la herencia”*.³¹

²⁷ Stephen J. Gould. El Pulgar del Panda. Pag 88 Cap. 8: Los Genes Egoístas y los grupos altruistas, Ed. Salvat ed.1986.

²⁸ Richard Dawkins, Op. cit.

²⁹ Richard Dawkins. Op. cit.

³⁰ En el Suplemento Futuro diario Página 12. 28/11/1998.

³¹ Stephen J. Gould Op. cit.

La selección darwiniana no actúa directamente sobre los genes. El ADN está protegido e invisible a la selección natural. Los genes tienen todos el mismo aspecto, así que la selección natural difícilmente encontraría un criterio para seleccionarlos. La diferencia importante entre ellos emerge de sus efectos. “Los genes con éxito son aquellos que en el entorno influenciado por todos los demás genes dentro de un individuo ejercen un efecto beneficioso sobre dicho individuo”. *“La selección natural favorece algunos genes más que otros no por la misma naturaleza de estos, sino por sus consecuencias, es decir, por sus efectos fenotípicos”*.

El efecto beneficioso de un gen no es solo beneficioso para el propio gen sino también para el individuo o máquina de supervivencia, si fuese solo para él, para el propio gen puede ser desastroso para el individuo en su conjunto. Esto se da en el fenómeno llamado impulso meiótico. Es el caso de un gen mutante que no respeta las probabilidades del 50% de estar o no en las gametas. En este caso estaría en mayor proporción y así se extendería a través de toda la población a expensas de su alelo. “Uno de los perturbadores de la segregación mejor conocidos es el gen *t* del ratón. Cuando un ratón tiene 2 *t* muere en la juventud o es estéril... Cuando se examinan los espermatozoides de individuos heterocigotas se puede ver que hasta el 95% de ellos contienen genes *t* y solo el 5% el alelo normal. Cada vez que consigue surgir... se dispersa tan rápidamente que gran número de los individuos de la población heredan el gen *t* en dosis doble... Existen pruebas que en el pasado poblaciones salvajes de ratones se han extinguido a consecuencias de genes *t*”.

No solo el gen tiene un efecto sobre sí mismo y sobre el individuo sino también sobre objetos inanimados y otros cuerpos vivos. Dawkins llamó a esto el fenotipo extendido. Él lo explica en el caso de la concha de los caracoles la cual tienen un espesor definido, el cual es mayor cuando el caracol es parasitado por ciertas especies de trematodos. Normalmente el caracol no la hace más gruesa por una cuestión de costos, hay que emplear mucha energía para construirla, la cual podría usarse para la reproducción. Si la usa para fabricar una concha más gruesa podrá estar más protegido y así vivir más, pero con menor éxito reproductivo y puede que no transmita a la descendencia sus genes entre los que estarían los de fabricar conchas más gruesas. Cuando es parasitado por el trematodo, incita al caracol a fabricar conchas más gruesas, por una influencia química que ejerce el trematodo. El beneficio resultante es mayor protección para el caracol a menor costo, y para el trematodo es transmitir sus genes, a través de las gametas del caracol. En definitiva los genes del trematodo ejercen sus efectos más allá del trematodo mismo, ejerce sus efectos sobre los genes del propio caracol.

El fenotipo extendido es la respuesta al agrupamiento de genes para construir un único cuerpo.

*“Los genes se reúnen para sintetizar un producto final útil. La síntesis de este producto necesita una línea de producción”. “Se necesita toda una serie de enzimas, una para catalizar la transformación de la materia prima en el primer intermediario, otra para catalizar el segundo intermediario, y así sucesivamente”. “Cada enzima es sintetizada por un gen”. “Quizás las membranas celulares surgieron como un dispositivo para mantener juntos productos químicos útiles y evitar su dispersión”. Así se puede observar como en primera instancia hubo una reunión de genes con efectos benéficos para ellos mismos, donde “cada gen es seleccionado como un gen egoísta separado, pero solo prospera en presencia del apropiado conjunto de otros genes”.*³²

Luego las células se reunieron, al hacerlo tuvieron varias ventajas: el mayor tamaño y las especializaciones, volviéndose, así más eficientes, por ejemplo, *“algunas pueden especializarse como sensores para detectar una presa; otras como nervios para transmitir el mensaje; otras como urticantes para paralizar las víctimas; las musculares para mover tentáculos que la capturan; las secretoras para disolverlas y otras más para absorber los jugos restantes”.*³³

A partir de la unión de las células los individuos tuvieron un ciclo de vida embotellado. Embotellado por cuello de botella. A partir de una única célula, el óvulo fecundado, se produce un único individuo. De muchísimas células se pasa a 1 y de una, que lleva “las ideas del diseño ancestral en forma de un programa de ADN” se forman nuevamente millones de células. *“Comienza como una célula sencilla y produce, a partir de ella, un nuevo corazón, utilizando el mismo programa de diseño que el corazón de sus padres, al que puede añadir alguna mejora... Esto hace posible el volver a la mesa de dibujo y remodelarlo”.*³⁴

Datos empíricos: Ejemplo de comportamiento egoísta: A los pingüinos de la Antártida “se los ha observado parados al borde del agua, dudando antes de sumergirse, debido al peligro de ser comidos por las focas. Si solo uno de ellos se sumergiera el resto podría saber si hay allí o no una foca. Naturalmente nadie desea ser el conejillo de Indias, de tal manera que esperan y en ocasiones hasta tratan de empujarse al agua unos a otros”

Gould dice al respecto:

³² Richard Dawkins. Op. cit.

³³ Richard Dawkins. Op. cit.

³⁴ Richard Dawkins. Op. Cit.

*“Desde arriba, el biólogo escocés V. C. Wynne-Edwards puso los pelo de punta a los ortodoxos hace quince años al argumentar que son los grupos y no los individuos las unidades de selección, al menos para la evolución del comportamiento social. Desde abajo, el biólogo inglés Richard Dawkins me ha puesto a mí los pelos de punta con su afirmación de que los propios genes son las unidades de selección y los individuos, tan solo sus receptáculos temporales”.*³⁵

La individualidad del gen se llevó al extremo en el neutralismo. Motoo Kimura es el autor principal de la teoría neutralista de la evolución molecular: en su opinión, la mayoría de los genes mutantes son selectivamente neutros, es decir, no tienen selectivamente ni más ni menos ventajas que los genes a los que sustituyen; en el nivel molecular, la mayoría de los cambios evolutivos se debe a la deriva genética de genes mutantes selectivamente equivalentes.

El neutralismo anula el poder de la selección natural. Los neutralistas defienden que algunos mutantes pueden difundirse en una población sin tener ninguna ventaja selectiva. Si un mutante es selectivamente equivalente a los alelos preexistentes, su suerte depende del azar. Su frecuencia fluctúa incrementándose o decreciendo con el tiempo de manera fortuita. Esta corriente destaca el papel de la deriva génica. El modelo explicativo de los neutralistas para el origen de variaciones y el poliformismo es diametralmente diferente a los seleccionistas. Además algunos biólogos evolutivos critican que hasta la concepción de selección que poseen, a la cuál atacan, es diferente al darviniano. Los naturalistas ignoran esta postura, porque consideran que los genes neutrales no son visibles en el fenotipo y la selección opera sobre él. Si bien aceptan que la evolución de una población se da cuando hay cambios en la frecuencia de genes. No alcanza sólo con eso. Es la adquisición y el mantenimiento de la adaptación y el origen de la biodiversidad.

Sober defiende una visión de la evolución como "la teoría de fuerzas" ("*theory of forces*"), frente a demandas de los opositores que sostienen que la evolución por selección natural es tautológica, mira las diferencias entre la causalidad y explicación, y resalta la diferencia entre "la selección de" y "la selección para" para resolver el dilema de los objetos de la selección, es decir los niveles desde dónde ésta opera.

La pregunta por el *de* hace referencia al objeto seleccionado, es decir: ¿qué entidad tiene una mayor probabilidad de supervivencia o reproducción? La pregunta por el *para* persigue los motivos por los que una entidad ha sido seleccionada, es decir, ¿cuáles son los

³⁵ Stephen J. Gould. El Pulgar del Panda. Cap. 8: Los Genes Egoístas y los grupos altruistas, Ed. Salvat. 1986. pag. 90.

caracteres o aptitudes que dotaron a aquella unidad de selección de una mayor probabilidad de reproducción diferencial?

En cuanto a selección de, entonces conviven concepciones. Se destaca la versión darwiniana, defendida por la síntesis, la unidad organismo como individuo. Pero hacia abajo y hacia arriba de esta entidad objeto, hay otras corrientes que identifican otras unidades:

El gen: George C. Williams, en su libro *Adaptation and Natural Selection*, fue uno de los primeros en presentar una visión en la que el gen es la unidad de selección, afirmando que una unidad de selección debe exhibir un alto grado de permanencia.

La célula: Pero no la célula de un organismo unicelular, esa formaría parte del individuo-organismo, sino la célula de los pluricelulares. Leo Buss, en su libro *The Evolution of Individuality*, propone que gran parte de la evolución del desarrollo en los metazoos refleja el conflicto entre las presiones selectivas que actúan al nivel celular y las que actúan al nivel del individuo multicelular. Esta perspectiva permite que cobren sentido fenómenos tan diversos como el cáncer, la gastrulación y el secuestro de la línea germinal. Por ejemplo, el cáncer ocurre cuando células individuales del cuerpo mutan y desarrollan la capacidad de proliferar sin las restricciones que actúan sobre las células normales, que de esta manera cumplen con las necesidades del organismo individual. Sin embargo, uno debe ser cuidadoso y no abusar de estos términos para no trivializarlos. Por ejemplo, la proliferación de células específicas del sistema inmunitario vertebrado para luchar contra agentes patógenos infecciosos podría describirse como un caso de selección celular, pero se describe mejor como un caso de proliferación celular programada y exquisitamente contenida.

En cambio, por encima de la unidad organismo se encuentra:

Selección al nivel de los grupos: Ernst Mayr distingue dos tipos de selección grupal:

La selección de grupo blanda que abarca aquellos fenómenos en los que el valor selectivo de un grupo es simplemente el resultado de la media aritmética de los valores adaptativos de los individuos que lo componen. En estos casos, nos encontramos ante una selección grupal aparente. La selección de grupo fuerte comprende aquellos fenómenos en los que, debido a la interacción de los individuos o a la división del trabajo u otras acciones sociales, la aptitud del grupo es mayor o menor que la media aritmética de los valores adaptativos de los individuos que lo componen. En estos casos nos encontramos ante una selección de grupo genuina.

Y por último se puede encontrar a la especie como individuo evolutivo. En estudios macroevolutivos se han propuesto dos grandes enfoques en torno a los rasgos que deben

considerarse emergentes a efectos de definir su interacción evolutiva con el entorno: el enfoque de "caracteres emergentes" (Eldredge) y el enfoque de "aptitudes emergentes" (Lewontin, Lloyd, Gould). El enfoque de caracteres emergentes requiere que un rasgo implicado en la selección de especies sea emergente a ese nivel, es decir, producto de la interacción no aditiva entre constituyentes de nivel inferior. Así, si una especie prolifera en virtud de rasgos poblacionales como la distribución geográfica o la densidad, entonces no podemos atribuir la selección al nivel orgánico, pues, por definición, los organismos no tienen densidad de población ni su distribución geográfica tiene porqué correlacionarse de manera absoluta con la de la especie. El enfoque de aptitudes emergentes es más abarcador que el anterior, incluyendo rasgos que surgen por agregación o suma de las partes de la especie y que, sin embargo, le pertenecen. Desde esta perspectiva, cualquier rasgo específico (sea o no emergente) que confiera una aptitud irreducible a propiedades orgánicas en la interacción de la especie con el entorno define un proceso de selección a nivel de especie. El ejemplo clásico es la tendencia de varios clados de gasterópodos terciarios a un decrecimiento en la frecuencia de especies con larvas planctónicas en relación a aquéllas que cuidan de sus crías. Podría alegarse que el fenómeno depende de caracteres poblacionales emergentes, pues los organismos no experimentan especiación. Si apelamos al criterio de la aptitud emergente, el problema parece resolverse: el carácter, aunque propio de la especie y no de los organismos, no es emergente, pero confiere una aptitud emergente a la especie donde reside la responsabilidad causal del fenómeno evolutivo.

Estas diferencias en los enfoques en relación con el objeto de selección son muy importantes porque revela la existencia de reduccionismo en ambos extremos. Estas tendencias a la reducción provienen principalmente de los genetistas, porque los naturalistas eran holistas, incluso antes de la síntesis. Y esta disyuntiva tiene sus raíces en los inicios de la genética, antes del intento de conciliación de la síntesis moderna. Y algunos partidarios de la síntesis dura se cierran casi dogmáticamente en su seleccionismo darwiniano descartando otras alternativas que enriquecerían la teoría.

¿Es una "ley" la selección natural?

Unos de los debates que se presentaron entre los filósofos de la biología fue el de establecer si existen leyes universales en la biología y si esas leyes son equivalentes a las leyes de la física. Ruse en su Filosofía de la Biología (1990), propone que a nivel axiológico no existen líneas de separación estrictas entre distintas ciencias. La Biología al igual que la Física se encuadra dentro de las explicaciones axiológicas que rigen la

filosofía natural. Para él la biología posee un modelo de “*ley cubriente*” al igual que la física. Este modelo exige que el *explanans* haga muy probable al *explanandum*.

Ruse toma para representar este modelo el ejemplo de selección natural que ocurre en África con la anemia falciforme y la presión selectiva de la malaria. El *explanandum* es la forma en que persiste de generación en generación el gen que produce las células falciformes. Y el *explanans* contiene leyes como la de Hardy-Weimberg y leyes acerca de las presiones selectivas en contra de homocigóticos. De éstas se sigue el enunciado acerca del *explanandum*.

C_1, C_2, \dots, C_n
 $L1, L2, \dots, Ln$
 E

Para Ruse los biólogos realizan afirmaciones fácticas acerca del mundo de la misma manera que lo hacen los físicos.

Otros autores consideran que existe una gran diferencia entre las leyes de la física y las de la biología, justificando de esta manera la existencia de una filosofía particular para cada ciencia.

Sober, Mayr y Gould sostienen este punto de vista. Mayr dedica parte de su libro “Por qué es única la Biología” a desarrollar los aspectos distintivos de la biología como ciencia, que la alejan del reduccionismo al compararla con la física.

Ruse dice que Darwin hizo lo que pudo para emular a Newton. Los filósofos desde Bacon, pasando por Locke y Kant, coincidían con los físicos desde Galileo y Newton, en que el ideal de la ciencia debía ser establecer teorías basadas en leyes universales. La posibilidad de llegar a comprobaciones y predicciones exactas era la prueba crucial de una buena explicación científica. Pero a pesar de esforzarse en sus investigaciones empíricas, los resultados obtenidos por Darwin entraron en conflicto con los presupuestos básicos de la filosofía natural de su época. Por un lado se enfrentó al esencialismo que se contraponía al pensamiento poblacional necesario para la teoría de la selección natural; por otro lado, se enfrentó al determinismo estricto de los físicos al introducir componentes aleatorios y probabilísticas en los sucesos evolutivos, principalmente en la producción de variabilidad. Estos sucesos que introducían la probabilidad, no iban a permitir la predicción absoluta.

Y Darwin, si bien trató de ajustarse al empirismo, no pudo desarrollar experimentación alguna para comprobar su teoría. Basó su argumentación en inferencias históricas, algo totalmente vedado a la física.

Mayr sostiene que “*los hallazgos de Darwin socavaron completamente el concepto ficista de las leyes*”.³⁶

Otras ideologías muy arraigadas en la época de Darwin, que éste tuvo que refutar, fueron las que se basaban en la visión del mundo de un modo finalista o teleológico.

Ahora bien, ¿se puede decir que hay leyes que sustentan la teoría de la selección natural?

Mayr dice al respecto:

*“En la filosofía newtoniana de la ciencia, las teorías se basaban habitualmente en leyes. Darwin aceptaba en general este enfoque. Y por eso emplea el término ley en forma muy libre en el origen. Denominaba ley a cualquier causa o suceso que parecía tener lugar con algún tipo de regularidad. Sin embargo, estoy bastante de acuerdo con los filósofos actuales que rechazan la legitimidad de referirse a las regularidades evolutivas como leyes, porque estas regularidades no se vinculan con lo básico de la materia como lo hacen las leyes de la física. Se hallan invariablemente restringidas en el espacio y en el tiempo, y suelen tener numerosas excepciones. Por eso es que el principio de falsación de Popper no puede usualmente aplicarse en biología evolutiva, porque las excepciones no falsean la validez general de la mayor parte de las regularidades.”*³⁷

Entonces si no pueden basarse en leyes naturales ¿en qué se basan las teorías de la biología evolutiva? Mayr sostiene que se basan en conceptos. Él admite que algunos conceptos pueden convertirse en pseudoleyes o leyes propias de la biología, pero “*algo muy diferente a las leyes naturales de Newton*”.

Por eso, para Mayr una filosofía de la física basada en leyes naturales resulta ser algo muy distinto de una filosofía de la biología basada en conceptos. Si bien Darwin no había caído en la cuenta de esta diferencia, a pesar de intentar generar leyes, fue el primero en introducir teorías basadas en conceptos utilizando una forma de explicación novedosa para la ciencia de la época.

³⁶ Mayr, E. *Una Larga Controversia. Darwin y el Darwinismo*. Pag 122-123.

³⁷ Mayr, E., Op. Cit. Pag. 197.

1.1.7. Una manera de explicar

Para argumentar a favor de la selección natural Darwin introdujo una nueva forma de explicación utilizando una metodología histórica.

Un modelo de explicación se considera histórico porque introduce en el “*explanans*” aspectos contingentes que no están subordinados a leyes realizando una descripción temporal de un proceso que relaciona de manera causal variedades ancestro-descendientes.

La explicación consiste en una serie de narraciones propuestas con el fin de respaldar la credibilidad de cierto suceso o serie de sucesos que se corresponden evolutivos, singulares e irrepetibles. Esta descripción significa un cambio en la manera de ver el mundo y, por lo tanto, de explicarlo, a partir del cual se genera una nueva práctica científica.

El aporte teórico fundamental del Origen radica en mostrar que las observaciones relativas a la variación, competencia y herencia responderían a cuestiones que hasta ese momento parecían estar más allá del ámbito científico para su consideración.

La novedad en la propuesta de Darwin consistía en la introducción de procesos históricos y la inclusión de factores contingentes como componentes fundamentales del proceso explicativo. En efecto, tanto los aspectos contingentes como los azarosos se incorporaban al conocimiento del mundo, a través de un tipo de explicación denominado narrativa histórica el cual recurría a argumentos que no sólo tienen en cuenta experimentos o leyes, sino también metáforas y analogías que necesitaban constituirse históricamente.

Las explicaciones por leyes pueden completarse intrínsecamente mediante el agregado de más condiciones iniciales o más leyes al *explanans*. En cambio, las explicaciones históricas pueden introducir aspectos extrínsecos, pues hacen referencia a dimensiones contextuales, con lo cual las explicaciones históricas se constituyen en las únicas que dan cuenta de cierto tipo de información. Es en este sentido que debe tenderse la explicación darwiniana del origen de las especies en tanto atribuye la explicación del mundo orgánico a aspectos contingentes de interacción de los organismos y el medio, independientemente de la dirección inteligente del creador.

El gran logro de Darwin, según Mayr fue ser capaz de explicar por la selección natural todos los fenómenos para los cuales Kant había considerado necesario invocar la teleología.

Ruse, analiza la teoría del origen para encontrar valores epistémicos en relación con la ciencia de la época. Primeramente se fija si posee valor predictivo. En ese caso dice, deja mucho que desear porque no tiene fuerza predictiva. Pero no se puede negar si tomamos la predicción en un sentido general, no la predicción de fenómenos futuros, sino la de

acontecimientos o fenómenos actuales desconocidos para el autor en el momento de formularla. También, existen predicciones en situaciones hipotéticas cuando describe casos particulares.

Asimismo, como anteriormente he referido, no existe predicción absoluta, dado la intervención de componentes probabilísticos y aleatorios en el seno de la teoría.

Otros valores que analiza Ruse son la coherencia y consistencia.

Internamente la teoría es coherente en su núcleo. Pero existen algunos puntos donde la coherencia no surge con fluidez como el caso del nivel o niveles donde opera la selección, queda el supuesto subyacente que es el individuo. Pero surgen contradicciones cuando se refiere a insectos sociales. Allí, Darwin tuvo que buscar una solución de compromiso argumentando que es legítimo tratar al grupo entero como una suerte de supraorganismo. Las cuestiones de la herencia también fueron un punto flojo en la teoría. Aquí, según Ruse, Darwin tuvo que crear una hipótesis ad hoc, la teoría de la pangénesis, que creó bastantes problemas de coherencia con lo que ya se sabía de los organismos.

En cuanto a la consistencia de la teoría con respecto a la ciencia de su propia época, como ya he mencionado fue problemática la relación con la física. En la actualidad posee una mayor consistencia externa que en su época.

Ruse también encuentra valores culturales en relación con la época, como el progreso y la religión, que si bien Darwin abandonaba las inferencias religiosas, para sus explicaciones todavía utilizaba un lenguaje deísta, tal es así que la sexta edición termina con una atribución hacia el creador.

Nadie puede negar que la publicación del Origen influyera enormemente sobre el pensamiento occidental. La teoría de la evolución causó una revolución en la ciencia. Mayr asume que con el paquete completo de las cinco teorías que presenta en el Origen Darwin conforma el paradigma evolutivo, pero que éste es muy distinto a la visión kuhnneana. La revolución darwiniana no reemplaza ningún paradigma preexistente y en realidad se puede dividir en una primera revolución, que es la aceptación de la evolución por la ascendencia común que reemplaza la idea de creación especial y el modelo lamarckiano de evolución lineal; y la segunda revolución científica que fue la que provocó la selección natural; que al principio tropezó con una sólida oposición y tienen que ocurrir algunas revoluciones menores como la refutación de la herencia de caracteres adquiridos, el rechazo de la herencia mezclada, el desarrollo del concepto de especie biológica, el descubrimiento de las fuentes de variación genética, etc. para que se integraran a la teoría de la selección y se armara el paradigma de la síntesis. En la historia de la selección natural no se substituyó un paradigma por otro ni hubo paradigmas inconmensurables. Mayr sostiene que los cambios

se fueron dando por la sustitución de un análisis grueso por uno más fino y el desarrollo de métodos enteramente originales. Los cambios teóricos en la biología parecen ajustarse a las descripciones de la epistemología evolutiva darvinista. Las hipótesis exitosas son “seleccionadas” hasta que son reemplazadas por otras aún mejores o que explican mayor cantidad de fenómenos.



1.1.8. Más “Lamarckianos” que Lamarck

En los libros de texto se enfrentan las explicaciones darwinianas con las lamarckianas, adjudicando a estas últimas la idea de la herencia de caracteres adquiridos, la transformación lineal de las especies y la tendencia al progreso. Se las presenta de manera esquemática y simplista para resaltar su carácter erróneo frente a las explicaciones darwinianas.

Las ideas de Lamarck no fueron nada esquemáticas, fueron bastantes más complejas de lo que se las presenta en los libros de texto. Los puntos cruciales de su teoría que quedaron presentes luego del filtro de la visión neodarwinista fueron : la tendencia progresiva de los organismos a elevarse gradualmente en la escala vital. La transformación lineal en la escala natural siguiendo el orden jerárquico aristotélico y la transformación horizontal siguiendo la exigencias de la adaptación, como una teoría bifactorial (Gould, 2004). El uso y desuso de los órganos y estructuras y la herencia de caracteres adquiridos como modo de perpetuar a la descendencia las adquisiciones adaptativas.

La inducción por el medioambiente fue postulada por Geoffroy de Saint Hillaire, (Casinos, 1986) Lamarck no estaba de acuerdo, para él existía un impulso interno, apoyado principalmente por la ley del uso y desuso.

A finales del siglo XIX, muchos evolucionistas buscaban una alternativa a la teoría de la selección natural, entonces relevaron a Lamarck, dejaron de lado sus cuestiones esenciales como la generación continua y las fuerzas de la complejidad (Gould, 1980) y elevaron un grado de importancia la herencia de caracteres adquiridos, pero consideraron su adquisición como imposición directa de los entornos sobre unos organismos pasivos. Eso es lo que se empezó a llamar Lamarckismo, si bien algo alejado de la verdadera teoría de Lamarck. Y de esa forma continuó hasta bien entrado el siglo XX hasta que quedó ensombrecido por una tragedia provocada principalmente por los manejos políticos y el fraude científico. Lysenko, un científico ruso, intentó reformar la agricultura alterando la naturaleza de las plantas en la dirección que él deseaba por medio del aprendizaje y la aclimatación (Gould, 1983). Al no permitir las críticas a sus falsificaciones y fraudes, las ideas de Lysenko llevaron a la persecución de los científicos mendelianos y darwinianos que tuvieron que exiliarse o murieron en prisión. Esta historia ensombreció aún más la figura de Lamarck, aunque ese lamarckismo no tuviera mucho que ver con sus postulados originales.

1.2 Aspectos didácticos



1.2.1. ¿Para qué sirve aprender evolución?

Los pensamientos creacionistas sostenidos por los fundamentalistas, si bien se escudan detrás de la religión, tienen un trasfondo mucho más oscuro y grave, derivan de una perspectiva política y económica que utiliza la ignorancia para someter y manipular a los ciudadanos por medio de su fe y creencias sagradas. Existe detrás de estas ideas unas razones muy peligrosas relacionadas con la educación y la alfabetización científica-tecnológica del pueblo, que atentan contra la democracia y la libre elección de los ciudadanos en temas relacionados con su bienestar, su salud y el medioambiente. Al no enseñar evolución se niegan las ideas básicas de la investigación genética y la biotecnología. Al no divulgarse y enseñarse, el conocimiento científico se convierte en capital de unos pocos privilegiados. Ese conocimiento en manos de unos pocos puede llegar a tener un alto valor económico y esos pocos pueden ejercer su poder oligopólico. En la actualidad empresas privadas patentan genes y medicamentos obtenidos biotecnológicamente, y el ciudadano, quien es el usuario de esos medicamentos, alimentos y demás productos genéticamente modificados, no será capaz de decidir, protestar, requerir, votar en pos de su defensa sin una fundamentación coherente si se le niega la educación científica pertinente. El pueblo perderá el control de las políticas científicas, las multinacionales y las empresas económicamente poderosas definirán qué investigar, si conviene o no económicamente investigar para sacar la vacuna del sida, o crear nuevas variedades de soja, etc. La manipulación de virus y bacterias, no tiene nada que ver con el creacionismo, en los laboratorios se estudia como mutan y evolucionan estos microorganismos y en la actualidad se puede intervenir en esa evolución. Al negar este hecho, se niega la ciencia a la población y al tener la ciudadanía ignorante en cuestiones científicas, se pierden los controles democráticos, unos pocos, con gran poder económico decidirán cosas tan importantes como la salud, el medioambiente, el futuro de la humanidad y su incidencia en la evolución de la vida del planeta Tierra de aquí en adelante.³⁸

Los contenidos evolutivos forman una parte fundamental dentro de la alfabetización científica de los alumnos de nivel secundario básico y superior.

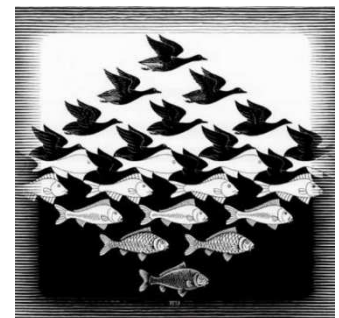
La alfabetización científica apunta a la formación de un espíritu crítico (Fourez, 1994) en los alumnos. Mediante ella se tratará de brindar los recursos necesarios para utilizar los conceptos científicos e integrar valores y saberes para tomar decisiones responsables en la

³⁸ Ver blog personal: <http://cienciayevolucion.blogspot.com>

vida cotidiana, permitiendo al ciudadano común formar parte de una sociedad que pueda ejercer el control sobre las ciencias y las tecnologías que ella misma construye.

Por medio de la alfabetización científica se intentan superar los obstáculos del “sentido común” dándoles los medios para que el sujeto pueda diferenciar opiniones personales de resultados científicos, discriminar entre fuentes válidas de información científica de las falacias de las pseudociencias y pueda buscar y recurrir a ellas cuando necesite tomar decisiones.

La enseñanza de la evolución como parte de una alfabetización científica esencial debe permitir la comprensión de las implicaciones de las tecnologías y valorar la investigación y desarrollo tecnológico asociados a las aplicaciones sustentadas por el encuadre teórico de la biología evolutiva. Además se debe sumar el aprecio cultural de los contenidos científicos relacionados con las teorías evolutivas y su historia, por el hecho mismo de la estimulación intelectual que suscitan, por ser partes fundamentales de los debates filosóficos actuales y que tienen incidencias en diversos campos del quehacer humano.



1.2.2. La enseñanza de la evolución como un desafío para hallar un atajo entre tantos obstáculos

Para el desarrollo de este trabajo he tomado diferentes fuentes bibliográficas que hacen referencia a las dificultades que presentan los alumnos de educación secundaria en la comprensión de los mecanismos evolutivos y que se presentan como obstáculos persistentes (Guillén, 1996, Paz, 2003, 1999, Campos, 1999). Los alumnos al enfrentarse con estos obstáculos los pueden manifestar presentando dificultades desde el punto de vista descriptivo y ejemplificativo (Medin y Wattermoke, 1989). Es importante identificar los distintos obstáculos que se presentan en el aprendizaje de los mecanismos evolutivos para tener la oportunidad de abordarlos desde un punto de vista didáctico, es decir, como objetivos obstáculos que facilitan el aprendizaje de las nociones científicas (Astolfi 1988).

Para poder sistematizar e identificar en mi trabajo de campo, he clasificado esas dificultades presentándolas como obstáculos que se pueden percibir a la hora de enseñar los conceptos y procesos relacionados con los mecanismos evolutivos aceptados por la comunidad científica actual. La detección de dichos obstáculos es importante para ser tenidos en cuenta en el diseño de las secuencias didácticas y las estrategias que ayuden a los alumnos a dar cuenta de ellos, enfrentarlos y en lo posible superarlos.

Considero obstáculo de aprendizaje aquellos conceptos que entorpecen la construcción de nuevo conocimiento. Baso mi concepción de obstáculo partiendo de las ideas de Bachelard, *"es en el acto mismo de conocer, íntimamente, donde aparecen, por una especie de necesidad funcional, los entorpecimientos y las confusiones. ... causas de estancamiento y hasta de retroceso, causas de inercia que llamaremos obstáculos epistemológicos"*³⁹

Un obstáculo se manifiesta por errores que no son debidos al azar. Son errores que aparecen una y otra vez, son reconocibles, se sabe que van a aparecer y que persisten.

Además, estos errores en un mismo sujeto están ligados entre sí por una fuente común, básicamente una manera de aprender o una concepción característica, un conocimiento anterior que tiene que ver con todo un dominio de acción.

Los obstáculos epistemológicos no son necesariamente explícitos ni difíciles de franquear. Lo ideal sería tratar de franquear el conocimiento que obstaculiza, es decir, ver el contexto en el cual es válido. Así mismo en el que no lo es, por lo que no se trata de eliminar el obstáculo, sino conocerlo para desarrollar estrategias para superarlo.

³⁹ En "La Formación del Espíritu Científico", su primera edición fue en 1948.

Los obstáculos no se eliminan de una vez y para siempre, sino que son recurrentes y nunca se eliminan por completo. Pueden surgir tanto en el momento de construcción del conocimiento (primer momento) como en una etapa de finalización. Y pueden ser sorteados en un contexto determinado y mantenerse intactos en otros.

Según Bachelard (1948) habla de “ruptura epistemológica” sugiere que hay algo que romper, una barrera que debe ser derribada para incorporar nuevo conocimiento. De aquí surge su noción de obstáculo epistemológico, es decir, es cualquier concepto o método que impide una ruptura epistemológica. Los obstáculos son residuos de maneras previas de pensar que, cualquiera haya sido su valor en el pasado, comienzan a bloquear la marcha de la investigación. El “sentido común” es, por supuesto, una fuente mayor de obstáculos epistemológicos

Para su análisis los clasifico en:

- Obstáculos epistemológicos

Derivados de la comprensión lógica de la estructura científica. Coinciden con los obstáculos que se fueron presentando a lo largo de la historia de la disciplina.

Entre ellos puedo mencionar los que tienen mayor incidencia en las ideas previas de los alumnos:

- Fijismo: si bien ha sido superado en la mayoría de las comunidades actuales, aún perdura en ciertos sectores bajo la influencia de creencias religiosas fundamentalistas. No lo considero un obstáculo real, porque científicamente fue ampliamente refutado, escaparía al ámbito de la teoría, porque pertenece al hecho evolutivo en sí. Su persistencia está más relacionada con el contexto sociocultural que con el cuerpo lógico epistemológico de la ciencia.
- Esencialismo: el pensamiento esencialista sigue estando presente en el lenguaje cotidiano y se convierte en un obstáculo del lenguaje que dificulta el pensamiento poblacional.
- Cambio a través del tiempo y el concepto de irreversibilidad.
- Visión teleológica.
- Concepción lineal, gradual y progresista relacionada con la tendencia a la perfección derivada de concepciones religiosas. La idea de evolución

representada como escalera. Cadena ininterrumpida de lo más simple a lo más complejo. El término eslabón perdido.

- El papel del azar y la necesidad.
 - Problemáticas propias del concepto de selección natural:
 - Problemática del término selección. Analogía y metáfora.
 - Ente seleccionador.⁴⁰
 - Aptitud y sobrevivencia (tautología).
 - Cómo llegó Darwin a desarrollar la teoría de la selección natural.
 - ¿Qué caminos lógicos siguió?
 - ¿Cómo estructuró su teoría?
 - Los obstáculos epistémicos de su época.
 - Las cuestiones epistemológicas actuales:
 - Las críticas sobre tautología y su solución.
 - Los debates en torno a la unidad de selección.
 - Los valores epistémicos de la selección natural como teoría científica en relación con su época y en la actualidad.
 - Modelo lógico explicativo: relación de hechos e inferencias que forman parte de las teorías (Mayr,1992).
- Obstáculos derivados de interpretaciones espontáneas de distintos orígenes:
 - Del sentido común: Estas ideas muy arraigadas se convierten en obstáculos importantes. Tienen su origen en las experiencias cotidianas y son transmitidos dentro del entorno inmediato, basados en interpretaciones intuitivas y unicasales. Considero aquí a las explicaciones que contienen términos que refieren a lo que comúnmente denominamos “ideas lamarckianas” haciendo referencia a términos tales como “hábito” y “acostumbramiento”. Otra idea arraigada en el sentido común es el antropomorfismo, considerar a los seres vivos como dotados de voluntad para adecuarse a su ambiente, que “tienen una especie de intención al adaptarse”. Estas ideas conllevan a la incorporación de significados equívocos que conforman una visión *naïf* de los procesos biológicos (Grau, 2002).

⁴⁰ Estas ideas se desarrollaron en la primera parte de la fundamentación.

- Culturales: Son obstáculos provenientes de ideas que se formaron bajo la influencia de los medios de comunicación, las lecturas de ficción, la interpretación de textos de divulgación, etcétera. Por ejemplo la idea de individuos mutantes, la idea de la existencia de eslabones perdidos...
- Creencias: estos obstáculos tienen su origen en la concepción del hombre como ente diferente de los demás seres vivos, no participa de la evolución, no clasifica como animal porque posee alma que lo diferencia. Está por encima de la naturaleza, no forma parte de ella. Estas creencias con antecedentes bíblicos es un pensamiento muy arraigado desde la Edad Media que perdura en la actualidad influyendo en el sentido común. Actualmente conlleva un riesgo ético, “el hombre puede decidir el destino de los demás seres vivos, como Rey de la Creación, Dios le dio el poder de intervenir y modificar su entorno y decidir qué seres vivos son útiles o no” mostrando desaprensión y descuido por la naturaleza al no sentirse parte de ella. Otra variante dentro de las creencias, incluye el hombre dentro de la evolución, pero considerándolo su culminación. El hombre como cumbre de una evolución lineal que tiende a la perfección como lo expresaba Teilhard de Chardin en el fenómeno humano (1955).
- Instruccionales: Son los obstáculos que se presentan al enfrentarse con conceptos que se van desarrollando durante la escolarización. Errores comunes en los libros de textos y en la repeticiones de los docentes: supervivencia del más fuerte, entidad personificada en la naturaleza o el ambiente seleccionador, la confusión entre adaptación de una población y aclimatación individual, entre resistencia e inmunidad, cambios morfológicos con mutación, etc.

Las estrategias de enseñanza que se implementen para afrontar estos obstáculos dependerán en gran parte de la situación concreta en que se impartan, el contexto sociocultural, los intereses de los alumnos y los recursos con que se cuente entre otras cuestiones. Pero se debe comenzar por explorar la existencia de estos obstáculos y que los alumnos den cuenta de ellos.

1.2.3. La historia que escriben los manuales

Para iniciar una investigación exploratoria sobre cómo tratan los contenidos (origen de la biodiversidad, origen de la vida, evolución y herencia) he analizado veintitrés manuales que se utilizan actualmente en las escuelas de la provincia de Buenos Aires, de diferentes editoriales publicados entre 1995 y 2009⁴¹.

Partí de la idea que es imposible utilizar el enfoque histórico para fines didácticos sin establecer recortes, y todo recorte conlleva un sesgo.

Para una sistematización catalogué los contenidos según el modo de utilización de la historia de los conceptos: relatos, biografías, documentos, experiencias y demostraciones. Tratando de identificar fundamentos, mitos, repetición de errores y ajustes del recorte y la adaptación didáctica:

- Evolución de los conceptos

La revisión histórica relacionada con un concepto científico determinado es imposible realizarla en forma completa. No se puede dar cuenta de todos los datos implicados, de allí que surja la necesidad de seleccionar y organizar la información a fin de obtener un relato coherente. Siempre va a tener un determinado sesgo, una orientación, que va estar determinada en mayor medida por los objetivos o finalidad explícita o implícita que se persigue y la postura epistemológica del historiador consultado o autores del manual.

El riesgo de la selección de datos es el reduccionismo, que conlleva a tener en cuenta sólo la actividad científica relevante cuyos resultados o descubrimientos llevaron a la consolidación de la disciplina actual.

Los relatos históricos evolutivos se reducen a una narración de acontecimientos concatenados de manera lineal hasta llegar a las concepciones avaladas en la actualidad. Esta visión que se puede caracterizar de anacrónica (Kragh, 1987) estudia el pasado a la luz del presente, también ha sido etiquetada como “whig”, (Boido, 1993) es la más común en los manuales editados desde 1995 a 1998.

⁴¹ Se analizaron doce manuales escolares de 8° y 9° de Tercer ciclo EGB y de 2° y 3° años ESB editados entre 1996 y 2008 por las siguientes editoriales: Santillana, Estrada, Aique, Puerto de Palos, Longseller, Tinta fresca, CM, Kapelusz y Plus Ultra. Seis libros de texto actuales de secundaria y polimodal, de Puerto de Palos, Santillana, Estrada y Tinta fresca. Cinco libros de texto actuales para superior e ingreso universitario (los más usados en el profesorado: Curtis, Vilee, Campbell, Ausdesirk, Fried)

En otros casos, existe una versión menos lineal, como un relato recurrente (Bachelard, 1972). Aparentemente se presenta como una secuencia lineal, porque los nuevos conceptos emergen de los anteriores. Esos conceptos preexistentes pueden pertenecer a estructuras diferentes y deben reformularse. Se aprecia una secuencia de errores y correcciones. Cada vez que se introduce un nuevo concepto, se desarticula y se reorganiza la disciplina provocando una autoevaluación y revisión de su pasado, de allí la recurrencia. Si bien sigue siendo un punto de vista anacrónico, no invalida los conocimientos anteriores comparando con los conocimientos actuales, porque no es teleológico ni acumulativo. Cada vez que se reformula un concepto hay un corte en la secuencia que deja de ser lineal. Por último, en la evolución no lineal de los conceptos científicos se presenta la visión kuhneana de los paradigmas y las revoluciones científicas (Kuhn, 1962). En los manuales explorados no se utiliza esta visión en la temática analizada, si en los modelos de universo. En dos manuales, en sus últimas ediciones, se considera revolucionaria a la teoría de la evolución darwiniana porque “marcó el camino de la Biología actual”.

- Relatos, anécdotas

La utilización de relatos anecdóticos es común en los textos para estos niveles educativos. Los relatos pueden tomar sólo algunos elementos de la historia, especialmente se eligen los más significativos para el alumno. Como la finalidad no siempre es enseñar la historia del concepto, se extraen las acciones y los actores de su contexto y se los adapta a situaciones familiares de los alumnos.

En seis de los manuales más utilizados se adapta el caso de selección natural estudiado por Kettlewell y Ford con las polillas *Biston betularia*, en un relato accesible a la comprensión del alumno. En “Los caminos de la Evolución” (Biología 2, edición 1996), se incluye el cuento “Las mariposas del Señor Gris” basado en dicho caso. Aquí se cambia el contexto conservando la esencia de la experiencia, trasladando el ambiente, lenguaje e idiosincrasia a la cotidianidad del alumno.

- Biografías

Las biografías de personajes claves en relación con los contenidos que se desarrollan se incluyen en apartados o recuadros. Están simplificadas y no contienen datos relevantes que ilustren la época y el contexto socioeconómico, ni la actividad e interacción con otros miembros de la comunidad científica. Contienen fecha y lugar de nacimiento, obras publicadas y actividades destacadas que desarrolló, invenciones o descubrimientos.

En los relatos biográficos se corre el riesgo de asociar un concepto científico a un único personaje transmitiendo la idea del descubrimiento científico o el hallazgo de una teoría explicativa, como un emprendimiento individuales, fruto del esfuerzo y el talento de una

sola persona, aislada de su comunidad. En estos casos aparecen la leyenda y los mitos de la inspiración como la “manzana de Newton” o el “viaje iniciático de Darwin”

Sólo en dos manuales, se incluye la interacción de Darwin con otros naturalistas, con Lyell y Wallace. Solamente en uno se destaca la influencia de Malthus, además del viaje del Beagle y la visita a las Galápagos.

- Modelos y Demostraciones de Experiencias Históricas

En la simplificación, se incurre en errores o en ridiculizaciones como es el caso de las experiencias sobre la generación espontánea, que al ser extraídas del contexto sociocultural y las concepciones de la época, generan la desestima y la comicidad. En dos de los manuales se presenta la “fórmula” para crear ratones de Van Helmont. En uno de ellos, se grafica, sin ninguna explicación, una camisa vieja más una bolsa de trigo, dando como resultado cinco ratones, con el epígrafe “supuesta fórmula para producir ratones por generación espontánea”. Utilizando como título “teorías de la generación espontánea” se agrupan las ideas de Aristóteles, las creencias medievales y la “receta” de Van Helmont. Para resolver esta situación se relatan las experiencias históricas de Francesco Redi, Spellanzani y Pasteur. En dos de los manuales se propone el trabajo práctico para comprobar las experiencias históricas.

Un modelo que se reitera es el del origen del cuello de las jirafas. Se corre el riesgo de reemplazar las ideas con imágenes que resultan persistentes. En lugar de establecer anomalías para confrontar las ideas previas, provocan el afianzamiento de éstas. La ubicación de las imágenes genera confusión: En un manual se dan explicaciones sobre selección natural junto a un esquema del modelo de las “*jirafas lamarckianas*”.



La historia al revés

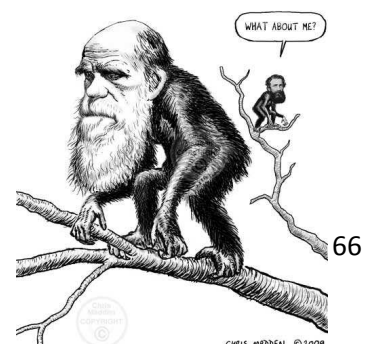
Los textos analizados muestran una especie de “historia al revés”, contada desde el presente.

Según Francois Jacob (1970) la historia de la Biología tiene dos modos: la sucesión y la genealogía de las ideas, una especie de historia al revés, vista desde la perspectiva del presente. Este modo encajaría en el enfoque “*whig*”, es decir “*el estudio del pasado teniendo el ojo puesto en el presente*” (Kragh, 1989).

La perspectiva historiográfica denominada “*Whig*” es una manera de analizar los acontecimientos sucedidos en el pasado a través de una visión lineal o anacrónica (Boido, 1993). Al realizar un análisis histórico de la actividad científica se lo hace en relación al conocimiento que se tiene en el presente con el fin de poder determinar de qué forma la ciencia llegó a evolucionar hasta lo que es en la actualidad.

La adopción de esta postura crítica deja en claro la siguiente cuestión: la última visión de la realidad resulta ser la correcta y las anteriores pueden ser válidas siempre que hayan realizado algún aporte para su formación, de lo contrario, todo conocimiento que no es utilizado para ese fin, adquiere muy poco o ningún valor.

En cambio, el otro modo de hacer historia, que Jacob denomina “arqueología del saber” citando a Foucault, es un tipo de historia sincrónica que trata de ver cada período en su contexto desarrollando sus posibilidades y estableciendo sus relaciones. Cada época se caracteriza por el campo de lo posible que definen no solo las creencias y teorías sino la naturaleza de los objetos accesibles a su análisis, los medios de llegar a ellos y estudiarlos. La lógica, dice Jacob, sólo puede actuar dentro de este enfoque.



1.2.4. Mitos en la enseñanza de la evolución

La leyenda romántica del genio, un héroe solitario que “ve” lo que otros no ven, presentado como el elegido que realiza todos los pasos correctos hasta lograr su objetivo, impregna los discursos en la enseñanza de los logros científicos, descubrimientos y desarrollo de teorías.

En el caso de la enseñanza de la evolución el viaje de Darwin en el Beagle y especialmente su visita a las islas Galápagos se convierten en algo así como su manzana de Newton o una especie de piedra roseta donde estaba el código de la evolución que sólo él pudo descifrar. En realidad se podría dar una visión más humana, del hombre en su contexto a partir de la lectura de los documentos de la época.

Darwin no se embarcó como naturalista, sino sólo era un supernumerario cuya tarea principal era ser compañero de mesa y entretener al capitán con charlas culturales. Cuando renuncia el naturalista que había sido designado oficialmente, él toma su puesto y continúa su recolección de objetos. Tampoco la finalidad del viaje era llevar un naturalista sino hacer mapas de las costas con una finalidad económica.

La leyenda muestra un Darwin iluminado frente a la naturaleza, especialmente en Galápagos (“*cuna de la evolución*”), pero en realidad su teoría la va ir construyendo al regreso, al tomar contacto con la comunidad científica de Londres y Cambridge, sin los aportes de sus colegas no hubiese podido interpretar lo que “vio” en su viaje (especialmente Owen y Gould además de Lyell y sus antiguos profesores como Henslow). El trabajó en su teoría en el seno de una cultura, interactuando con sus pares y su camino no fue para nada directo como lo demuestran sus notas. Fue influenciado por otras disciplinas, al leer distintas fuentes, principalmente textos de economía, filosofía, etc. No fue casualidad que leyera a Malthus y tampoco fue su iluminación, para ese momento sólo le faltaban atar algunos cabos, la teoría de la selección natural ya estaba esbozada. Su proceso se podría describir de manera piagetiana estructurado a base de asimilación y acomodación y construcción de nuevos equilibrios (Gruber, 1981).

La historia que se utiliza, comúnmente, en la enseñanza de los contenidos evolutivos está impregnada de leyendas y mitos. Se narra una especie de cuento que describe hechos encadenados hacia un final feliz: la obtención del gran descubrimiento o formulación de la súper teoría; siempre con un sólo protagonista, el genio elegido, los demás sólo pueden haber sido meros datos con los cuales tropieza o bien olvidables precursores.

El mito del precursor

Si seguimos el curso de un tipo de historia presentista (historia al revés) buscando en el pasado lo que necesitamos para armar el presente, vamos a ir indagando el inicio de un concepto o teoría, tratando de encontrar iniciadores o precursores de la teoría aceptada actualmente.

La idea de un iniciador es la de alguien que comienza algo para que otro lo continúe. Es una injusticia histórica. Es común encontrar en los libros la historia de Lamarck presentado como un “visionario” como alguien que se adelantó a su tiempo con sus ideas y por eso no fue entendido. La idea de un visionario hace colocar a la persona en el lugar y tiempo equivocado como que “vio” antes que otros y los otros en realidad lo realizaron en el tiempo correcto, él solo fue un precursor (Barthelemy-Madaule, 2000).

Este mito del precursor no deja apreciar la verdadera capacidad de la persona en su contexto. Lamarck no es precursor de nadie. Él no se sintió a sí mismo como un precursor. Si uno se despoja de esa idea puede ver al científico como productor de sus logros y posibilidades en relación con su época y circunstancias. Lamarck como él propio, sin compararlo con nadie. ¿Qué concepciones había en su época, qué creencias? ¿Qué conceptos nuevos elaboró? ¿Cómo cambió la observación de los fenómenos a través de sus nuevos conceptos? ¿Cómo se integró a las ideologías de su época? Ver sus producciones dentro de un sistema de relaciones propias sin evaluarlo con los parámetros de los sistemas actuales.

Darwin y sus pinzones

No hay un libro de texto que no mencione el estudio que hizo Darwin de los picos de los pinzones durante su viaje a las Islas Galápagos. En realidad, Darwin no estudió esos pájaros durante su viaje, ni se detuvo a observar la diversidad de picos durante su estancia en dichas islas. Él juntó varios ejemplares sin identificarlos que luego se mezclaron sin saber a qué isla, de las cuatro que visitó, pertenecían. Por los comentarios del vicegobernador de las islas supo que se podía asociar cada tortuga a la isla que pertenece por su caparazón. Después de partir, él reflexionó sobre ese tema, pero tampoco conservó los caparazones de tortugas, los cuales eran tirados al mar luego de ser consumidas las que guardaban vivas en sus bodegas. De regreso se dio cuenta que no había etiquetado a las aves y que quizá como las tortugas, pertenecerían a islas diferentes. Fueron los tres sinsontes que recogió los que le ofrecieron una pista relacionada con la especiación

(Bowler, 1990), pero fueron los pinzones los que se transformaron en el ejemplo paradigmático.

Ya en Inglaterra, en 1837, su amigo el zoólogo John Gould, identificó a las distintas especies de pinzones y le ayudó a escribir la Zoología del viaje del Beagle (Huxley, 1985). Igualmente no fue muy significativa para su teoría la historia de los pinzones. En el Origen de las Especies no menciona el ejemplo, si, se refiere a los sinsontes, las especies que viven en distintas islas y sus parecidos y diferencias con los sinsontes del continente, para apoyar la idea del ancestro común.

La fama de los pinzones surge posteriormente a Darwin con los estudios realizados por David Lack a mediados del siglo XX y los esposos Grant que desde 1973 durante 30 años estuvieron observando y midiendo las distintas variedades hasta comprobar cómo actúa la selección natural en cortos plazos de tiempo, refutando en este caso el gradualismo darwiniano (Grant, Grant, 2008).

Generalmente se agrega a los libros de texto el esquema de los pinzones y sus distintos picos adaptados a distintas dietas refiriendo dicho estudio a Darwin, pero en realidad esas clasificaciones recién se comenzaron a completar durante la década de los setenta.

La utilidad de los mitos en la enseñanza de la biología

La bibliografía marca la presencia del uso de la historia para favorecer la comprensión de estos temas, pero también hay indicadores que muestran que un relato lineal no favorece su aprendizaje y puede conducir a errores.

En las prácticas llevadas a cabo aplicando un enfoque histórico contextualizado se observó que los alumnos demostraban mayor interés y participaban activamente de los debates, investigando y confrontando distintos textos.

Por ello, a modo de conclusión, pensamos que es necesario generar contextos de enseñanza que problematicen dichos relatos y permita discutir con los alumnos y generar argumentos sólidos (De Longhi A., 2007).

En una planificación de una unidad didáctica se deberían incluir situaciones problematizadoras. Utilizar las anécdotas y los mitos para generar el debate y plantear situaciones problemáticas valiéndonos de los mismos textos y manuales que tenemos a mano en cualquier escuela secundaria y los recursos accesibles por medio de Internet. Estimular a los alumnos a indagar en textos originales, presentar conclusiones, guiarlos en la construcción de su propio discurso.

1.2.4. “No les puedo quitar las jirafas de sus mentes”

En todos los libros de textos explorados, aparece con la intención de confrontar las ideas previas, el ejemplo de las jirafas que tuvieron que alargar el cuello para alcanzar las ramas de los árboles. En muy pocos casos se hace referencia de manera anecdótica, al contexto histórico y las razones que llevaron a los científicos de la época a forjar ese ejemplo. En algunos casos se confronta con la explicación darwiniana de la existencia de una población heterogénea con jirafas de cuello corto y de cuello largo, que al producirse un cambio ambiental que afectó a los pastizales, las jirafas que no pudieron alimentarse de los árboles se extinguieron y sólo quedaron las de cuello largo.

Si el docente presenta los contenidos a la manera de los libros de texto, puede incurrir en los mismos errores que aún persisten en la “ciencia escolar”.

El modelo de la jirafa que estira el cuello para alcanzar la copa de los árboles persiste más allá de la escolarización.

En nuestra experiencia como profesoras hemos notado que se hace difícil que los alumnos den cuenta de la existencia de un conflicto en la explicación “lamarckiana”. La imagen de las jirafas que alargan el cuello para alcanzar las hojas es muy fuerte y está muy arraigada en el sentido común, hasta en los cuentos infantiles se presenta la jirafa con el cuello largo “para alcanzar la copa de los árboles”; y al utilizar el ejemplo ilustrado en los libros, estamos fortaleciendo esa imagen intuitiva. Observamos que esa idea persiste durante los subsiguientes años de escolarización y reaparecen en carreras universitarias y aún en alumnos del profesorado de biología. El impacto de una explicación simple y la imagen del simpático animal, casi un icono de la evolución compite con ventaja, con los nuevos conocimientos.

Desde los cuentos infantiles hasta los distintos niveles de escolarización nos fueron convenciendo con una mala interpretación de la evolución del cuello de las jirafas. Es innegable el arraigo en las tradiciones infantiles y en el sentido común. Las jirafas que estiraron su cuello gradualmente para alcanzar las hojas de los árboles pasaron a formar parte de un imaginario colectivo.

Stephen J. Gould en su artículo *The tallest Tale*, (Gould, 1996) menciona que todos los libros de educación secundaria presentan de la misma manera la teoría de la evolución, utilizando al ejemplo del cuello de las jirafas, que con el tiempo se fue alargando gradualmente para adaptar al animal para obtener alimento de las copas de los árboles, siguiendo una tradición histórica, que como él afirma, simplemente, no existió.

Gould argumenta que ningún historiador natural “decente” usaría un caso especulativo como ilustración de su teoría central.

Para Lamarck fue sólo un ejemplo más, nunca elevado como modelo central para demostrar su teoría. Es más, Lamarck afirmaba que la jirafa poseía las patas delanteras más altas que las traseras, si le hubiese dado mayor importancia al ejemplo hubiese tratado de informarse, ya en su época existía documentación que hubiese subsanado ese error.

Darwin ni menciona el cuello de la jirafa como ejemplo de selección natural, sólo en 1868 presenta una especulación, de cómo dicho animal pudo haber obtenido el cuello tan largo, para apoyar al gradualismo. Mivart aprovecha esta historia para caricaturizar una teoría con la que no estaba de acuerdo. Después Darwin en la sexta edición responde ampliando la historia y argumentando a favor del gradualismo que el cuello de la jirafa es una adaptación trófica, pero no descartaba las fuerzas lamarckianas como la ley del uso y desuso operando en forma conjunta con la selección natural.

Gould se pregunta cómo una leyenda se transformó oponiendo las dos teorías, contrastando de esa manera las fuentes históricas. Al parecer, uno de los primeros que utiliza esta historia fue el paleontólogo norteamericano Osborn en su libro “El Origen y Evolución de la vida” de 1918. Él confronta las dos teorías con el ejemplo del cuello de las jirafas y concluye que probablemente Darwin estaba en lo cierto y que Lamarck se equivocó. Y ese fue el comienzo de la leyenda de los libros de texto.

La utilización del enfrentamiento entre Darwin y Lamarck, hipotético e inexistente, es un recurso de los textos en la enseñanza de los mecanismos evolutivos, pero ¿es adecuado utilizarlo para confrontar las ideas de los alumnos o provoca mayor confusión? ¿Refuta a Lamarck con la versión darwiniana?, ¿esa es la versión aceptada por la ciencia actual?

Si leemos Filosofía Zoológica, (Lamarck, 1809) podemos apreciar la poca importancia que se le da a las jirafas en ese libro en relación con la que le atribuyen. En muchos textos aparecen como “las jirafas de Lamarck”, pero él solo le destina un pequeño párrafo, comparándolas con el avestruz, y en cambio se detiene más en animales como el perezoso arborícola, por ejemplo. Fue Darwin quien nombra a Lamarck y su ejemplo de las jirafas. Pero no en la primera edición de “El Origen de las Especies” donde se detiene más en el ejemplo de la cola que las jirafas utilizan como “espanta moscas” que en su largo cuello.

El que utilizó la explicación de la selección natural para refutar la idea lamarckiana del origen del cuello largo de la jirafa fue Wallace en su famoso artículo "*Ternate essay*" que fue escrito en 1858 y que hizo que Darwin se apurara a publicar su teoría. "*La jirafa no adquirió su cuello largo por su deseo de alcanzar el follaje de los arbustos más altos, estirando su cuello para dicho propósito, sino porque cualquier variedad que ocurra con un cuello más largo que el usual tendrá más éxito en alimentarse que sus compañeros de cuello corto y, cuando haya escasez de alimentos, sobrevivirán mejor que los otros*"

Darwin en la sexta edición de "El Origen" (1872) se explaya más sobre el ejemplo de la jirafa y su cuello para rebatir las objeciones de Mivart (1871) que utilizando este ejemplo puso en duda la selección natural como mecanismo impulsor de cambios en estructuras complejas. S. G. Mivart, zoólogo evolucionista puso de manifiesto lo absurdo de la idea de que un proceso de selección fuera el responsable de la aparición gradual y al azar de nuevas estructuras: *La selección natural es incapaz de explicar las etapas incipientes de las estructuras útiles* (Mivart, 1871). Darwin tomó una por una las objeciones del zoólogo y las refutó utilizando principalmente el ejemplo de la jirafa. Él explica cómo los individuos que poseían un cuello largo iban teniendo mayores ventajas en un ambiente de escasez y aparte consideraba otras ventajas del cuello más alto, que podía funcionar como atalaya para avistar a los leones sus depredadores naturales y también como defensa: "*Este animal también utiliza su largo cuello como un arma ofensiva y defensiva, moviendo violentamente su cabeza armada como de muñones de cuernos. La conservación de cada especie raras veces puede estar determinada por una sola ventaja, sino por la unión de todas, grandes y pequeñas*" (Darwin, 1872).

Esta argumentación de Darwin para defender la selección natural malentendida por Mivart es el principio de la historia que se copia y se ilustra en los libros de texto hasta el día de hoy.

Pero no solo la explicación lamarckiana fue refutada, la de Darwin también, la evolución del cuello de la jirafa no fue gradual, nunca se encontraron evidencias fósiles de que fuera así. Y una explicación sin evidencias no tiene validez científica.

Las investigaciones de campo que se vienen realizando desde los años sesenta, aportan evidencias en contra de una adaptación para la obtención de la comida de los árboles en época de escasez, y en cambio el cuello largo estaría relacionado con una selección sexual. Los machos luchan con él para ejercer dominación y tener acceso a las hembras. En el Serengeti, Simmons y Scheepers (1996) observaron que las jirafas

machos son las que más tiempo comen de las ramas más altas y utilizan su cuello para competir con otros machos. Las jirafas comen más hojas en la estación húmeda cuando hay también pastos, porque las acacias tienen mejor follaje y las hojas son más tiernas, en cambio en las estaciones secas prefieren la hierba aunque esté seca. Según estos investigadores, ambos sexos se alimentaban más rápidamente y más a menudo con sus cuellos doblados. Estas observaciones, concluyen "*que los cuellos largos no evolucionaron específicamente por alimentarse a distintos niveles*".

La poca evidencia fósil no avala que las jirafas antiguas eran más pequeñas, todo lo contrario, una jirafa del Mioceno era más robusta que la actual, además existen variaciones en la familia de los jiráfidos actuales, a la cual pertenece también el okapi, que no es más que un tipo de jirafa pigmea como la especie fósil que se extinguió en el Pleistoceno. Hasta ahora las evidencias paleontológicas con respecto a la evolución de la jirafa avalan la teoría de los equilibrios punteados, según la cual la evolución no fue gradual ni siguió un patrón determinado.

¿Y para qué sirve entonces un cuello tan largo?

En el lenguaje que utilizamos en la enseñanza para explicar las adaptaciones no podemos abandonar términos teleológicos. La explicación teleológica hace alusión a medios-fines (López Manjón, 2000). Esta tendencia al finalismo, nos hace pensar que todas las estructuras fueron diseñadas para algo, que tienen una finalidad. Este es un error común que se comete al hablar de evolución y adaptación que conlleva al vitalismo, a una visión antropomórfica y a entender las estructuras de los seres vivos separadamente y cada una con una utilidad específica.

En biología es común utilizar fin o propósito para designar una función. Cada órgano, cada parte tiene un propósito, cumple una función determinada.

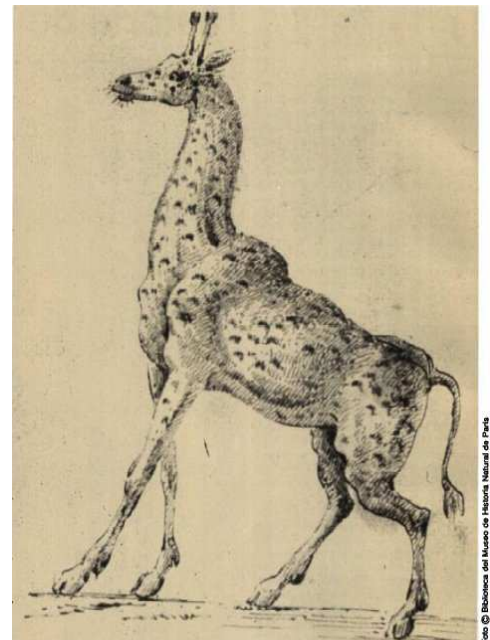
Una dificultad que aparece al hablar de adaptación es la confusión que presentan nuestros alumnos, entre acomodación fisiológica o funcional, aclimatación, como la respuesta individual al cambio de temperatura y el cambio adaptativo poblacional hereditario como el color del pelaje de los osos o el tamaño de los picos de los pinzones.

Nos permitimos utilizar expresiones teleológicas al explicar los tropismos, por ejemplo, pero implícitamente no pensamos que en realidad existe un propósito, una meta en la planta que la lleva a “moverse” hacia la luz. Es muy difícil explicar estos temas dando sólo una explicación causal. Pero si nos quedamos sólo con la explicación teleológica sin su confrontación, corremos el riesgo de antropomorfizar los fenómenos naturales y en materia de evolución y adaptación incurrimos fácilmente

en el error, asignando una meta previa a la selección natural y un propósito u objetivo implícito de antemano en el cambio evolutivo.

Esta idea de no encontrar aún el fin de la historia opacada por la leyenda, que se sostiene en forma indiscutida a través del tiempo, puede ser aprovechada didácticamente. Puede convertirse en una manera estimulante de plantear los desafíos de la teoría evolutiva a través de la historia y cómo un ejemplo sirve, a veces, para ilustrar puntos de vista divergentes. La evolución de las jirafas se puede interpretar desde explicaciones darwinianas ortodoxas, desde la genética de poblaciones, desde el equilibrio puntuado; se puede especular, comparar, refutar, buscar evidencias y fundamentos teóricos, parentescos evolutivos, representar los distintos árboles filogenéticos posibles, entre otras opciones.

Figura 7: Jirafa dibujada por Cuvier (cometió el error común de esa época, asignándoles mayor altura a las patas



1.2.6. Cambio de representaciones o evolución conceptual

Uno de los ejes principales de este trabajo es el cambio conceptual, es decir el cambio de las concepciones previas erróneas de los alumnos por los conceptos científicos aceptados en la actualidad. Se ha escrito mucho sobre el cambio conceptual, para este trabajo, me centro en el enfoque de Pozo. Los principales interrogantes que giran sobre este tema los podría plantear de la siguiente forma: ¿Cómo ocurre el cambio conceptual? ¿En realidad ocurre? ¿Qué cambia en el cambio conceptual? ¿Se sustituye un concepto por otro? ¿Se integra el nuevo concepto a los esquemas anteriores? ¿Existe una especie de selección conceptual, una especie de mecanismo evolutivo de conceptos? ¿El cambio atañe sólo a conceptos? ¿El concepto es una representación? ¿Cómo se construyen las nuevas representaciones?

Al iniciar esta tesis había optado por denominarla “*El enfoque histórico como facilitador del cambio conceptual en el aprendizaje de los mecanismos evolutivos*”, pero en el transcurso de la investigación, me di cuenta que no se trataba sólo del cambio de un concepto determinado y que no era tan simple sustituir un concepto considerado erróneo por otro por el sólo hecho de confrontarlo con contraejemplos. En la práctica de campo observé que el alumno enmascaraba sus concepciones, repitiendo la nueva información para la clase circunstancial, pero sus ideas reaparecían al presentar otra actividad o en otra situación.

Las concepciones de los alumnos no cambian o evolucionan hacia un pensamiento más complejo si simplemente se los confronta a un modelo científico acabado (Merino, 1998) o por la primera explicación del profesor.

Un nuevo concepto no necesariamente reemplaza a las ideas previas, a veces es complementario a éstas y puede haber construcción de esquemas nuevos sin necesidad de partir de ideas previas al encarar nuevos eventos o situaciones (Mortimer, 2000).

Un paso imprescindible es generar la situación propicia para que el alumno tome conciencia de sus propias ideas. Pozo (1989) plantea la necesidad de proponer problemas concretos, de enfrentar al alumno con situaciones conflictivas que supongan un verdadero desafío para sus ideas, de ampliar sus marcos explicativos para que el propio alumno admita las ventajas de la nueva forma de explicar. Para que el conflicto se produzca deben existir explicaciones alternativas las que se deben confrontar.

La interacción entre las ideas o concepciones previas y la nueva información va a dar un aprendizaje significativo, pero esas concepciones están implícitas y necesitan ser activadas

y se forman como construcciones situacionales, se expresan ante una situación desencadenante.

Estas concepciones no son conceptos invariables, sino más bien “modelos mentales” (Pozo 1999), lo que permanece en ellos es la estructura implícita en la que se basan, no el concepto que se construye en cada situación, éstas varían en cada contexto, pero se puede atribuir una consistencia interna variable de estas ideas.

Pozo denomina cambio representacional porque lo que se produce es más que el mero cambio de un concepto por otro *“los alumnos adquieren representaciones sobre el mundo que les permiten detectar sus regularidades, haciéndolo más predecible y controlable. Pero todo sucede de forma implícita, o sea, sin que la persona sea consciente ni de los procesos que utiliza para hacer esas predicciones o acciones, ni en muchos casos de sus propias representaciones, si no es a un nivel muy superficial.*

De esta forma los alumnos tienen un conocimiento implícito que les proporciona “reglas prácticas” similares a las que se suponía que constituían la esencia del conocimiento científico en los modelos inductivos de la ciencia”⁴²

Para provocar el cambio se requieren redescibir los modelos anteriores con nuevos lenguajes (Jiménez Aleixandre, 1998) o formatos representacionales diferentes. Esto se puede lograr generando formas de organización social de las actividades de enseñanza-aprendizaje que conlleven códigos de comunicativos y legitimaciones que los alumnos puedan incorporar.

No se trata de enseñarles a los alumnos los esquemas o principios generales del conocimiento científico sino ayudarles a construir esos esquemas en dominios o contextos específicos (Pozo, 1999).

Para construir esos esquemas en cada contexto específico es necesario vislumbrar los obstáculos que se presentan como conflictos que brindan oportunidades para confrontar explicaciones alternativas.

La labor del profesor es en buena medida, manifiesta Pozo (1999), ayudar al alumno a explicar o redescibir sus propias concepciones implícitas, contrastándolas con otras explicaciones explícitas, a través del diseño de ciertos escenarios y estrategias de enseñanza. La labor del alumno es argumentar redescibir el discurso del profesor en función de sus concepciones implícitas, así mediante esa explicitación se irán reestructurando.

⁴² Pozo, 1999, Más Allá del Cambio conceptual: El aprendizaje de la Ciencia como cambio representacional” Enseñanza de las Ciencias, 17, 3. Pag. 514

Entonces ¿no se sustituye un concepto por otro como las revoluciones kuhneanas, sino se integran o transforman como una especie de evolución lineal? ¿O bien sucede una especie de selección, se adapta cada concepto o su explicación a un contexto o situación específica, siendo este “seleccionado” en la interacción social?.

Toulmin analiza la evolución conceptual basándose en analogías biológicas. Parte de poblaciones de conceptos que pueden ser seleccionados o no. Por un lado toma una vía transversal y analiza el proceso en una secuencia de ‘conjuntos representativos’, que abarcan la totalidad de los conceptos vigentes en la disciplina en tiempos sucesivos, esta vía permite enfocar la atención a cuestiones concernientes a la racionalidad, especialmente en lo que respecta a los cambios ‘no lógicos’ entre conjuntos representativos sucesivos de conceptos; y por otro lado, la vía longitudinal o genealógica, que considera el desarrollo posterior y el destino ulterior de conceptos particulares a lo largo de la historia, y por último, la vía evolutiva o combinada, que permite analizar el cambio conceptual como el resultado de un proceso dual de variación conceptual y selección intelectual, en esta vía se registra explícitamente el hecho de que sólo algunos de los conceptos corrientes de una disciplina son, en cualquier etapa en particular, temas activos de debate y la base del trabajo y la innovación científica (TOULMIN, 1977).

Toulmin se abocó a los aspectos colectivos del uso de los conceptos en las disciplinas intelectuales y en la vida social en general. Él no toma a los conceptos como representaciones 'internas', sino como representaciones 'externas', o públicas, que son usadas por los miembros de una comunidad epistémica para llevar adelante sus procesos explicativos, y destaca que los aspectos públicos del uso de los conceptos son determinantes de su sentido.

"Para hacer justicia a la complejidad de los conceptos científicos debemos distinguir tres aspectos o elementos en el uso de tales conceptos: I) el lenguaje; II) las técnicas de representación, y III) los procedimientos de aplicación de la ciencia. Los primeros dos elementos comprenden los aspectos «simbólicos» de la explicación científica..., mientras el tercero comprende el reconocimiento de las situaciones a las que son apropiadas esas actividades simbólicas" (citado por PRONO, 2004).

Según Toulmin la construcción de conocimiento científico y la evolución de los conceptos se entrelazan de manera compleja y existen determinados contextos, situaciones y problemas a los que se enfrentan los científicos a la hora de proponer determinadas teorías que les permitan describir y representar las ideas sobre el mundo, donde el juicio personal, la comunidad que integran, los contextos a los que pertenecen, determinan su propia acción.

1.2.5. Hechos cotidianos y explicaciones científicas

No todos los hechos cotidianos necesitan de una explicación científica. Las personas no andan todo el tiempo utilizando explicaciones científicas en sus actividades cotidianas.

Algunos hechos cotidianos para comprenderlos pueden necesitar de una explicación científica como la resistencia a los piojicidas, pero las explicaciones científicas no se dan en el contexto de lo cotidiano, sino en el ámbito de la investigación.

En la escuela se utilizan términos científicos en las explicaciones de una clase de ciencias. La explicación científica se transpone para construir una explicación escolar.

Cada explicación está relacionada con el contexto por eso pueden coexistir conceptos e ideas contradictorias en un mismo sujeto, pero las utiliza en situaciones diferentes.

El lenguaje que se utiliza en la escuela, en una clase de ciencias es distinto al lenguaje cotidiano. Para que haya aprendizaje debe haber comunicación e intercambio para que el alumno pueda construir los nuevos significados.

Algunos obstáculos que se pueden presentar al introducir el lenguaje científico en la escuela surgen de las diferencias que posee con el lenguaje cotidiano. Hay palabras que tienen distinto significado en el lenguaje cotidiano y en el lenguaje científico y hay términos científicos que pasan a formar parte del lenguaje cotidiano y que los medios de comunicación y el uso común han tergiversado.

En la clases de ciencias, hacer explícito las diferencias entre el lenguaje cotidiano y el científico no quiere decir que se deba sustituir el primero por el segundo (Jiménez Aleixandre, 2003), sino diferenciar los contextos en los que son aplicados.

Los hechos cotidianos se pueden explicar de diferentes maneras, dependiendo del contexto. Aprender ciencias es, entre otras cosas, aprender a hablar del mundo que nos rodea en otros términos (Jiménez Aleixandre, 2003).

1.2.6. El enfoque histórico como facilitador

“La mayoría de los problemas científicos se entienden mucho mejor estudiando su historia, que su lógica.” Ernst Mayr

Se reconoce desde hace tiempo cierto paralelismo entre los modelos epistemológicos del cambio científico, respecto al cambio en la construcción de los conceptos por parte de los alumnos. Esa idea viene siendo promovida en diversos trabajos publicados en revistas de enseñanza de las ciencias, entre otros puedo citar: *“Acomodación de un concepto científico: Hacia una teoría del cambio conceptual”* (Posner, G. y col. 1982); *“Teoría y práctica de la Educación”* (Novak, J. 1982); *“Filosofía de la ciencia, Ciencia y educación Científica”* (Hodson, D. 1985); *“El cambio conceptual en el aula: Una perspectiva filosófica”* (Nussbaum, J.1989); *“Contribución de la Historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza – aprendizaje como investigación”* (Gil, P. D. , 1993); *Historia, filosofía y Enseñanza de las Ciencias: Una aproximación actual* (Matthews M. R.,1994).

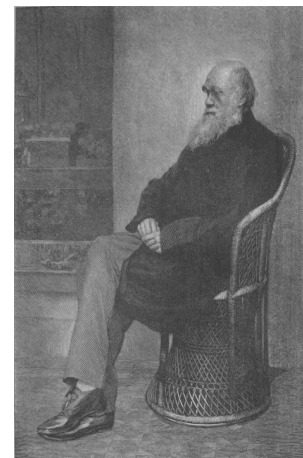
En la orientación constructivista sobre la enseñanza de las Ciencias se hace hincapié en las ideas o concepciones previas que poseen los alumnos con respecto al tema a enseñar.

Remarco para este trabajo la importancia que tiene el postulado que sirvió de guía para algunas investigaciones en Didáctica de las Ciencias: algunas de las ideas previas guardan cierta relación con las mantenidas por la comunidad científica a lo largo de la historia (Gagliardi, 1988; Pro, 1997). Según estos autores los mismos obstáculos epistemológicos encontrados en la evolución de la historia de la ciencia son los obstáculos de aprendizaje que tienen que superar los alumnos en el desarrollo de sus ideas. Para ellos la Historia de la Ciencia se puede utilizar como recurso en la enseñanza de las Ciencias Naturales, especialmente para la introducción de ciertos conceptos, que por su nivel de abstracción y la imposibilidad de experimentación y apropiación mediante modelos concretos, dificulta la confrontación de los saberes previos de los alumnos.

Algunos autores manifiestan que es preferible prescindir totalmente de la historia (Lombardi, 1997), ante la imposibilidad de conocer todos los elementos involucrados en la historia misma de la formulación de un concepto, lo que llevaría a hacer una “casi historia” o “mala historia” o a presentar una reacomodación de algunos factores de ésta, según sus acuerdos e intereses, que terminaría siendo una historia abreviada y recortada.

En cambio algunos defienden este enfoque (Gagliardi, 1986, 1998) para definir conceptos estructurantes. Sugiriendo la necesidad de enseñar una historia que muestre los problemas que se plantearon en cada momento y cómo se solucionaron.

Muchos de los obstáculos que aparecen durante la enseñanza de los conceptos relacionados con las teorías evolutivas actuales son similares a los obstáculos que se presentaron en la construcción y la aceptación de dichas teorías en los distintos momentos de la historia. Analizarlos e interpretarlos en relación con la cultura y las problemáticas que los originaron.



1.2.7. El enfoque CTS y la contextualización en Biología

“las malezas se vuelven resistentes cuando al fumigarlas mueren solo algunas y de las pocas que quedan caen semillas a la tierra y de ahí nacen más plantas resistentes para la próxima cosecha” Jonathan, alumno de 2º ESB de una escuela rural

El enfoque CTS (Ciencia, Tecnología, Sociedad se aplica a la enseñanza de la ciencia y representa en la actualidad la posibilidad de superar los prejuicios y contradicciones que siguen dificultando la correcta integración de estos conocimientos en los alumnos e implica una sustitución gradual de la concepción heredada o tradicional de la ciencia y la tecnología por una visión social y humanística.

El enfoque histórico dentro de un encuadre CTS analiza los hechos en el contexto socioeconómico que les dio origen.

Dentro de este enfoque se presentan los contenidos como necesidades o problemas a resolver. Se puede partir de problemáticas actuales y comparar con los problemas similares que se presentaron en otros contextos históricos. Cómo los resolvieron, qué respuestas se dieron al mismo problema en los distintos momentos de la historia. Teniendo en cuenta el contexto y los recursos con que contaban, cómo influía la política, la religión y las creencias en la estructura de conocimiento que se forjó para dar respuestas a esas problemáticas.

El enfoque CTS apunta a descartar la visión lineal y acumulativa y mostrar los conceptos científicos como resultado de un proceso de construcción colectiva en respuesta a situaciones problemáticas, en relación al contexto que les dio origen (Santos, 2003).

*“La historia presentada como una cadena lineal de personajes con ideas brillantes es tan burda como absurda, pues nos presenta como resultado de un proceso simple dirigido hacia y por el progreso. El mito no explica, sólo justifica. Y el presente no requiere justificación, puesto que ya existe; lo que necesita es una explicación. Necesitamos transmitir por qué vemos el mundo como lo vemos a qué preguntas responden nuestras teorías modernas, por qué se formulan en el lenguaje que usan, qué prejuicios superaron, a fin de que aprendamos a cuestionar y superar, en nuevos lenguajes, nuestros propios prejuicios”.*⁴³

⁴³ Gerardo Hernández García, *Historia de la ciencia y enseñanza de la ciencia*. Correo del Maestro Núm. 72, mayo 2002

1.2.8. Una larga argumentación

La propuesta didáctica presentada en esta investigación gira en torno a la utilización de la historia con sus mitos y leyendas para generar el debate y plantear situaciones problemáticas valiéndonos de los mismos textos y manuales que tenemos a mano en cualquier escuela secundaria y los recursos accesibles por medio de Internet (textos originales, documentos de la época) ubicándolos en su contexto histórico cultural. Así por medio del diálogo y la argumentación, los alumnos construyen sus conclusiones.

La argumentación entendida en sus dos acepciones, (Jiménez Aleixandre, 2008) por un lado, apoyar los enunciados con pruebas y justificar las conclusiones y por otro lado como persuasión, que los alumnos sean capaces de convencer y convencerse con sus propias ideas una vez justificadas.

Hay algunos planteos y discusiones que deberían estar presentes en clase, como por ejemplo ¿cuándo una explicación se convierte en científica?, las mismas evidencias pueden justificar distintas explicaciones, ¿existen los errores y equivocaciones en las ciencias o sólo depende del contexto y de las posturas que se tomen cuando se analizan?

Se deben confrontar las ideas del “sentido común” con las fuentes históricas y las evidencias empíricas.

Los conceptos fundamentales que deberían ser comprendidos están relacionados con la concepción de la adaptación por selección natural. Cómo fue entendida a través de la historia por las diferentes posturas teóricas, para llegar a las concepciones actuales: que la selección natural no es direccional, no tiene una finalidad prevista de antemano. Que una estructura anatómica como el cuello de la jirafa es siempre heredada, pero no necesariamente conlleva a una utilidad/adaptación. En base a los equilibrios puntuados y a la genética de poblaciones se podría decir también que no todo carácter experimenta selección. Que los cambios en las poblaciones son el resultado de acumulaciones de cambios en su acervo genético y que algunos consideran que esos cambios graduales a través del tiempo llevan a la formación de nuevas especies, pero hay otros científicos que consideran que puede haber cambios bruscos y que existen otros mecanismos aparte de la selección natural que operan en el proceso de evolución (no todo cambio lleva a una nueva especie).

También es importante que se evidencie que la historia, como está escrita desde una visión actual, puede adecuarse a las necesidades o intenciones del relator en relación al modelo que se desea transmitir. Frente a ésta se debe desarrollar un sentido crítico.

Es importante que el docente desarrolle un rol activo. Debe informarse para conocer y manejar cómodamente el tema para lograr ser un guía facilitador, que le permita a sus alumnos la construcción de sus propios discursos a partir de la interacción, la investigación bibliográfica, el debate y la confrontación sin abandonar el diálogo y la socialización de ideas.

Se trata en última instancia de problematizar el contenido para hacerlo funcional en el marco del currículum y promotor de la comprensión en el aprendizaje. Propuestas de este tipo promueven el desarrollo de habilidades cognitivas lingüísticas como la argumentación y explicación, conduciendo a hablar y hacer ciencias en el aula, desde actividades e interacciones verbales planificadas (De Longhi, 2007).

Darwin mismo, dijo que su libro “El Origen de las Especies” era una “larga argumentación”. La concepción darwiniana de la argumentación coincide con la idea de argumentación que manejamos en la construcción del discurso en la enseñanza de la biología.



2. Materiales y Métodos

2.1. Diseño de la Investigación

El diseño se encuadró dentro de un paradigma naturalista. Para el análisis de los resultados se utilizaron metodologías descriptivas, analíticas interpretativas, análisis estadístico cualitativo, triangulación de fuentes y observación de clases con confrontación de resultados de las diferentes pruebas realizadas.

El problema que se intentó analizar radicó en: si la enseñanza de los mecanismos evolutivos utilizando un enfoque histórico contextualizado facilita la superación de obstáculos epistemológicos que se evidencian como ideas previas en los alumnos de enseñanza secundaria.

Para ello se diseñó y se sometió a prueba una innovación didáctica basada en dicho enfoque.

La misma se implementó en un curso de tercero de polimodal de la Escuela Normal Superior de Junín, Buenos Aires. Y en otro curso también de tercero, de la misma unidad académica, se implementó otra unidad didáctica basada en problemáticas actuales como la resistencia a los herbicidas, el mimetismo de las mariposas y la adaptación de las chinches.

El diseño para la prueba de la innovación es de tipo pre-postest. En los mismos se analizaron las ideas sobre mecanismos evolutivos y la representación de la evolución a través del tiempo.

Los datos del pre y post test tuvieron un tratamiento estadístico y los resultados de las pruebas escritas también se analizaron cualitativamente en base a las categorías predefinidas y otros indicadores sobre logro conceptual.

Con el material obtenido de las justificaciones del post test, las observaciones de clases y las producciones de los alumnos se realizó un estudio interpretativo para hallar patrones y tendencias en la formación del discurso en ambas cohortes y comparar no sólo los resultados sino el proceso de enseñanza aprendizaje desarrollado en cada unidad didáctica.

2.1.1. Población

Alumnos de tercer año polimodal con orientación ciencias naturales de la Unidad Académica Escuela Normal Superior de Junín, provincia de Buenos Aires, Argentina.

Características de la población: alumnos de la ciudad, de nivel económico medio, que fueron a escuelas públicas, algunos dentro de esa misma unidad académica. Tuvieron biología desde secundario básico y ambos cursos conocen la historia de la evolución del cuello de las jirafas que cuentan los libros de texto.

2.1.2. Muestras

Dos cursos:

3I: 24 alumnos*

3II: 32 alumnos*

*se toma la cantidad de alumnos presentes en las dos clases que se les toma el pre y post test.

Tipo de muestras: por conveniencia, se eligieron los dos únicos cursos de tercero polimodal con orientación en ciencias naturales que existen en dicha escuela.

Objetivos operacionales: Probar el enfoque de la enseñanza de los mecanismos evolutivos dentro de un encuadre histórico, como propuesta didáctica que ayude a superar los obstáculos de aprendizaje propios de estos contenidos.

Comparar dos enfoques diferentes en la enseñanza de los mecanismos evolutivos, uno de ellos basado en un encuadre histórico, partiendo de las problemáticas que se presentaron a lo largo de la historia que llevó a la construcción de las teorías implicadas en el estudio de los mecanismos evolutivos y el otro tradicional tipo descriptivo basado en problemáticas actuales.

2.1.3. Problemática:

En estudios anteriores se ha visto los beneficios de utilizar la historia en la superación de obstáculos de aprendizaje en la enseñanza y construcción de explicaciones científicas en la escuela, especialmente cuando los contenidos y conceptos a enseñar poseen un alto nivel de abstracción y no pueden llevarse a cabo por medios experimentales. Son contenidos que permiten la argumentación y pueden interpretarse dentro de diferentes contextos.

Por lo tanto, se decidió implementar una secuencia didáctica en un curso de tercero de polimodal con orientación Ciencias Naturales y para observar si este enfoque generaba mejores resultados en la comprensión de los mecanismos evolutivos, se lo comparó con otra unidad didáctica en un curso equivalente en la cual no se utilizó un enfoque histórico, sino que se partió de problemáticas actuales como la resistencia de las malezas al herbicida, la soja transgénica, el mimetismo y la adaptación de ciertos insectos.

2.1.4. Hipótesis:

Los alumnos que desarrollan su aprendizaje con un enfoque histórico logran superar los obstáculos presentes en sus ideas previas, con respecto a los mecanismos evolutivos y la representación del origen de las especies, en mayor proporción que utilizando otras estrategias.

2.1.5. Hipótesis de trabajo

A-Los alumnos que asisten al curso donde se imparte el enfoque histórico lograrán mayor cantidad de respuestas darwinianas con respecto al mecanismo evolutivo en casos de resistencia que los alumnos que no se les imparte dicho enfoque.

B-Una mayor proporción de alumnos del curso donde se imparte un enfoque histórico lograrán cambiar su forma de representar la evolución de lineal a árbol que los que asisten al curso donde no se desarrolla ese enfoque.

C-Los alumnos identificarán en forma independiente los mecanismos evolutivos de la representación de la evolución a través del tiempo. Es decir pueden ser “lamarckianos” para el mecanismo y “darwinianos” para la representación y viceversa.

D-Las respuestas de los alumnos en cuanto a mecanismos y a representación de la evolución tendrán mayor coherencia y profundidad conceptual en la cohorte donde se imparte el enfoque histórico.

2.1.6. Instrumentos**Pre test**

En la primera parte debieron elegir entre dos opciones representadas gráficamente, sobre el mecanismo evolutivo y las otras dos opciones sobre la representación de la evolución. En una segunda parte se presentó una problemática sobre la acción de los piojicidas con tres preguntas que respondieron en forma sintética.

Post test

También debieron elegir entre dos opciones con problemáticas equivalentes al pretest pero con otros ejemplos.

Unidades didácticas

Se desarrollan dos unidades didácticas diferentes, encuadradas en distintos enfoques con otras estrategias de abordaje, dadas por el mismo docente.

2.1.7. Procedimiento

Se tomó el pre test

Se desarrolló durante un mes una secuencia didáctica en cada curso basadas en enfoques diferentes, acotando los contenidos a los mecanismos evolutivos: selección natural, en relación con la resistencia a plaguicidas y adaptación, la representación de la evolución a través del tiempo mediante el concepto de antecesor común. Paralelamente se hace el seguimiento de los hechos, discursos y materiales producidos en las clases.

Al finalizar la unidad se tomó una prueba escrita con cuestiones a desarrollar y el post test.

2.1.8. Metodología

- Análisis estadístico cualitativo de las respuestas del pre y post test según categorías preestablecidas.
- Seguimiento de las clases.
 - Análisis de producciones escritas.
 - Análisis de presentaciones orales.
 - Identificación de las distintas intervenciones de los alumnos, preguntas, acotaciones, comentarios y otros indicadores que demuestren interés.
 - Análisis de exámenes escritos de cada una de las unidades en sus respectivos cursos.

2.1.9. Categorías

	Mecanismos evolutivos		Representación	
	Respuestas lamarckianas	Respuestas darwinianas	Lineal	Árbol
PRE TEST	LM1	SD1	LI1	AR1
POST TEST	LM2	SD2	LI2	AR2

Definición de categorías:

Mecanismo evolutivo:

La primera clasificación de las respuestas agrupó a las mismas en “lamarckianas” y “darwinianas”. Entendiendo por lamarckianas a aquellas respuestas que contuvieran expresiones tales como “se hacen más fuertes”, “cambian o mutan para sobrevivir”, “se acostumbran”. Es decir, aquellas explicaciones que se centraban en el cambio individual en respuesta a condiciones ambientales o a necesidades, con una finalidad preestablecida. La adaptación se consideraba en base a adquisiciones y modificaciones individuales para ajustarse al medio actual. Modificaciones tales, que pueden ser transmitidas a la descendencia. En cambio, en las respuestas darwinistas podían contener alguna referencia a poblaciones heterogéneas, variabilidad que existía antes de presentarse el cambio o presión ambiental (introducción del antibiótico o plaguicida), reproducción diferencial, los que sobreviven se reproducen y dejan mayor descendencia. Aparecían frases como “los más aptos sobreviven”, “algunos no son afectados”, “no mueren todos”...

Para resistencia bacteriana (pre test):

LM1: superbacterias mutantes o que se hicieron más fuertes al colocarles el antibiótico

SD1: supervivencia diferencial, algunas no se mueren y se siguen reproduciendo porque no les afecta el antibiótico

Para resistencia al herbicida (post test)

LM2: la planta se hace resistente al tomar contacto con el herbicida. Muta y sobrevive.

SD2: algunas plantas no son afectadas y continúan su ciclo de vida, la resistencia es una característica anterior a la exposición con el plaguicida.

Representación de la Evolución:

La representación lineal, tipo escalera. Donde las especies se van convirtiendo de la más simple a la más compleja siguiendo una línea progresiva, obstáculo muy común en el aprendizaje de la evolución.

La representación darwiniana en forma de árbol que se basa en el concepto del antecesor común, donde el tronco es el origen común y las ramas las nuevas especies, las ramas cortadas las extinguidas, etc.

Subcategorías

Se establecieron para analizar las respuestas que poseen elaboración donde se expone una justificación o se argumenta defendiendo una postura.

Sobre el mecanismo de la resistencia se dividieron en subcategorías “lamarckianas” (Adaptacionismo por acostumbramiento. Mutacionismo, mutan para sobrevivir.

Confusión con inmunidad, “crean anticuerpos”) Subcategorías “darwinianas” (Variabilidad y supervivencia diferencial. Supervivencia del más apto como el “más fuerte”). Otras categorías externas, (Alteración del producto, error humano, etc.).

Sobre especiación y evolución a través del tiempo se dividieron en subcategoría lineal (Transformación de unas especies en otras a través del tiempo. Progreso intrínseco, perfeccionamiento. Complejidad ascendente). Subcategoría árbol (Antecesor común. Cruzamientos, las especies nuevas se originan por hibridización entre especies preexistentes. Gradualismo explícito. Saltacionismo, en relación con mutacionismo para el mecanismo de especiación).

Estas subcategorías no se analizaron estadísticamente porque no necesariamente iban a aparecer en las respuestas de los alumnos. Se identificaron en sus producciones escritas, como así también en las justificaciones realizadas en las consignas del pre y post test.

Tipos de categorías:

Las variables pertenecen a categorías nominales porque no existió una relación de orden entre ellas sólo distinguieron distintas cualidades de las unidades de análisis (respuestas de los alumnos a las consignas). Si bien en algunas subcategorías podría establecerse un orden de menor a mayor logro conceptual, en este estudio no se tuvo en cuenta esa posibilidad. Cada una de las denominaciones o categorías de cada variable son excluyentes entre sí, pero pueden poseer relación con categorías de otras variables, por eso se analizó su independencia o asociación, por ejemplo entre mecanismo evolutivo con la representación gráfica de la evolución en cada prueba y se confrontaron los resultados entre las dos instancias (pre y post test).

2.2. Diseño de unidades didácticas

2.2.1. Tipos de actividades

Las actividades que se propusieron para el curso con el enfoque histórico contextualizado fueron las siguientes:

- Actividades de iniciación, de explicitación y planteamiento de las problemáticas utilizando diversas estrategias y recursos (lectura de casos, película en video, explicación, dialogo, lectura de documentos históricos) para generar curiosidad, dudas y discusiones.
- Actividades de activación de ideas previas o conocimientos implícitos. Organizadas con estrategias de exploración mediante el diálogo, la explicación, las representaciones gráficas. Mediante ellas se trató de que los alumnos explicitaran sus conceptos, construyan sus teorías, den sus opiniones, formulen hipótesis. Estas actividades estuvieron presentes en cualquier momento de la clase no solo en el inicio.
- Actividades de indagación. Estas actividades se caracterizaron por la búsqueda de nueva información en distintos medios. La finalidad principal de estas actividades fue la asimilación de nuevos conocimientos por parte de los alumnos.
- Actividades de explicitación: Explicación, representación, modelización, presentación de los resultados.
- Actividades de socialización: Debates, discusiones y reflexiones grupales, puestas en común.
- Actividades de fundamentación: argumentación, defensa de hipótesis y conclusiones obtenidas.
- Actividades de aplicación: resolución de situaciones similares utilizando los mismos contenidos. Aplicación del conocimiento obtenido en nuevas situaciones problemáticas.

Las actividades que se venían realizando en el curso en el que no se desarrolló un enfoque histórico fueron las siguientes:

- Actividades de exploración de ideas previas. Se partía de la presentación de una problemática o mediante el diálogo.
- Identificación y registro de ideas previas
- Elaboración de estrategias de resolución de la problemática y confrontación de las ideas previas.
- Puesta en cuestión de las ideas previas, uso de contraejemplos para provocar conflictos cognitivos
- Introducción de nuevos conceptos mediante explicación del docente o lectura de textos que daban respuesta a los conflictos surgidos.
- Confrontación con ideas previas previamente registradas.

- Evaluación y aplicación a nuevos ejemplos.⁴⁴

2.2.2. Formas de tratamiento del contenido

La innovación en esta secuencia didáctica radica en la modalidad y el enfoque CTS centrado en el contexto del alumno e integrado a la historia y la construcción social de la ciencia.

Los contenidos son la vía de concreción de las intenciones educativas. Por lo cual antes de comenzar a seleccionar los mismos (es decir, "qué van a aprender los alumnos"), se tuvo en claro las intenciones (¿Qué quiero que los alumnos aprendan? "qué y para qué enseñar") y luego, se seleccionaron las estrategias adecuadas a la adquisición de esos contenidos (¿Cómo voy a hacer para que aprendan?). Los objetivos suponen una primera concreción del qué enseñar; por lo tanto, fue importante tener presente al seleccionar los contenidos la coherencia entre los mismos.

Los contenidos deben presentarse a los estudiantes organizados según una estructura o un hilo conductor (Bruner, 1969, 1972) que facilite su interrelación y, por lo tanto, su comprensión. Es probable que una estructuración basada en criterios psicológicos sea más adecuada que la que se organiza partiendo de la lógica de las disciplinas, (Del Carmen, 1991). Por ello se tuvo en cuenta las edades y el nivel de conocimiento de los alumnos a los cuales estaba dirigida la secuenciación. Se partió de un encuadre del aprendizaje significativo, basando las estructuraciones a partir de centros de interés, necesidades sociales o problemas actuales. Suponiendo que resultaban más atractivas que las que giraban, por ejemplo, alrededor de conceptos claves o ideas científicas acabadas y vacías. Por lo tanto, se seleccionaron contenidos que se podían trabajar a partir de ejemplos concretos o cercanos al entorno cotidiano del alumno.

Las teorías que se ofrecieron se trataron de expresar en términos de conocimiento activo, que se podían aplicar a actividades prácticas y permitían introducirse en el contexto de la resolución de problemas.

Es importante destacar que para secuenciar también se tomaron en cuenta las propuestas de la teoría de Ausubel (1978, Novak, 1982) y las sugerencias concretas de Pozo (1994,1999), para analizar los conceptos, su jerarquía y sus relaciones, así como su nivel de dificultad en la comprensión. De esta manera, se presentaron facilitando la interrelación y la aplicación; es decir, que el concepto aprendido previamente servía de anclaje al posterior.

⁴⁴ En el anexo se encuentran ejemplos de las actividades utilizadas en ambas secuencias

Esto ayudó a seleccionar los conceptos más básicos, descartando los más triviales. Tratando de evitar el enciclopedismo. Puede ser de gran interés destacar en cada núcleo temático, los conceptos que fueron considerados claves y las relaciones fundamentales que se establecieron entre ellos.

Ideas principales:

- El hecho de la evolución en sí (las especies cambian a través del tiempo).
- El hecho de la descendencia común (todas las especies descienden de una, o unas pocas, especies ancestrales).
- Mecanismos evolutivos: selección natural, Considerar la selección natural como el mecanismo propuesto por Darwin y luego por la Teoría Sintética para explicar cómo cambian las poblaciones, y no el individuo, dando origen a nuevas especies. En cada organismo existen adaptaciones, como resultado de un proceso de selección de características en sus ancestros.
- La selección natural es una teoría que se desarrollo como respuesta a problemáticas empíricas y que tuvo que pasar por una serie de obstáculos para poder ser comprendida y aceptada.

2.2.3. Intenciones educativas

En la enseñanza de la Biología en nivel medio, se trató de brindar a los alumnos las herramientas necesarias para que logren:

- ✓ Evidenciar que las adaptaciones son el resultado de la selección de variaciones en las poblaciones que fueron, en un momento dado, útiles para los ancestros permitiéndoles sobrevivir y, eventualmente, reproducir dichas adaptaciones en la descendencia.
- ✓ Generalizar que en cada organismo existen adaptaciones, como resultado de un proceso de selección de características en sus ancestros.
- ✓ Comprender la resistencia a plaguicidas como un tipo de adaptación por selección natural.
- ✓ Analizar la sobrepoblación y relacionarla con el equilibrio de la población y la demanda de recursos que ésta genera, así como las consecuencias que produce.
- ✓ Comparar el concepto biológico de aptitud, de "supervivencia del más apto" y de "lucha por la existencia", para transformar su concepción de individuo "más fuerte", "más violento", "más listo"... y concebirlo como el eficaz, el que evita

el conflicto porque la competencia cruel impone costos y no se traduce en descendencia.

- ✓ Considerar la selección natural como el mecanismo propuesto por Darwin para explicar cómo cambian las poblaciones, y no el individuo, dando origen a nuevas especies.
- ✓ Describir el proceso por medio del cual una especie da origen a otras, tomando como base el aislamiento reproductivo y la migración.
- ✓ Explicar los aspectos esenciales para que ocurra la especiación y relacionar la producción de nuevas especies a partir de una especie ancestral.
- ✓ Interpretar y representar mediante un árbol filogenético la evolución de las especies mediante la teoría del ancestro común.
- ✓ Analizar el encuadre histórico que dio origen a las distintas teorías explicativas sobre el origen de las especies.
- ✓ Analizar las implicaciones de esta teoría en la medicina, en la ingeniería genética, la gestión ambiental.
- ✓ Analizar la influencia social política y económica de las teorías evolutivas
- ✓ Valorar la biodiversidad.

Objetivos

Los objetivos que se postularon en la secuencia didáctica fueron los siguientes:

- Participar en la discusión sobre problemáticas cotidianas que les permitan a los estudiantes manifestar sus concepciones alternativas sobre los mecanismos evolutivos.
- Construir en la interacción con el docente fundamentos de complejidad creciente. • Lograr una visión histórica del desarrollo de las teorías evolutivas y el estado actual de las distintas posturas.
- Analizar y argumentar a favor o en contra de evidencias presentadas sobre mecanismos evolutivos.
- Confrontar ideas, conjeturas y opiniones previas con los aportes de las investigaciones científicas.
- Superar ideas finalistas y “Lamarckianas” sobre cuestiones evolutivas como la mutación, la resistencia y la adaptación.
- Identificar la influencia de las ideas evolutivas en otros ámbitos sociales.
- Identificar las implicaciones de estas ideas en la vida cotidiana.
- Lograr una síntesis y aplicar los conocimientos a nuevas situaciones.
- Discriminar entre explicaciones científicas de aquellas que no lo son.

2.2.4. Momentos de la clase

Las clases se organizaron de manera general en base a los siguientes momentos:

- 1º momento introductorio, presentación de las problemáticas, explicitación de los contenidos y metodología, construcción de acuerdos y entorno comunicacional.
- 2º momento de desarrollo, indagación y construcción compartida del conocimiento, estructuración y re-estructuración de modelos y representaciones.
- 3ª momento de confrontación, presentación, socialización del conocimiento, fundamentación, justificación, aplicación y evaluación.

2.2.5. Legitimaciones previstas.

Acuerdos previos:

- En relación con el modelo didáctico:
 - Situación didáctica
 - Contextos
 - De aprendizaje
 - Sociocultural
- En relación con el ámbito de investigación.

Los acuerdos previos establecidos en relación con el modelo didáctico se explicitaban en el primer momento de la clase, se establecían lenguajes en común y la validez de las opiniones. Las hipótesis, ideas previas y opiniones particulares no se corregían ni se sancionaban. El profesor es quien guiaba y facilitaba las tareas, intervenía en los debates y ayudaba a armar las síntesis y las conclusiones, explicaba los significados de los nuevos términos y guiaba en la búsqueda de información.

El contexto sociocultural se consideraba que iba a incidir en la elección de los temas de las problemáticas a estudiar. Se partía de la suposición que los alumnos de ambos cursos pertenecían al mismo ámbito sociocultural. La mayoría provenientes de familias de clase media cuyos padres son comerciantes, profesionales y están ligados al entorno agropecuario. Los alumnos conocen las problemáticas asociadas al cultivo de la soja.

En relación con el ámbito de investigación, se estableció de antemano que se desarrollaría una unidad didáctica específica para someter a prueba actividades y estrategias, que se observarían y registrarían intervenciones y resultados, pero que no debería afectar el desarrollo de las clases, se seguiría trabajando con la misma rutina escolar preestablecida y se evaluaría de la misma forma que se venía haciendo en la asignatura.

2.2.6. Forma de regulación del tratamiento del contenido desde el discurso

El encuadre adecuado, según mi criterio, para orientar el desarrollo de esta unidad se asienta en los enfoques constructivistas.

Me basé principalmente en la concepción de la “construcción de ideas científicas” tomando en cuenta sus dos acepciones diferentes: Por un lado, la construcción social del conocimiento científico; es decir, la manera en que la humanidad, a través de la actividad científica, construye un cuerpo de conocimientos. Por otro lado, la actividad individual que cada alumno realiza para incorporar los nuevos conocimientos a su esquema de saberes previos en interacción con sus pares y docentes.

Aunque estas dos concepciones son descritas igualmente como “construcción de ideas científicas”, comprenden procesos cognitivos y sociales muy distintos. Pero las dos fueron importantes para este enfoque de enseñanza de las ciencias. Consideré necesario tener en cuenta la construcción social del conocimiento en su encuadre histórico, para transmitir la concepción de la ciencia como una empresa que implica una comunidad, no es sólo un emprendimiento individual y es atravesada por hechos políticos, sociales y económicos que interaccionan influyéndose recíprocamente. Por eso considero importante utilizar un enfoque histórico CTS para que los alumnos se hagan la idea del proceso que dio origen a la teoría evolutiva; las interrelaciones que se establecieron para que Darwin la publicara, las consecuencias sociales que tuvo y cómo se fue dando la síntesis moderna; las líneas de investigación que se generaron y la influencia que posee en el mundo actual. Asimismo, si bien se habla de una construcción teórica, traté de no perder de vista los demás aspectos: empírico, metodológico, abstracto, social y contraintuitivo. Principalmente, hice hincapié en los componentes empíricos que pueden ser trabajados con problemáticas surgidas de la vida cotidiana.

La construcción individual tiene profundas implicaciones didácticas (Belloch, 1994). Por ello planteé estrategias de indagación, contrastación y argumentación de las ideas previas. Y fue muy importante crear recursos significativos para que los alumnos pudieran expresar sus ideas y facilitar la detección de construcciones intuitivas, errores y malas interpretaciones.

En estas modalidades, el alumno es parte activa e interesada del proceso de aprendizaje. Está implicado, ya que aporta sus conocimientos previos para construir significados en una situación nueva. Lo que se aprende depende así de lo que brinda quien aprende y de cómo el docente, retome y haga evolucionar estas ideas a través del diseño de experiencias que impliquen problemáticas y de la investigación en el aula.

El alumno no construye el conocimiento por acumulación, sino reconstruyendo a nivel personal los productos y procesos culturales, para apropiarse de ellos. El aprendizaje es un proceso continuo que no termina en la escuela, por ello se habla de aprender a aprender.

El conocimiento científico se concibe como un proceso social e históricamente condicionado, más que como un conocimiento objetivo y acumulativo. El hombre, más que “descubrir” la estructura del mundo (que ya existe), la reconstruye elaborando modelos.

El profesor es el mediador entre el conocimiento científico y la comprensión de los alumnos. Esto implica una tarea de diagnóstico permanente y de seguimiento de las actividades, por ejemplo, desde el dominio conceptual, para ir negociando significados.

Los contenidos escolares ya no son un fin en sí mismos sino un vehículo para desarrollar capacidades generales que permitan dar sentido a esos contenidos. Por ello los aprendizajes de capacidades son más duraderos y transferibles que los contenidos concretos a través de los que se adquieren. Ésta es una de las razones por las cuales las estrategias de enseñanza, subordinadas a esta idea, ponen el énfasis principalmente en las actividades generadoras de procedimientos similares a la investigación científica. En este marco la selección de contenidos y su nivel de exigencia depende de una finalidad asociada con las capacidades esperadas en el aprendizaje.

Una de las estrategias de enseñanza, que fue elegida vinculado con la orientación constructivista, la que se centra en el conflicto cognitivo. Sus autores (Posner, Strike, Hewson y Gerzog, 1988, Driver, 1988) proponen, partir de las concepciones de los alumnos, confrontarlas con una situación conflictiva y luego producir el cambio conceptual. Como este modelo supone incompatibles los conocimientos cotidianos con los científicos, su fin es sustituir las teorías de los alumnos por otra más potente, próxima a la de las ciencias. Es el alumno quien elabora el conocimiento, tomando conciencia de sus limitaciones.

Esta postura sostiene que la construcción del conocimiento, en el alumno, ocurre en forma análoga a lo que sucede en las ciencias (se retoman los aportes de Kuhn y Lakatos). Los estudiantes utilizan conceptos ya existentes para trabajar con nuevos fenómenos; sin embargo, a veces son inadecuados para poder realizar dicho trabajo. Entonces, el alumno debe reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales (cambio conceptual, análogo a revolución científica). Para que exista este proceso –según estos autores- hay condicionantes:

- En el alumno debe existir una insatisfacción con las concepciones existentes, con las propias ideas previas.
- El docente debe presentar una nueva concepción, la cual debe ser inteligible; es decir, que el alumno debe ver que el nuevo concepto le permite re-estructurar la experiencia que está teniendo. Además, dicha nueva concepción debe aparecer como verosímil y creíble inicialmente, ser coherente con otros conceptos y permitir resolver los problemas.
- Del nuevo concepto debe sugerir un programa de investigación fructífero, debe poder transferirse a otras áreas. De esta forma el alumno podrá comprender que es más potente que las propias ideas.

Diseñar una unidad didáctica bajo este enfoque requirió de estrategias acordes con el mismo, por ejemplo, estrategias basadas en el cambio conceptual. Se tuvo que diagnosticar las ideas previas del tópico elegido, diseñar la unidad didáctica proponiendo en sus objetivos el cambio esperado, compartir con los alumnos dichos objetivos, proponer alguna actividad para dejar en evidencia las ideas previas de los alumnos (sobre el tema seleccionado), para que ellos las confronten con una pregunta del docente, con afirmaciones o con problemas que le generen conflicto -el conflicto podía originarse por un trabajo empírico o teórico- con lo que sabe y hacerle tomar conciencia de que no tiene elementos para dar una respuesta. A partir de allí, se introdujo el nuevo concepto alternativo al que ellos ya poseían, sea a través de un diálogo argumentativo o de un trabajo de indagación guiada. De igual forma, se les hizo participar a los alumnos de alguna actividad que les permitía comparar sus ideas con las alternativas presentadas por el profesor. De esta forma, se pudo dejar en evidencia el cambio conceptual. Por último, se trató de aplicar lo aprendido a otros temas o a la resolución de otros problemas.

Algunas estrategias de enseñanza, coherentes con la orientación constructivista, se encuadran en lo que se denomina investigación dirigida. Aquí, se trata de problematizar la enseñanza de los conceptos, hacer transitar al alumno por un proceso hipotético-deductivo, usando las diferentes técnicas y procedimientos de la metodología de la investigación científica. (Cañal de León, García Rodríguez, 1995).

La estrategia de investigación dirigida es principalmente apropiada para implementar en los trabajos prácticos de laboratorio con experiencias nuevas o recuperando las que muestra la historia de las ciencias (Gagliardi, 1988, Campanario, 1998). Estas estrategias no fueron abordadas convenientemente por razones de tiempo.

3. Resultados

3.1. Comparación entre pre test y post test por grupo

La aplicación de la prueba del pre-test dio las siguientes frecuencias absolutas para el mecanismo evolutivo en los casos de resistencia bacteriana:

Tabla 1: Valores absolutos obtenidos en el PRE TEST

	LM1	SD1	Total
3I	21	3	24
3II	20	12	32
Total	41	15	56

Para realizar un análisis comparativo, como las muestras fueron desiguales porque las cantidades de alumnos de cada curso presentes en las pruebas fueron distintas, se realizó el gráfico en base a porcentajes. En tercero I, el curso donde se impartió la innovación pedagógica basada en el enfoque histórico, hubo mayor cantidad de alumnos con respuestas lamarckianas (87,50% contra 62,50% en tercero II).

Esta proporción puede observarse en el siguiente gráfico:

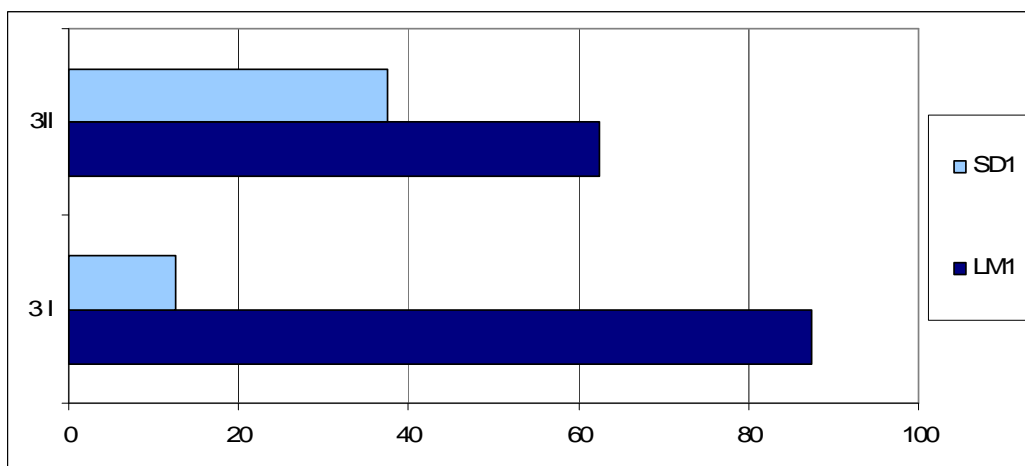


Figura 7: Comparación de las respuestas de ambos grupos en relación a las proporciones (%) de las ideas lamarckianas (LM1) y darwinianas (SD1) en cada uno de los cursos estudiados.

Para la representación de la evolución se observaron las siguientes frecuencias absolutas:

	LI1	AR1	total
3I	12	12	24
3II	21	11	32
Totales	33	23	56

Tabla 2: Valores absolutos del Pre Test, (Representación de la evolución)

También para poder comparar se trabajó con porcentajes:

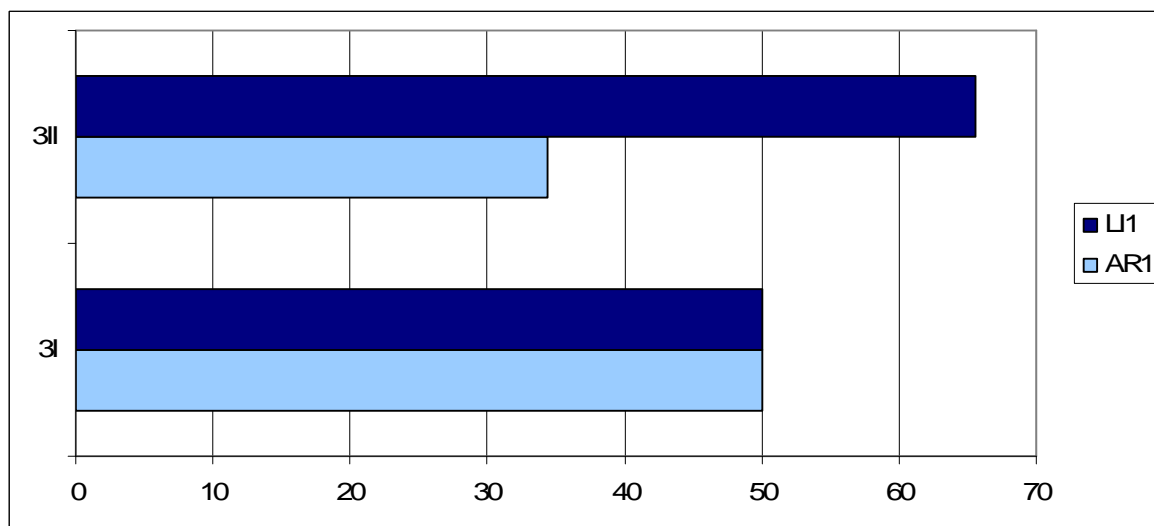


Figura 8: Comparación de las respuestas de ambos grupos en relación a las proporciones de la selección de las representaciones de la evolución en forma lineal o árbol.

Se pudo observar que las respuestas difieren, los cursos no manifestaron una homogeneidad en las proporciones, mientras que en tercero I hay un 50% la mitad del curso es “lamarckiana” para la representación porque eligieron la escalera, una visión lineal de la evolución a través del tiempo, la otra mitad es “darwiniana” porque eligieron la representación del árbol; en tercero II hay más proporción de “lamarckianos” (65,63%).

Relación entre respuestas

Para analizar si hay coherencia entre las respuestas o fueron independientes se analiza por cada alumno si hay coincidencia o no entre mecanismo y representación:

TERCERO I		representación de la evolución		
		LI	AR	TOTAL
mecanismo	LM	11	10	21
evolutivo	SD	2	1	3
	TOTAL	13	11	24

Tabla 3: Relación entre mecanismo y representación de la evolución en alumnos que tuvieron el enfoque histórico.

TERCERO II		representación de la evolución		TOTAL
		LI	AR	
mecanismo	LM	13	8	21
evolutivo	SD	8	3	11
	TOTAL	21	11	32

Tabla 4: Relación entre mecanismo y representación de la evolución en alumnos que no tuvieron el enfoque histórico.

El siguiente gráfico de barras muestra la comparación entre los dos cursos y la relación entre mecanismo y representación:

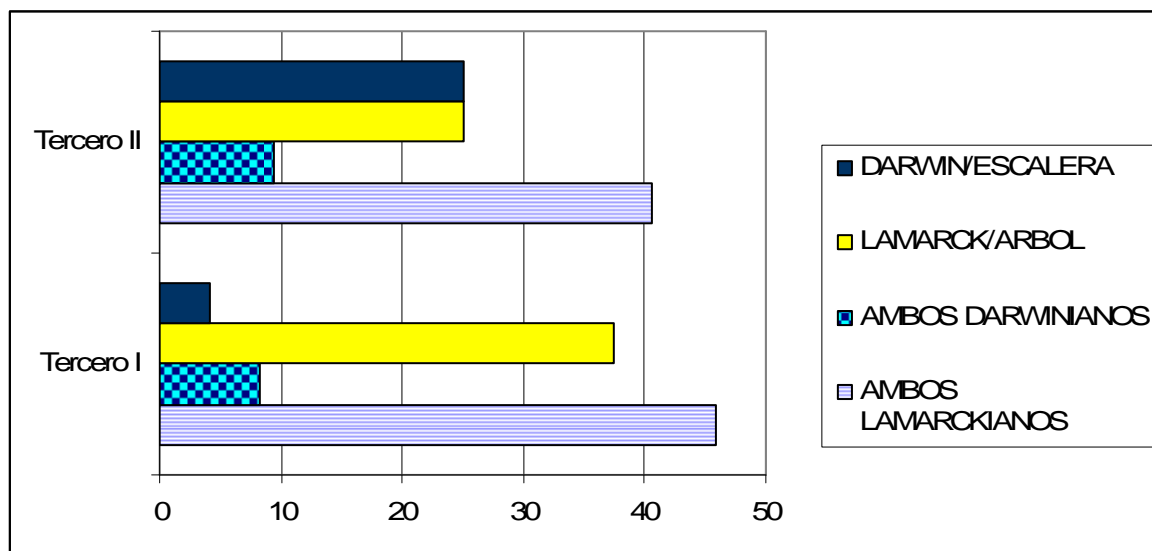


Figura 9: Comparación entre las respuestas de ambos grupos en relación a los mecanismos evolutivos y la representación de la evolución.

En tercero I existió una proporción significativa de alumnos que fueron lamarckianos para el mecanismo y darwinianos para la representación (árbol). En cambio en tercero II hubo más alumnos que en tercero I, que fueron darwinianos para mecanismo pero eligieron escalera para representar la evolución.

Para ambos cursos la mayor proporción de respuestas coherentes entre mecanismo y representación fueron lamarckianas, en cambio fue baja la proporción de respuestas coherentes para mecanismo y representación darwinianos. Existió una marcada diferencia entre los cursos en la consideración del mecanismo darwiniano con la representación lineal, tercero I fue muy bajo, pero en tercero II se dio la misma proporción que la dupla mecanismo lamarckiano- representación en forma de árbol.

Análisis del post test

Se realizó el análisis de las respuestas elegidas en base a dos situaciones presentadas en relación con la resistencia de las malezas a los herbicidas.

Los resultados obtenidos en frecuencias absolutas fueron los siguientes:

	LM2	SD2	Total
3I n=24	1	23	24
3II n= 32	2	30	32
Totals	3	53	56

Tabla 5: frecuencias absolutas obtenidas en el post test en relación al mecanismo evolutivo.

Para comparar, como fueron distintas las cantidades de alumnos por curso, se lo hace en base a porcentajes. Con estos porcentajes se construyeron gráficos circulares, uno para cada curso. Para visualizar en cada curso las porciones de cada tipo de respuestas:

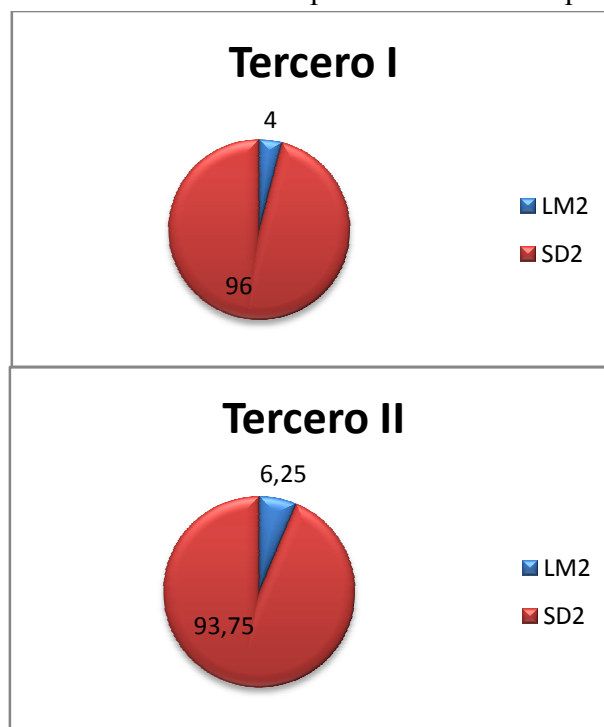


Figura 10: Comparación de las respuestas de los grupos con relación a las proporciones (%) que se obtuvieron de respuestas darwinianas (SD2) y lamarckianas (LM2)

Se observan proporciones similares en cuanto a respuestas darwinianas (SD2) con respecto al mecanismo evolutivo en ambos cursos. Igualmente, es menor la proporción de lamarckianas (LM2) en Tercero I.

Para la representación de la evolución, se analizan las opciones elegidas: árbol (AR2) o lineal (LI2).

Se observó que todavía persistían respuestas lamarckianas en cuanto a la representación. Para observar las proporciones se optó graficar en base a las proporciones de las respuestas obtenidas

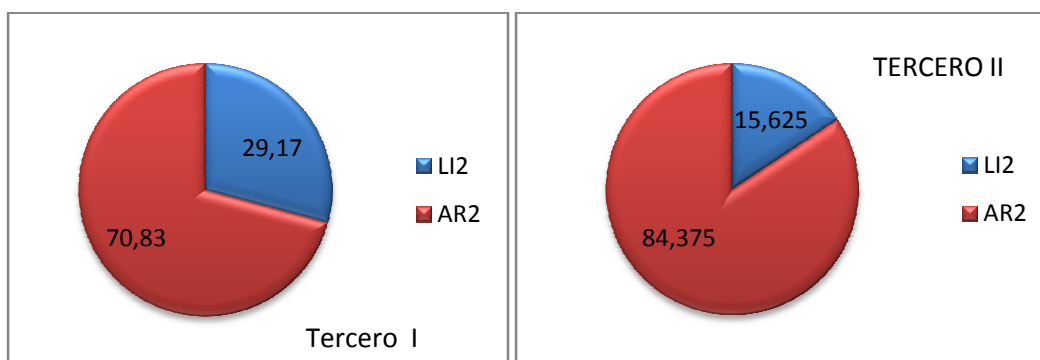


Figura 11: Comparación de las proporciones (%) de representaciones seleccionadas en cada curso.

En este caso se observó mayor proporción de respuestas darwinianas con respecto a la representación en el curso Tercero II en el cual no se llevó a cabo el enfoque histórico.

En Tercero I todavía se mantenía la representación lineal en el 29,166 % de los alumnos, en cambio en Tercero II, el 15,60 %.

Relación entre respuestas

Se trata de analizar si existe coherencia entre la elección del mecanismo y la representación de la evolución, si ambos fueron darwinianos o lamarckianos o realmente, los alumnos seleccionan las respuestas de manera independiente.

Para ello se realizaron tablas cruzadas.

Tercero I		representación de la evolución		TOTAL
		LI2	AR2	
mecanismo evolutivo	LM2	1	0	1
	SD2	6	17	23
TOTAL		7	17	24

Tabla 6: Relación entre mecanismo evolutivo y representación de la evolución en el post test en el curso donde se impartió el enfoque histórico.

TERCERO II		representación de la evolución		TOTAL
		LI2	AR2	
mecanismo	LM2	1	1	21
evolutivo	SD2	5	25	11
	TOTAL	6	26	32

Tabla 7: Relación entre mecanismo evolutivo y representación de la evolución en el post test en el curso donde no se impartió el enfoque histórico.

El siguiente gráfico ilustra las proporciones de las relaciones:

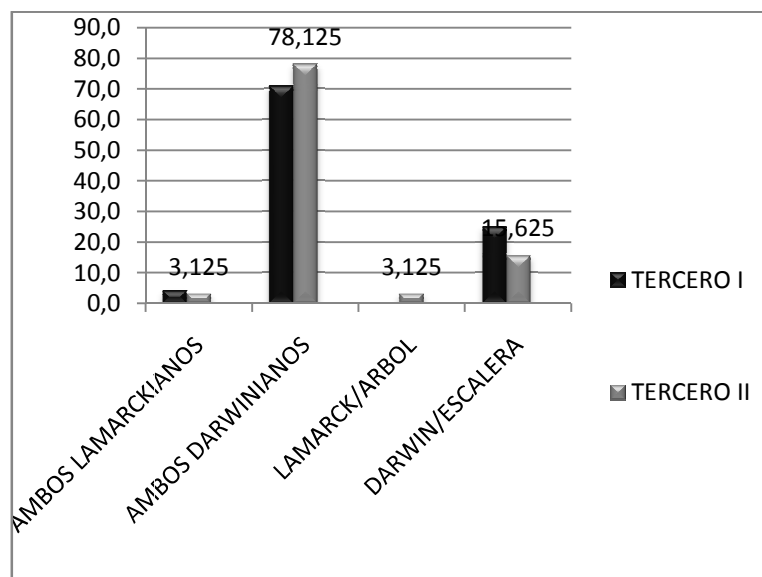


Figura 12: Relación entre la proporción (%) de respuestas sobre el mecanismo evolutivo y la representación de la evolución

La proporción de respuestas darwinianas para las dos consignas (mecanismo y representación) fue similar en ambos cursos. En tercero I persistían respuestas de alumnos que eligieron como mecanismo al darwiniano, pero como representación a la escalera, pero ninguno eligió mecanismo lamarckiano y árbol como representación. Y sólo uno fue “lamarckiano” para ambas cosas.

Comparación entre pre y post test

Para comparar las respuestas en cada curso entre pre y post test se realiza el cruzamiento de tablas.

Relación cruzada entre respuestas del pre y post test

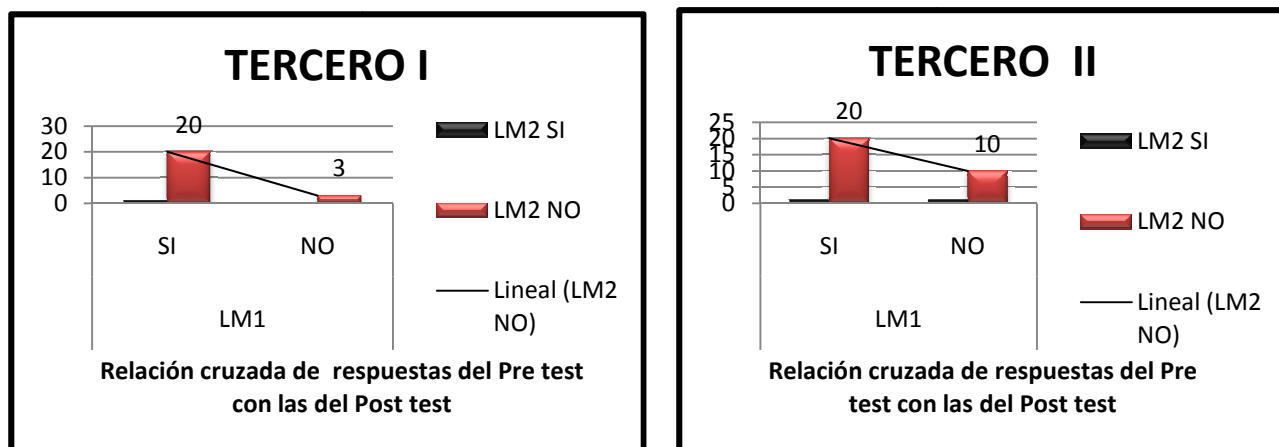


Figura 13: Relación cruzada entre las respuestas (%) de los mecanismos evolutivos del pre y post test.

En SPSS ver 16.0 se realizaron las tablas de contingencia (ver anexo). Tanto en los resultados obtenidos usando el programa Microsoft Excel como en las tablas de contingencia de SPSS se observa que en tercero I persistió sólo un alumno con respecto al mecanismo en el post test de los 21/24 que habían sido “lamarckianos” en el pre test. En cambio, en tercero II, si bien también había 21 alumnos “lamarckianos”, pero sobre un total de 32, persiste 1 en el post test y 1 ¿se ha convertido en lamarckiano en el post test!?. Este alumno, o bien contestó aleatoriamente e una o ambas pruebas o su aprendizaje no fue el esperado. Y 11 alumnos continuaron darwinianos para el mecanismo.

Entonces, se puede observar que en tercero I cambiaron el concepto del mecanismo “lamarckiano” a “darwiniano” 19 alumnos de 24; y en tercero II, 19 de 32.

Resultados obtenidos:

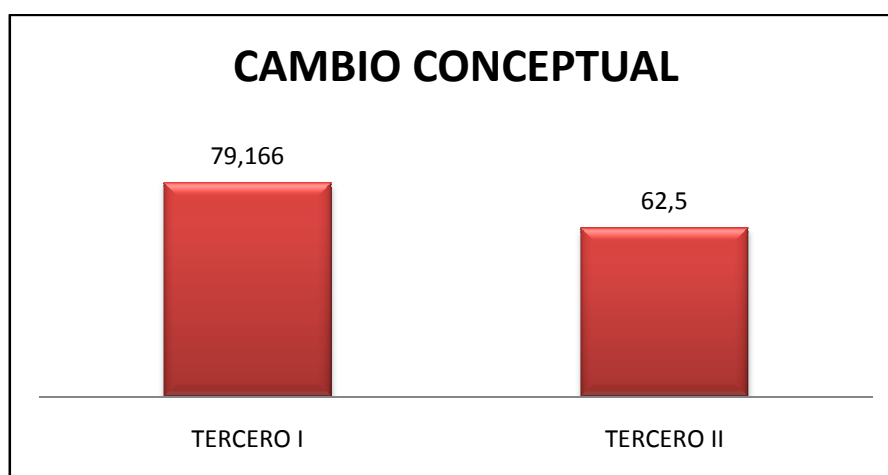


Figura 14: Comparación de los porcentajes de cambio conceptual detectados entre el pre y post test.

En relación al logro de la representación de la evolución a través del tiempo por antecesor común, es decir en forma de árbol, en tercero I se advierte una inconsistencia entre pre y post test. En la primer prueba la mitad eligió el árbol, de esos 12, en el post test 2 optaron por la representación

lineal y de los otros 12 sólo 7 cambiaron de lineal a árbol. 5 alumnos persistieron con la representación lineal. En tercero II 10 alumnos sobre 32 habían optado por la representación en forma de árbol en la primera prueba, de los cuales 9 mantuvieron dicha representación, pero 1 eligió lineal en la segunda prueba. 18 alumnos cambiaron su percepción de la evolución de lineal en el pre test a árbol en el post test. 4 se mantuvieron en la representación lineal.

Tercero II demuestra mayor porcentaje de alumnos que lograron cambiar la representación de lineal a árbol.

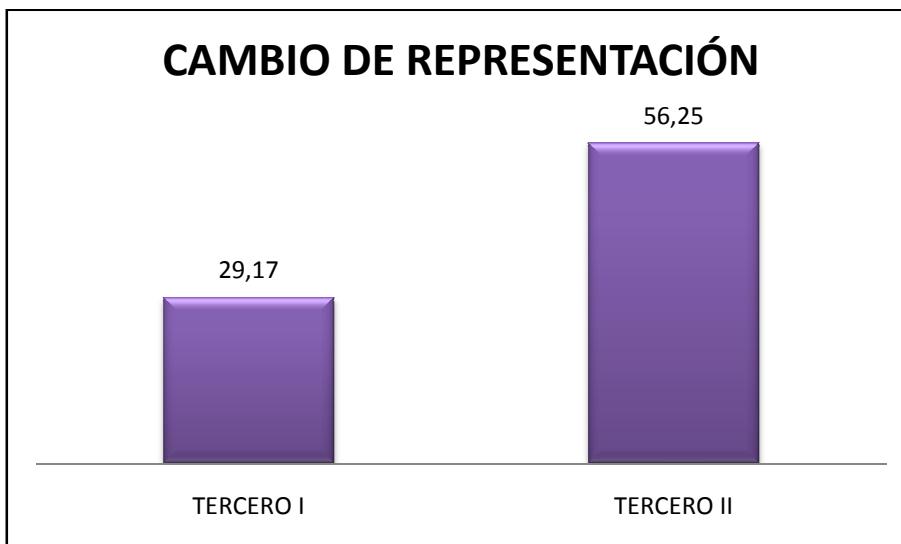


Figura 15: Comparación de los porcentajes de cambio en la representación de los mecanismos evolutivos.

En la comparación de los porcentajes de respuestas darwinianas y lamarckianas en el pre y post test: Es significativo el cambio en los dos cursos, pero en tercero I se parte del pre test con más respuestas lamarckianas que en tercero II.

En cuanto a mantener una coherencia entre mecanismo y representación fueron bastantes similares en ambos cursos los porcentajes de alumnos que tuvieron respuestas darwinianas para mecanismo y representación en el post test, siendo en tercero II aproximadamente un 7 % más alto.

Coherencia entre mecanismo y representación:

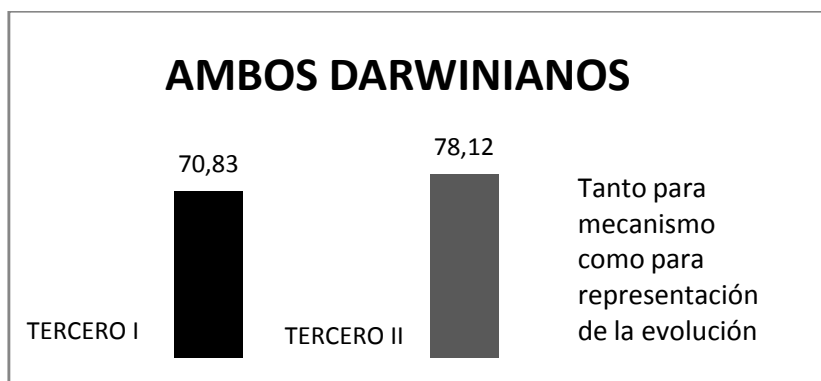


Figura 16: Proporciones obtenidas en la respuestas combinadas mecanismo y representación darwinianas.

Para analizar si las respuestas fueron dependientes, es decir están relacionadas entre sí o fueron realizadas en forma independiente se realiza la prueba de Chi cuadrado.

En el análisis realizado en SPSS versión 16.0 se preparó una matriz global y se realizaron tablas de cruzamiento, análisis descriptivos combinando las variables con atributos nominales, pero que debieron ser contempladas en forma numérica (1= SI y 0= No) (ver anexo).

La prueba de independencia del Chi-cuadrado, parte de la hipótesis que las variables (LM1 LM2 por ejemplo) fueron independientes; es decir, que no existe ninguna relación entre ellas y por lo tanto ninguna ejerce influencia sobre la otra. El objetivo de esta prueba es comprobar la hipótesis mediante el nivel de significación, por lo que si el valor de la significación es mayor o igual que el *Alfa* (0.05), se acepta la hipótesis, pero si es menor se rechaza.

Por medio de la prueba de independencia Chi-cuadrado, se determina si existe una relación entre dos variables categóricas. Es necesario resaltar que esta prueba nos indica si existe o no una relación entre las variables, pero no indica el grado o el tipo de relación; es decir, no indica el porcentaje de influencia de una variable sobre la otra o la variable que causa la influencia.

Para calcular el valor de significación en SPSS, el Chi-cuadrado mide la diferencia global entre los recuentos de casilla observados y los recuentos esperados. Entre mayor sea el valor del Chi-cuadrado, mayor será la diferencia entre los recuentos observados y esperados, lo que nos indica que mayor es la relación entre las variables. El valor de significación corresponde a la probabilidad de que una muestra aleatoria, extraída del Chi-cuadrado nos dé como resultado un valor superior a 39.672; es decir, es la probabilidad que los datos de una muestra aleatoria extraída de las dos variables sean independientes. Para nuestro ejemplo este valor es menor que el Alfa (0.05), por lo que se rechaza la hipótesis de independencia y por lo tanto, podemos concluir los pares de variables analizadas en las tablas de contingencia (ver anexo) están relacionadas.

Análisis cualitativo

Este análisis se realizó sobre las producciones escritas extraídas de las respuestas a las justificaciones del pre y post test a las cuestiones de resistencia al piojicida y a los herbicidas respectivamente.

Para clasificar las respuestas se partió de las mismas categorías establecidas anteriormente, pero se vio la necesidad de incluir subcategorías que se identificaron en base a términos y frases utilizadas por los alumnos.

También se debió incluir otras porque hay explicaciones que no se encuadran ni dentro lo que se ha definido como “lamarckiana” ni en las que se definieron como “darwinianas”:

Inmunidad: esta categoría incluyó un error conceptual frecuente asociado a las explicaciones sobre resistencia. Se expresaba comúnmente con la frase “posee o creó anticuerpos para el producto” “se hace inmune”. Algunas de estas explicaciones fueron variantes de las Lamarckianas porque al pedir aclaraciones sobre la explicación dada se observaba que los alumnos desconocen el proceso inmunológico y sólo tratan de decir que se “vuelve inmune” después de haber estado expuesto otras veces al mismo producto, o sea que no le afecta o “no le hace nada”.

Propiedades del producto: En algunos pocos casos se respondió enfocándose en el producto, atribuyéndole una falla a su accionar o en la dosis utilizada.

En el post test se detectaron mayor cantidad de categorías intermedias.

Selección Natural con reproducción diferencial. Selección natural incompleta: afecta a algunos y a otros no, pero no tienen en cuenta la reproducción diferencial. Sobrevive el más fuerte. Selección adaptacionista: “El que se adapta es seleccionado”. Selección natural teleológica: “Algunos nacen preparados para un fin en particular”. Selección natural dirigida por un ente: “el ambiente o la naturaleza es la que elige a los más aptos” No pudieron salir de la analogía con la selección artificial. En cuanto a las subcategorías Lamarckianas se encontraron categorías intermedias como mutacionistas, mutan para adaptarse o sobrevivir. Cambios teleológicos y dirigidos en los genes de los descendientes para que sean resistentes. Cambio individual por presión ambiental: favorece a la progenie cuando se reproducen, es decir el ambiente presiona a los progenitores y dan a luz variedades resistentes.

El siguiente gráfico muestra las proporciones de estas subcategorías obtenidas en el pretest en la situación problemática sobre piojicidas.

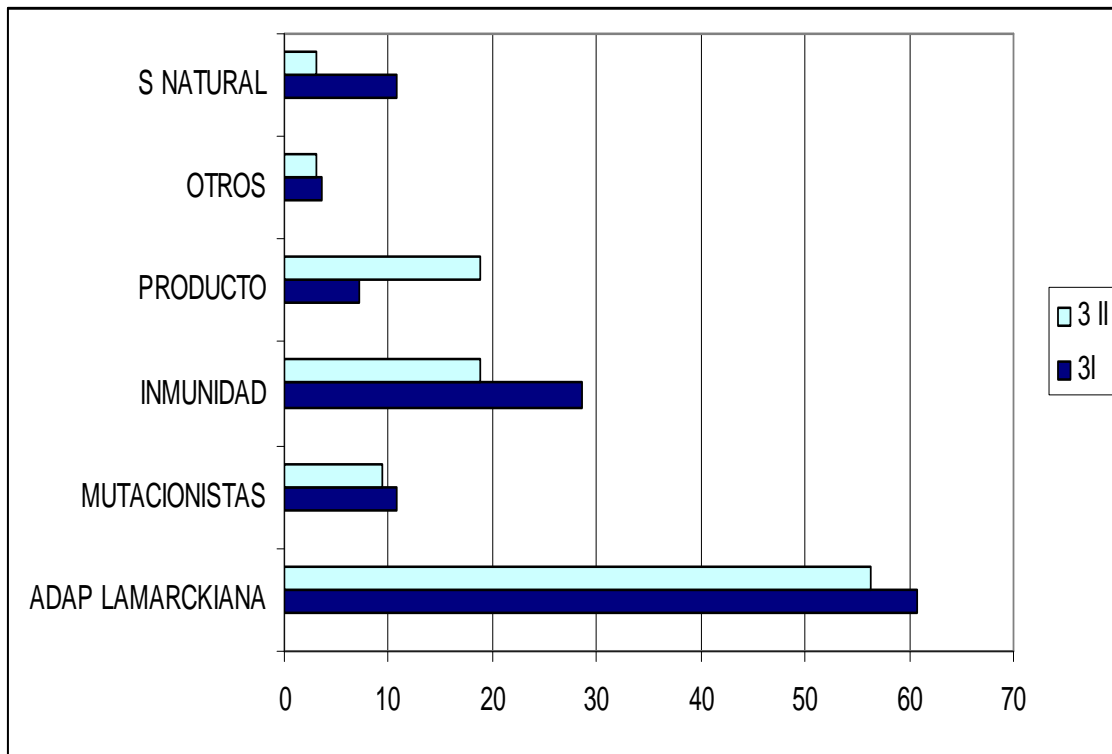


Figura 17: Proporción de respuestas del pre test agrupadas por subcategorías.

Comparación entre las respuestas del pretest y posttest

TERCERO II (Sin enfoque histórico)

RESISTENCIA PIOJOS

RESISTENCIA MALEZAS

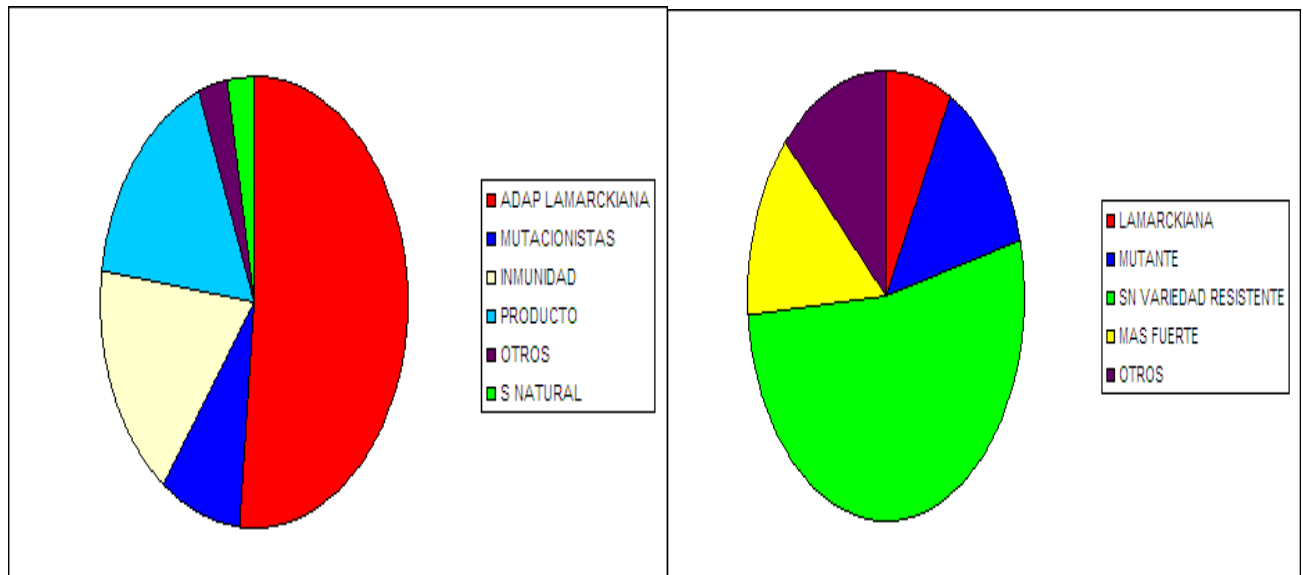


Figura 18: Comparación de las proporciones de respuestas según subcategorías en el pre y post test

Curso que no se aplicó el enfoque histórico.

TERCERO I (enfoque histórico)

RESISTENCIA PIOJOS

RESISTENCIA MALEZAS

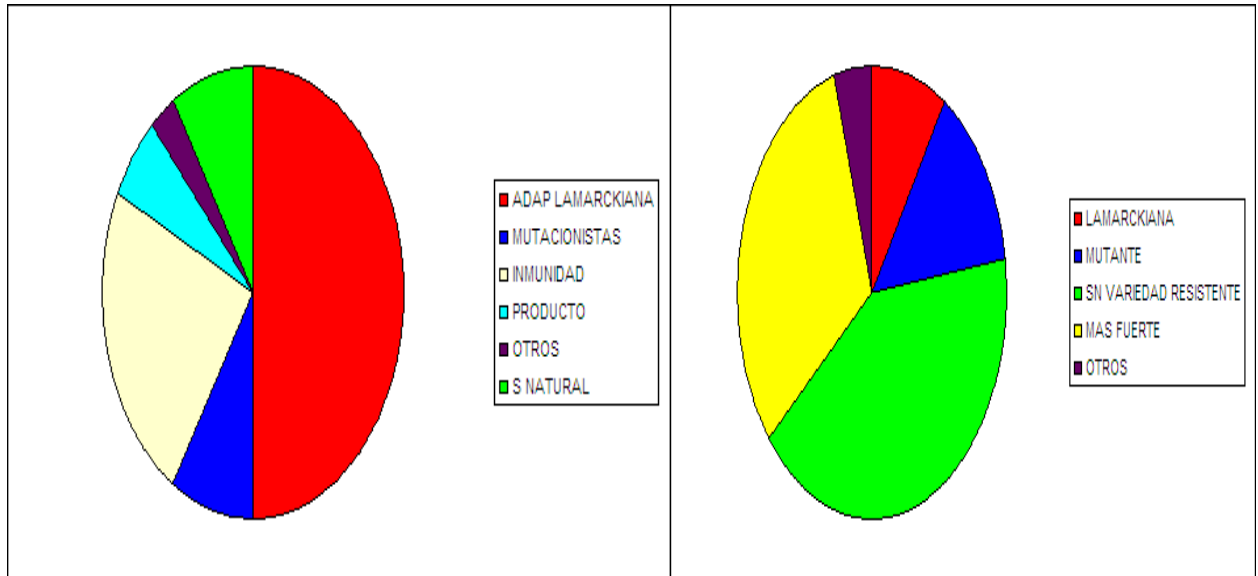


Figura 19: Comparación de las proporciones de respuestas según subcategorías en el pre y post test Curso al que se aplicó el enfoque histórico.

Con respecto a la representación y la justificación de los mecanismos macroevolutivos también se detectaron subcategorías en el post test.

Mecanismo evolutivo en la transmutación de las especies, fundamentación del ejemplo de las jirafas en el post test.

Se observaron mayores proporciones de respuestas en categorías intermedias (mutacionismo, cruzamientos) en tercero I que es el curso del enfoque histórico.

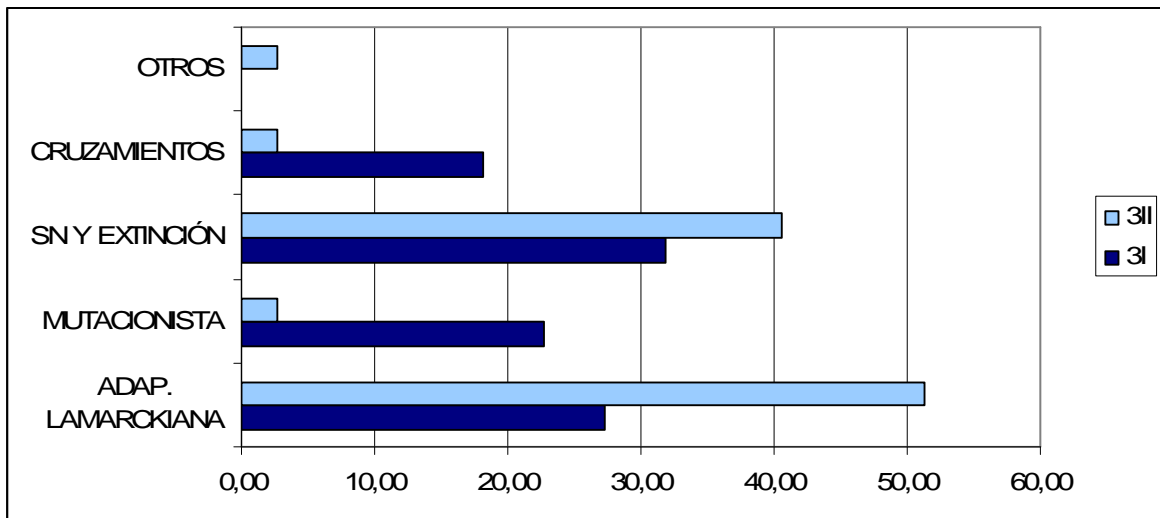


Figura 20: Comparación entre las respuestas por subcategorías obtenidas en el post test.

Es llamativo que en Tercero I aparecieran respuestas sobre la formación de nuevas especies mediante cruzamientos y saltos por macromutaciones, es probable que trasladaran explicaciones de distintos casos históricos al ejemplo de las jirafas representados gráficamente en el post test.

En estos gráficos se evidencia mejor el equilibrio entre las respuestas alternativas de Tercero I y la gran proporción de *adaptacionistas lamarckianos* que perduraron en Tercero II, aunque también lograron mayor proporción de respuestas darwinianas (selección y extinción) que Tercero I.

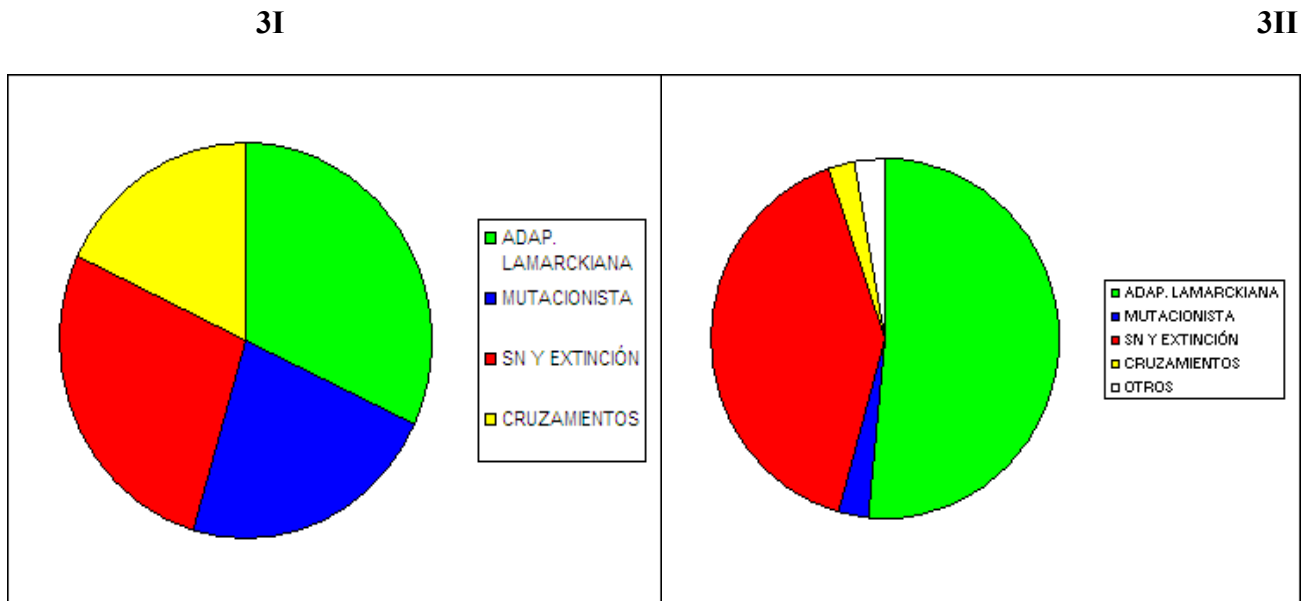


Figura 21: Comparación entre las proporciones de las respuestas por categorías para el caso de la representación de la evolución en el post test.

3.2. Seguimiento de la propuesta

Tercero I⁴⁵, secuencia didáctica con enfoque histórico contextualizado: Durante la primera clase los alumnos no participaron mucho, estaban a la expectativa, adaptándose a una situación particular en la que hay dos profesores que intervenían en la clase; escuchaban, algunos con atención, otros se mostraban distraídos y recién se revelaron interesados en conocer anécdotas sobre la vida de Darwin y las dificultades en la construcción de su teoría, los mitos que se crearon en torno a su figura, etc. Si bien la primera clase fue expositiva, los alumnos intervinieron haciendo preguntas y se transformó el clima instalándose el diálogo naturalmente. Durante la segunda clase se comenzó a hablar del antecesor común con el ejemplo de los armadillos actuales y los gliptodontes extinguidos; y las dos especies de ñandúes que observó Darwin en la Patagonia, en esta clase surgió por parte de los alumnos la idea del eslabón perdido y la evolución humana a partir del mono. Aquí se comenzó un pequeño debate entre las concepciones religiosas y las evidencias que aporta la ciencia. Justo en ese momento en la ciudad de Junín la prensa local había hecho referencia al caso de una profesora de un colegio católico que recibió amenazas por enseñar educación sexual y evolución. De allí surgió el debate entre ciencia y religión. Durante esa clase se trabajó sobre el conocimiento científico y la diferencia con las concepciones fundamentalistas. Se aprovechó la situación para confrontar la comprensión errónea de la evolución considerada como progreso lineal del hombre con la representación filogenética del árbol donde se evidencia que en realidad no desciende del mono, sino que en algún momento comparte un antecesor común que está más alejado que el que comparte con el chimpancé, pero más cercano que con los roedores, por ejemplo. El tema se retomó en las últimas clases utilizando el video del capítulo de los Simpsons “*El traje de Mono*” para iniciar las discusiones finales y contribuir a la construcción de las conclusiones sobre las concepciones de la teoría de la evolución en el sentido común y su comparación con las concepciones históricas. Los alumnos consideraron que la mayoría de las críticas provenientes de los religiosos surgían de un malentendido. Malinterpretando el pensamiento darwiniano al considerar al hombre descendiendo directamente, en forma lineal de los monos, porque no vislumbraban la idea del antecesor común y el árbol filogenético.

⁴⁵ Ver anexos, página 181.

Durante las clases siguientes se trabajó en base a guías de lectura⁴⁶ y situaciones problemáticas con la bibliografía que los alumnos exploraban en forma individual o grupal. Parte de las actividades de indagación las realizaron de manera no presencial y se estableció un espacio para tutoría utilizando una página de Internet⁴⁷ y el correo electrónico.

Al terminar la indagación los alumnos seleccionaron una problemática, presentaron los contenidos, los resultados de su investigación y defendieron sus puntos de vista.

Los principales temas desarrollados fueron:

- Confrontación de las ideas sobre las especies.
- La construcción de la teoría y las influencias que tuvo Darwin.
- Antecesor común y representación en forma de árbol.
- Selección Artificial, el caso del ovejero Seth y la raza *Ancon*.
- Selección natural y mimetismo, el caso de la *Biston betularia*.

Estos son extractos de los diálogos registrados durante esas clases donde se reflejan los conceptos manejados:

El primer grupo de cuatro chicas presentó la confrontación de las concepciones de Aristóteles, Linneo, Buffon, Lamarck, Cuvier y Darwin.

Mia: Aristóteles armó una escala fija, como una escalera. Lamarck utilizó una escala jerárquica también, pero que una especie se iba transformando en otra como una escalera mecánica que sube de lo más simple a lo más complejo.

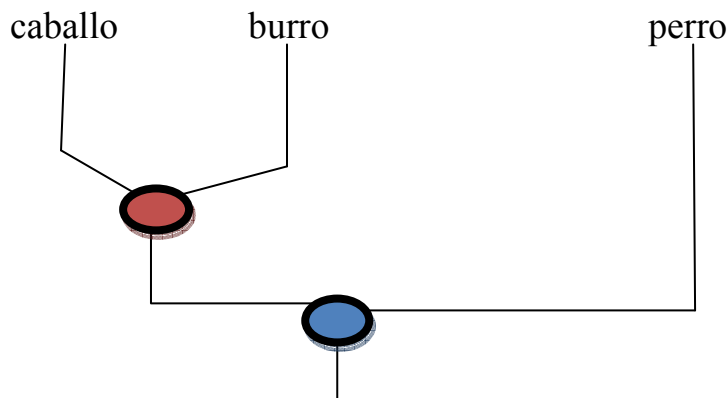
Jenifer: Comparamos lo que decían los libros sobre Lamarck, que decía que las jirafas estiraban el cuello para alcanzar las hojas de los árboles, pero él decía que tenían un estímulo interno que hacía que el cuello si se usaba mucho se desarrollara más.

Este grupo logró desarrollar los fundamentos de las ideas fijistas y transformistas, pero no se llegó a evidenciar la concepción de las especies si eran esencialistas, si las consideraban entidades discretas o continuas, ni tampoco la idea de la extinción. Los demás alumnos se detuvieron en preguntar sobre la evolución de las jirafas y se tuvo que intervenir para aclarar malentendidos, pero igualmente no se desarrolló adecuadamente este tema en ese momento.

⁴⁶ Ver anexos página 146.

⁴⁷ <http://evo120.tripod.com/>

Un alumno presentó lo que había realizado sobre la representación de la evolución lineal de la escalera al árbol. Ilustró su ponencia con varios ejemplos de árboles filogenéticos y cladísticos obtenidos de Internet y comenzó a explicar dibujando en el pizarrón el siguiente esquema:



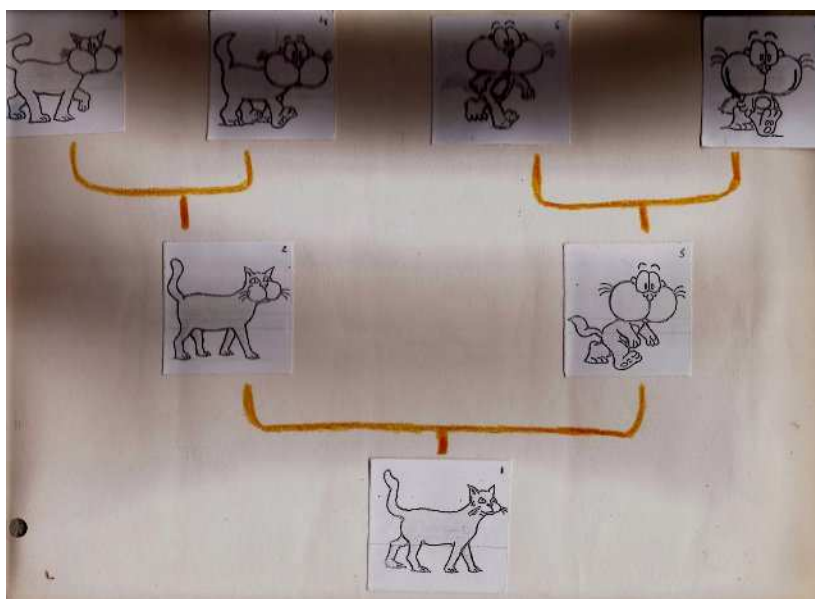
Los siguientes párrafos reflejan el dialogo que se estableció con los compañeros:

Martín: Ustedes pueden ver que el caballo y el burro tienen más cosas en común que el caballo y el perro. Por eso el burro y el caballo tienen un antecesor común cercano. Pero con el perro también tiene un antecesor común, pero está más alejado.

Juan: Claro, tiene cuatro patas, pelos...

Martín: sí porque es mamífero como el caballo, está más cerca el ancestro común que, el del caballo y una paloma, por ejemplo.

Este alumno también presentó el árbol filogenético de la evolución de “Gaturro” basado en la historieta que presenta la evolución lineal de Gaturro⁴⁸



⁴⁸ Esta historieta se encuentra en el anexo correspondiente a las guías de actividades.

En esta representación el alumno usó el criterio del bipedismo para separar las ramas desde el ancestro común, el gato común. Por un lado surgían los gatos de dos patas que se cuyas ramas se abrían y podían dar el linaje de Gaturro y por el otro podría ser el de Gardfield, que tendrían el antecesor común más cercano porque son más parecidos y en las otras ramas, los gatos de cuatro patas, de los cuales podrían evolucionar otros dibujos animados como el gato de los Simpsons. Así, convirtió la transformación “lamarckiana de Gaturro” en una evolución darwiniana.

El grupo de chicas que eligió representar el caso del ovejero Seth, lo hizo de la manera en la que estaba orientado en la guía de actividades. Este caso sirvió para debatir el valor de las mutaciones y su aporte a las variaciones para que pueda operar la selección. El ovejero tenía un rebaño de ovejas y en una oportunidad nació una con patas cortas. Él la apartó y la cruzó con una de patas normales, y al dar un cordero con patas cortas se dio cuenta que podría armar un rebaño de todas ovejas con patas cortas así no se escapaban de su cerca. Así, que fue apartando los que nacían enanos y cruzando con otros de patas cortas, hasta que tuvo muchos y vendió a las ovejas con patas normales.

Los alumnos con este caso comprendieron que la variación apareció antes de ser seleccionada. Que fue una mutación heredable, pero que tuvo que actuar el ovejero para que sea favorecida y aportar más individuos al rebaño con esa variación.

Después se comparó este caso con otros ejemplos de selección artificial ya comentados, el de las palomas, el maíz, etc.

Otro caso interesante que los alumnos presentaron fue el de adaptación por mimetismo utilizando principalmente el ejemplo de los dos biotipos de *Biston betularia*. A continuación un fragmento de las conversaciones grabadas durante su presentación:

Brenda: Esta especie tiene dos tipos, una clara y una oscura, y son de la misma especie, se reproducen entre si y pueden salir de uno u otro color.

Jaque: La que más predominaba en un momento eran las claras, porque los troncos de los abedules eran claros, luego predominaron las más oscuras porque los árboles se ensuciaron de hollín.

Lorena: Leímos que se manejaron varias hipótesis para explicar lo que pasó.

Leandro: Entonces desarrollaron distintas investigaciones, por ejemplo alimentaron a las orugas con hojas impregnadas de hollín para ver si después cambiaban de color cuando se hacían adultas, pero no pasó nada.

Lorena: Después se llevaron a las mariposas oscuras a un lugar donde no había y vieron que se reproducción y nacían algunas blancas

M. Paz: y los pájaros que las veían mejor se las comían.

Leandro: No era que cambiaban de color.

Profesora: ¿y cuál es la presión selectiva en este caso?

Leandro: ¿El hollín?

Profesora: El hollín provoca el cambio ambiental, pero ¿qué o quienes actúan que hace que cambie la proporción de un tipo de mariposas en la población?

Todos: ¡los pájaros!

Se compara este caso con las chinches verdes que poseen biotipos de otros colores y en distintas estaciones se pueden ver más o menos ejemplares, si existirá una presión selectiva.

Alumno: si puede ser, porque en otoño las marrones se camuflan, pero ¡qué pájaro se come a las chiches con ese olor que largan!

Otro alumno: yo vi un hornero con una chinche verde en el pico...

Profesora: ¿Qué les parece si buscamos a ver qué depredadores tiene la chinche verde? Y también tendríamos que ver si se posa en las hojas porque fijense que en otoño las podemos encontrar debajo de las cortezas desprendidas...

Luego se comparó estos ejemplos con el caso de los mosquitos presentado en la primera actividad y los ejemplos dados por Darwin de la supervivencia del más apto. Se hizo hincapié en las mayores dificultades presentadas en la comprensión de la selección natural como mecanismo que produce adaptación. Una de ellas fue considerarla teleológicamente, como que tiene un fin preestablecido y la otra fue entender tautológicamente la idea de que sobreviven los más adaptados, es decir la adaptación como causa no como consecuencia. “Si se adaptan sobreviven y quienes sobreviven, los que están adaptados”. Surgió de la confusión a partir de la palabra “apto”. Es decir, apto es el que tiene las variaciones que son favorables en ese momento que por eso es seleccionado y se adapta a esa situación, que cuando varían las condiciones, por ahí, ya no es más apto.

Este curso no logró construir el concepto de especiación mediante barreras geográficas o aislamiento reproductivo, confundió los cruzamientos y la hibridación en la formación de nuevas especies, probablemente esto sucedió porque no se alcanzó a trabajar ejemplos de especiación actuales, sólo se analizó las interpretaciones especulativas de Darwin. También a los alumnos les llamó la atención los casos de híbridos como el *ligre* (híbrido de león y tigresa), el *cebrazno* y *cebrallo*, que encontraron en Internet y nos detuvimos más en la discusión de los híbridos que en las formas de especiación. Un mes con dos clases semanales (3 módulos) fue muy poco tiempo para desarrollar una unidad completa con este enfoque.

Tercero II⁴⁹, curso en el cual se utilizaron las mismas estrategias que se venían desarrollando y actividades no encuadradas dentro de un enfoque histórico.

Se comenzó con la misma problemática de la proliferación de los mosquitos y la resistencia a los plaguicidas, luego se utilizaron ejemplos típicos de especiación, selección artificial y se utilizó el libro de texto que poseían los alumnos (Biología II. Ecología y Evolución. Ed. Estrada) como fuente de consulta, además de los apuntes y guías brindados por el docente⁵⁰.

En los casos presentados se destacó el de las moscas y el DDT, se integró el tema con química, ecología y con el espacio de definición institucional “Contaminación ambiental”, se relacionaron los contenidos de evolución de las poblaciones con las estrategias reproductivas, el tipo de disposición espacial y la competencia para llegar a un análisis poblacional de las moscas, también se repasaron los contenidos de genética dados con anterioridad. La metodología empleada era la exposición y la explicación mediante ejemplos, luego se les presentaba el caso para analizar en forma individual y escrita. Fueron muy pocos los alumnos que pudieron integrar los conceptos en la explicación. Surgieron errores como “se va adaptando el ADN”, “producen anticuerpos para resistir este compuesto” “tenían una mutación que las hacía inmune” y fallas en la redacción y la expresión de las ideas, confusiones entre términos “progenitores” “progenie” “adquiridos por la herencia”. Tampoco les quedó clara la idea de por qué es considerada plaga una especie en relación con lo estudiado en ecología sobre las estrategias reproductivas, la dispersión, la competencia y el perjuicio económico que provoca. En los ejemplos proporcionados en forma oral sugería que manejaban estas relaciones, pero al plasmarlo por escrito, se observó que no lo habían logrado.

Se evidenció cierta dificultad al trasladar el discurso oral al escrito en el uso de las palabras y términos precisos, más que nada por escasez de vocabulario específico, por falta de lectura o atención a las explicaciones del docente. Algunas veces comentaron “*lo sé, pero no me sale escribirlo*”.

Cuando se compararon casos de resistencia, algunos alumnos que habían explicado bien el caso del DDT, cometieron los mismos errores que sus compañeros, pero para explicar la resistencia de las malezas.

⁴⁹ Ver anexos, página 182.

⁵⁰ Algunos de estos apuntes están agregados en las guías que figuran en el anexo.

Se entendió mejor esta problemática al relacionarla con la producción por parte del hombre de organismos resistentes como la soja RR. En este caso los alumnos se mostraron interesados en aprender más y aportaron su propio material.

Se utilizaron variados ejemplos de resistencia y de adaptación,⁵¹ también se relacionó la selección artificial con la ingeniería genética. Y para el antecesor común se utilizó el ejemplo del nabo silvestre, del género *Brassica*, que es el ancestro común de todos los repollos, coliflores, brócolis, creados por selección artificial. De allí se pasó al ejemplo característico del emú, avestruz y ñandú y al árbol filogenético con la evolución humana. No se mencionó en ningún momento la visión lineal, sólo se trabajó con la representación en forma de árbol. También aquí apareció la pregunta sobre el cuello de las jirafas y se utilizó ese ejemplo para plantear el gradualismo y el equilibrio puntuado desde el libro de texto mencionado anteriormente (pag.117), tratando de no mencionar el ejemplo de las “jirafas lamarckianas” para no generar confusiones al utilizar concepciones históricas acotadas. Es muy probable que de esta manera hayan comprendido más fácil la representación filogenética que mediante la confrontación con el modelo lineal, el cual refuerza las ideas previas y la visión del sentido común.

Evaluación de las pruebas escritas tomadas al finalizar la secuencia didáctica

Se consideraron distintos niveles de adquisición de los conceptos:

Declarativo: Repetición de un enunciado, puede ser “de memoria”, no tengo evidencias de que haya sido comprendido.

Complejo: Existe una explicación argumentada, se evidencia su comprensión y la construcción de un discurso propio.

Correcto: puede ser declarativo o complejo que coincide con las explicaciones esperadas por el profesor.

Erróneo: cuando no coincide con las explicaciones esperadas y/o reaparecen las concepciones alternativas.

No explícito: cuando el concepto no aparece en la explicación, pero se evidencia su apropiación en la identificación de representaciones o el uso de ejemplos.

Tabla 8: Prueba con argumentación sobre los casos trabajados 31 **22**
alumnos

Nivel de Conceptos logrados					
	declarativo	complejo	correcto	erróneo	no explícito
adaptación	13	1	14	8	
selección natural	12	2	14	4	4
ancestro común	17	2	19		3

⁵¹ Las actividades con estos ejemplos se muestran en el anexo correspondiente.

representación árbol	13	2	15	6	1
selección artificial	19		19	1	2
especiación	9		9	11	1
Relac. CTS	17		17	2	3

Los conceptos difirieron en cada uno de los cursos porque se utilizaron problemáticas diferentes y en tercero II se orientó la enseñanza dentro de un enfoque ecológico y se siguió la secuencia presentada en el libro de texto que utilizan los alumnos (Biología II. Ecología y Evolución. Ed. Estrada, 2001).

En Tercero I se trabajaron además las relaciones CTS, en Tercero II se utilizaron ejemplos específicos para cada concepto, en cambio en Tercero I la extinción y el origen de la biodiversidad no se trabajó en forma separada de los modelos de especiación, pero relacionados a las concepciones históricas que les dieron origen, no como conceptos separados.

Nivel de Conceptos logrados	3II				31
	declarativo	complejo	correcto	erróneo	alumnos no explícito
adaptación	4		4	27	
selección natural	14	2	16	15	
ancestro común	18		18	13	
representación árbol	11		11	5	15
selección artificial	21		21	4	3
especiación	9	1	10	12	9
origen biodiversidad/extinción	24		24	7	

Tabla 9: Prueba con argumentación sobre los casos trabajados en el curso sin enfoque histórico.

Conceptos logrados en Tercero I:

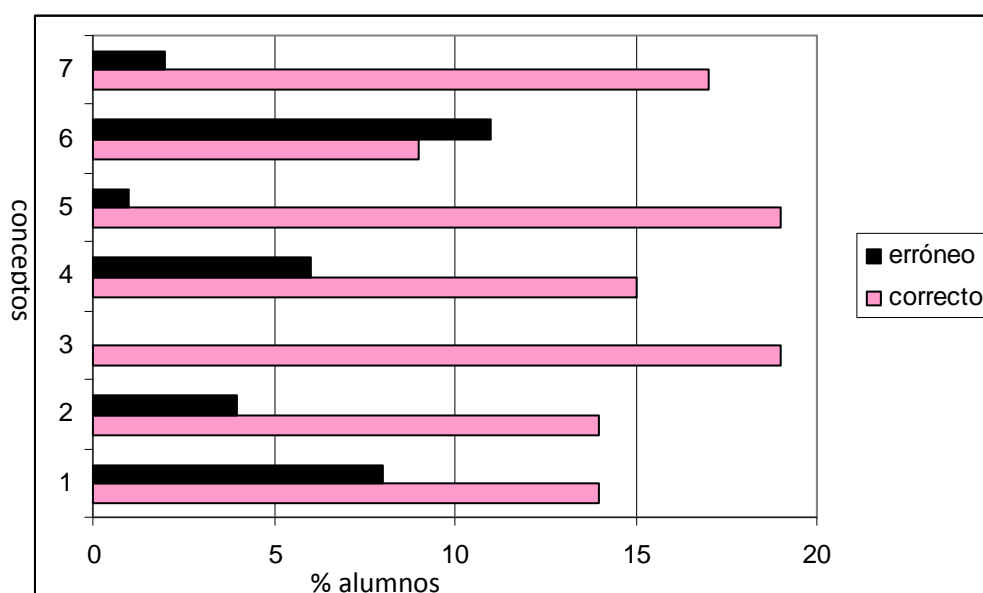


Figura 22: Comparación de los conceptos erróneos y correctos del curso con enfoque histórico.

Conceptos logrados en Tercero II:

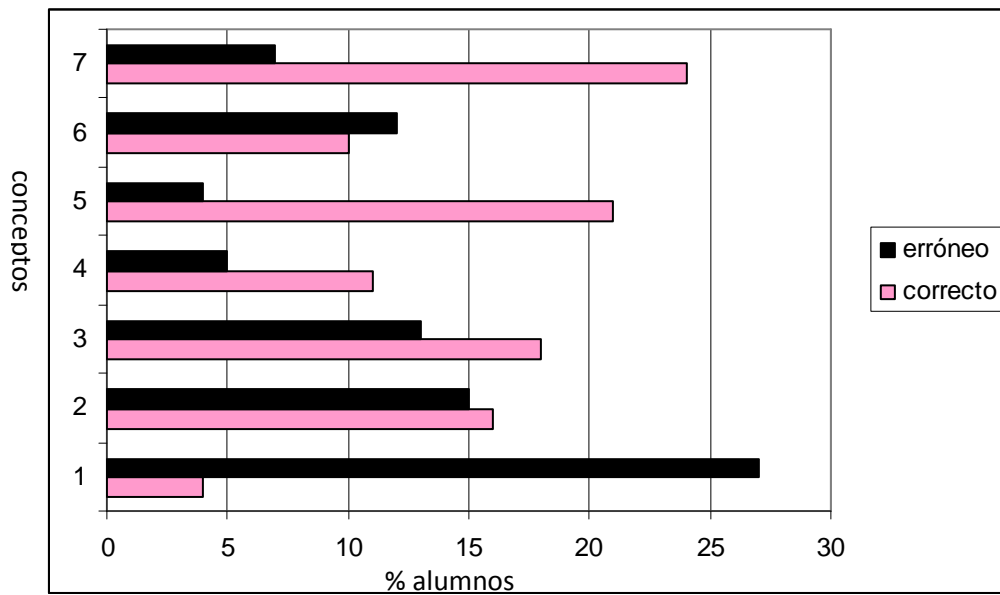


Figura 23: Comparación de los conceptos erróneos y correctos del curso sin enfoque histórico.

Estos fueron los resultados de las respuestas correctas y las erróneas obtenidas en las pruebas escritas, comparando a los dos cursos. Se tuvo en cuenta los mismos conceptos desarrollados en ambos grupos:

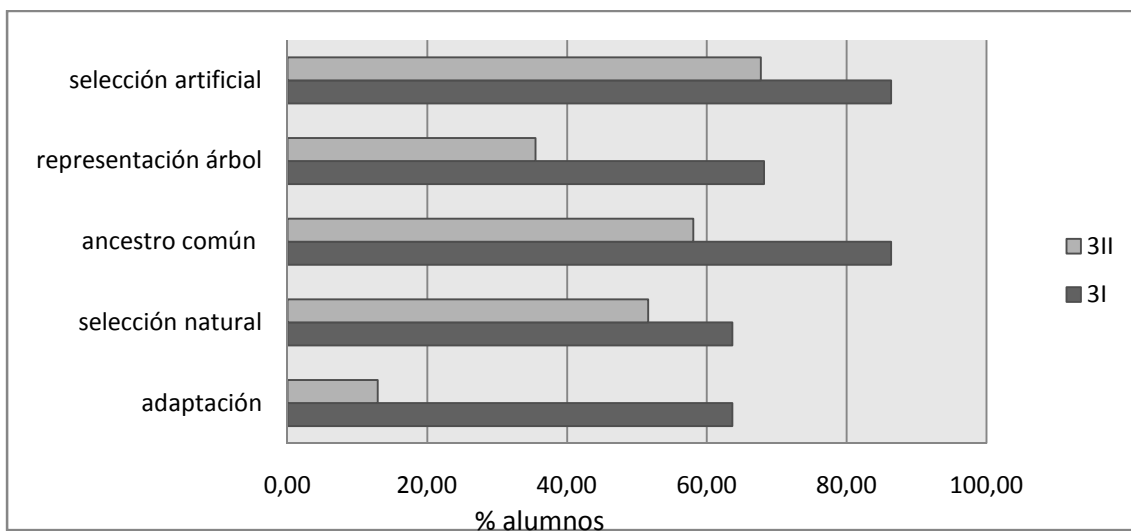


Figura 24: Comparación de los conceptos erróneos y correctos entre ambos cursos.

4. Discusión

En los dos cursos, al finalizar la unidad didáctica donde se abordó con modalidades diferentes la enseñanza de los mecanismos evolutivos, se obtuvieron altos porcentajes de respuestas darwinianas a diferencia de las respuestas obtenidas en el pre test.

No fue significativa la diferencia entre las proporciones de respuestas darwinianas, con respecto a los casos de resistencia, de ambos cursos en el post test. Su porcentaje es muy cercano, 96 % para tercero I (el curso que se impartió el enfoque histórico) y 93,73 % para tercero II. El curso donde se impartió el enfoque histórico no tuvo mayor cantidad de respuestas darwinianas con respecto a la representación de la evolución en los casos analizados en el post test.

Si bien en el pre test hubo mayor cantidad de respuestas sobre la representación lineal o en escalera por parte de alumnos del curso tercero I (enfoque histórico), luego en el post test se evidenció que lograron, la mayoría, optar por la representación en forma de árbol. Esta observación no alcanza para decidir que haya habido cambio conceptual. Es más, algunos alumnos que eran darwinianos en la representación del pre test fueron lamarckianos en el post test. En las pruebas de relación de respuestas se observó que no existe relación entre las respuestas del mismo alumno en el pre y post test. Pero si se observó dependencia entre las respuestas de cada prueba en el mismo curso.

En la observación de la matriz de respuestas, la cantidad de cambios de lamarckianos a darwinianos alumno por alumno, fue mayor en Tercero I, donde hubo mayor proporción de cambio conceptual con respecto al mecanismo, pero también se partió de mayor cantidad de respuestas lamarckianas en el pre test.

Por lo tanto no existió una diferencia significativa de las respuestas suministradas por los alumnos de los distintos cursos.

En cuanto a la coherencia de respuestas darwinianas para mecanismo y para representación, en el pre test se encontraron mayores incoherencias con respecto a la relación mecanismo evolutivo- representación de la evolución que en el post test. En las pruebas realizadas se evidenció que no existe una asociación entre las respuestas, es probable que contestaran de manera independiente sin asociar mecanismo con representación.

La proporción de respuestas darwinianas para las dos consignas (mecanismo y representación fue similar en ambos cursos, siendo Tercero II el que obtuvo un 7,29 % más).

En el curso donde se llevó a cabo el enfoque histórico (Tercero I) tuvo mayor porcentaje de alumnos que lograron el cambio de representación conceptual entre el pre y post test.

Con las dos modalidades de enseñanza se alcanzaron proporciones similares de respuestas darwinianas en el post test en las consignas que describían el mecanismo evolutivo. En relación a la representación hubo mayor proporción de cambios en las respuestas de lineal a árbol entre pre y post test en Tercero II.

En ambos cursos en el post test persistieron las representaciones lineales siendo mayor el porcentaje en tercero I.

Fueron llamativos los resultados obtenidos en la representación en Tercero I, en el post test se obtuvo una proporción de opciones de árbol más baja de la esperada. Una explicación, que servirá de punto de partida para estudios posteriores, puede ser que el esquema de la evolución de las jirafas haya incidido en las respuestas de los alumnos de Tercero I, puesto que la imagen de la jirafa con su evolución gradual en la cual se va acrecentando su cuello, es una idea errónea persistente y por cuestiones de tiempo, no se desarrolló en la unidad didáctica la confrontación con los estudios científicos actuales.

También se observó que un mismo alumno pudo ser darwiniano para mecanismo y lamarckiano para representación y viceversa, y estas incoherencias persistieron, aunque en menor proporción en el post test. Para que asociaran mecanismo con representación se debería haber incluido estrategias, es decir debe ser enseñada tal asociación, no todos los alumnos pueden extrapolar conceptos de un contexto a otro sin una actividad didáctica que los guíe. En las unidades didácticas desarrolladas no hubo una actividad unificadora, se dieron mecanismos y representación con problemáticas diferentes.

Luego de los análisis estadísticos realizados, si bien algunas de las hipótesis de trabajo pudieron ser refutadas a la luz de los resultados obtenidos; se pudo concluir que para el curso Tercero I, que se dio una unidad didáctica basada en un enfoque histórico, los resultados fueron positivos porque lograron la mayoría de las respuestas darwinianas en el post test, además un alto porcentaje de cambio conceptual. Igualmente estos resultados fueron similares a los obtenidos en el curso Tercero II, donde no se aplicó ese enfoque, aunque en algunos casos se observó mayor cantidad de respuestas darwinianas en este curso. Si fue significativo el logro de cambio conceptual en el enfoque histórico. Es decir la efectividad de la utilización del enfoque histórico comparativamente fue similar a la efectividad del uso de problemáticas contextualizadas en relación con el entorno y pudo facilitar el cambio conceptual con respecto al mecanismo evolutivo en los casos de resistencia.

Entonces, puedo concluir que he comprobado mediante las pruebas de pre y post que las estrategias de enseñanza basadas en un enfoque histórico facilitan el cambio conceptual de una concepción “lamarckiana” de los mecanismos de resistencia a una “darwiniana”, y sirven de punto de partida para mejorar las estrategias y diseñar una unidad didáctica basada en el enfoque histórico que contemple las omisiones y los puntos débiles detectados. Pero ¿Alcanzan sólo los análisis estadísticos de las pruebas realizadas para arribar a esta conclusión?

En relación con la construcción del discurso, se encontraron respuestas con mayor nivel de complejidad en alumnos de Tercero I y menos errores conceptuales a la hora de explicar. El enfoque histórico quizá brindó mayores oportunidades de confrontar distintas explicaciones, comprender nuevas terminologías, conociendo como se crearon esas palabras y sus representaciones. En las clases en las que el alumno escucha al docente y luego resuelve ejercicios y problemáticas sencillas no termina de construir su propio discurso, sino que repite lo que dice el profesor o lo que está en el libro, no se apropia de una idea para defenderla en un debate en el que se toman posiciones que se deben confrontar.

Se observó también que, si bien pudieron aplicar correctamente el concepto de un mecanismo evolutivo a una situación específica, pudo reaparecer el error cuando se cambia de situación. Esto se dio en ambos cursos, pero en el curso que tuvo el enfoque histórico se encontró mayor coherencia en sus explicaciones, aún cuando elegían el mecanismo alternativo ya superado por la comunidad científica actual. En el curso sin enfoque histórico, considero probable que algunas respuestas hayan sido elegidas al azar, más que nada al comparar con los resultados obtenidos en las producciones escritas de los alumnos, en las cuales una alta proporción muestra un bajo nivel de comprensión e integración de los conceptos, al ser aplicados a situaciones similares a las planteadas en las pruebas de pre y post test. Sin embargo cuando se trató de contenidos declarativos las respuestas fueron correctas cuando sólo definían, no ocurrió lo mismo cuando debían relacionar o integrar dichos contenidos en una explicación compleja.

Igualmente en el curso con el enfoque histórico, también la mayor parte del alumnado logró sólo un nivel declarativo de los conceptos, pero con los contenidos que más se trabajaron a nivel discursivo lograron dar sus propias explicaciones aunque fueran incompletas.

5. Conclusiones

Al analizar los resultados de las pruebas (pre y post test), las producciones escritas de los alumnos e interpretar las observaciones de las clases, puedo extraer las siguientes conclusiones:

- Las ideas o representaciones previas de los alumnos de ambos cursos con respecto a los mecanismos evolutivos fueron similares entre sí y concordaron con los resultados de estudios anteriores.
- Los alumnos no presentaron dificultades en aceptar la evolución como cambio a través del tiempo y el origen de la biodiversidad en base a causas naturales.
- La teoría del antecesor común la adquirieron antes que la selección natural y los mecanismos de especiación, cuando se utilizaron ejemplos cercanos y conocidos por los alumnos.
- El concepto de selección natural fue el que presentó mayor cantidad de obstáculos.
- Esos mismos obstáculos se superaron en algunas situaciones, pero no en otras, dependiendo de los ejemplos, las problemáticas presentadas, el contexto sociocultural de los alumnos y la terminología empleada por el docente.
- Cuando se utilizaron situaciones problemáticas específicas para dar un concepto, ese concepto se construyó con esa situación y no todos los alumnos pudieron trasladarlo a otra situación equivalente.
- Si se logró dicho concepto asociado a una problemática cuando se cambió de ejemplos o de contexto, las respuestas alternativas tendieron a reaparecer.
- Los alumnos del curso que no se practicó el enfoque histórico y se trabajó con situaciones problemáticas tuvieron mayores dificultades para aplicar los conceptos a nuevas situaciones.
- Los alumnos del curso que tuvieron la secuencia basada en el enfoque histórico manifestaron una mayor variedad de respuestas alternativas intermedias con respecto a los mecanismos macro y microevolutivos, y las supieron justificar.
- En este caso, el enfoque histórico favoreció la argumentación y la construcción del discurso compartido de los alumnos y el docente porque proveyó recursos, testimonios, pruebas, contraargumentos, que permitieron el diálogo y el debate.
- En el caso de la especiación la dificultad que presentaron ambos cursos, fue considerar la formación de nuevas especies por hibridación o macromutaciones. Estos obstáculos se corresponden con los presentados durante el inicio del

desarrollo de la teoría evolutiva, antes que fuera aceptada la selección natural como principal mecanismo en la síntesis moderna.

- Por lo tanto, las estrategias de enseñanza basadas en un enfoque histórico facilitaron el cambio representacional de una concepción “lamarckiana” de los mecanismos de resistencia y el modelo macroevolutivo a una “darwiniana” en alumnos de tercer año de secundario superior o polimodal, y sirvieron de punto de partida para mejorar las estrategias y diseñar unidades didácticas basadas en un enfoque histórico que contemplen las omisiones y los puntos débiles detectados en este estudio.

El aprendizaje de la evolución en la educación secundaria es fundamental, puesto que es el contenido eje de la biología actual y su enseñanza posee algunas dificultades debido a la gran cantidad de obstáculos que se presentan en la comprensión por parte de los alumnos de las representaciones y los mecanismos implicados en la estructura teórica aceptada por la comunidad científica actual, de allí el interés de estudiar esta problemática. Que no se consuma aquí, ni mucho menos. Este estudio sirve de inicio para seguir profundizando en el tema y obtener mayor conocimiento aplicable en la didáctica de la biología.

Así mismo destaco la posibilidad de haber podido implementar una innovación en el marco real de la escuela relacionando el encuadre histórico con las problemáticas cotidianas e integrándolas al quehacer de la comunidad educativa de una unidad académica. La necesidad de utilizar esta visión particular de la ciencia y de la evolución a partir de la historia y la epistemología para poder desarrollarla trasladándola al aula para construir un encuadre efectivo para la enseñanza de la evolución.

Considero importante destacar las ventajas y desventajas del enfoque planteado y la metodología utilizada para su puesta a prueba

Las ventajas de este enfoque didáctico: permite construir y confrontar los conocimientos previos, concepciones erróneas con las teorías desarrolladas a lo largo de la historia en diferentes contextos y de esa manera construir representaciones diversas sobre la interpretación del cambio evolutivo y sus mecanismos facilitando así el aprendizaje mediante la argumentación. Las desventajas son: el docente necesita indagar mucho, leer y capacitarse, debe estar permanentemente investigando para conseguir los recursos necesarios y confrontar distintas fuentes; además para implementar una secuencia de este tipo se requiere mucho más tiempo que otra que utilice estrategias tradicionales.

Las ventajas de la metodología de investigación utilizada con pre test y post test: fueron fáciles de aplicar y permitieron organizar su análisis estadístico, pero la desventaja que tuvo en los casos de preguntas de selección, los alumnos pudieron optar al azar y entonces no reflejaron verdaderamente su pensamiento o en el caso de las representaciones gráficas pudieron surgir dobles interpretaciones y en las preguntas con justificación requirieron una elucidación para clasificarlas dentro de alguna categoría existiendo el riesgo de incluir un mayor sesgo en las apreciaciones subjetivas. Las observaciones y el seguimiento de las clases se hizo en carácter de observación participante, la ventaja de esta situación es que se pudo programar las intervenciones para provocar algunos diálogos, y el mismo docente llevó adelante el sentido de la clase, pero el análisis y la interpretación se hizo en base al audio obtenido en las grabaciones de las clases y hubo momentos con diálogos superpuestos en los diversos subgrupos de alumnos que no se pudieron captar para poder abarcar todo el proceso de discusión y construcción de las conclusiones.

Para finalizar considero importante tener en cuenta algunas prescripciones didácticas para dar este tema: Proporcionar buenos recursos: documentos auténticos, videos, casos e investigaciones fundamentadas, lecturas y narraciones históricas. Crear un ambiente favorable para facilitar el intercambio de ideas, permitir el diálogo, la discrepancia, el debate, guiar a los alumnos en la construcción de su propio discurso, facilitar su justificación con la búsqueda de pruebas, evidencias, y la confrontación auténtica. Siempre ubicar a los alumnos en el contexto de la problemática a analizar, fomentar la curiosidad por la indagación, la necesidad de conocer más sobre el entorno que facilitó el desarrollo del concepto estudiado, sus relaciones, los ejemplos ilustrados, las problemáticas del momento y la comparación con las problemáticas actuales. Tratar de apoyar los enunciados con pruebas y justificar las conclusiones y que ellos, los alumnos, sean capaces de convencer y convencerse a sí mismos con sus propias ideas, una vez justificadas.

Se deben confrontar las ideas del “sentido común” con las fuentes históricas y las evidencias empíricas. Es importante que se evidencie que la historia, como está escrita desde una visión actual, puede adecuarse a las necesidades o intenciones del relator en relación al modelo que se desea transmitir. Frente a ésta corresponde desarrollar un sentido crítico.

Se trata en última instancia de problematizar el contenido para hacerlo funcional en el marco del currículum y promotor de la comprensión en el aprendizaje.

Propuestas de este tipo promueven el desarrollo de habilidades cognitivas lingüísticas como la argumentación y la explicación, intentando hacer ciencias en el aula mediante estrategias e interacciones verbales previamente proyectadas.

6. Bibliografía

Trabajos publicados

- ASTOLFI, P. (1988). El aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos. *La enseñanza de las ciencias naturales*. Vol. 6 No. 2, junio, pp. 147-158.
- BERMÚDEZ G. Y JALIL A. (2006). *Las respuestas de los alumnos del ciclo de especialización sobre temas de evolución, y su relación con las concepciones teleológicas y antropomórficas*. Revista Educación en Biología, Vol. 9 (2) Argentina. pp. 17-28.
- BERNARDELLO G. (1998). *Lamarck y la herencia de los caracteres adquiridos*. Rev. Educación en Biología Vol. 1 (1) Argentina. pp. 30-35.
- BLANC, M. (1981). “*Las Teorías de la Evolución Hoy*”, Mundo Científico, Vol. 2 N° 12, 288-303.
- BOIDO, G., (1993). “*La polémica sobre el enfoque whig en la historia de la ciencia*”, Análisis filosófico, vol. XIII, n. 2, pp. 123-132.
- CAMPANARIO, J. M., (1998). *Ventajas e inconvenientes de la Historia de la Ciencia como recurso en la enseñanza de las ciencias*. Revista de Enseñanza de la Física, 11, pp.5-14.
- CAPANNA P. (2001). *La lucha por la vida*. Suplemento Futuro. Diario Página 12, Julio 2001. Argentina.
- CAPONI, G. (2000). '*La regla de Darwin*'. Principia, IV (1), pp. 27-77.
- DRIVER, R., (1988) *Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículum de ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 6, pp. 109-120.
- ELDREDGE, N., (1982). *La macroevolución*, Mundo Científico Vol. 2 N° 16: 792-803. La Recherche, edición en español.
- ESTEBAN SANTOS S., (2003). *La perspectiva histórica de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad y su papel en la enseñanza de las ciencias*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 N° 3.
- GAGLIARDI, R., (1988) *¿Cómo utilizar la historia de las ciencias en la enseñanza de las ciencias?* Revista Enseñanza de las Ciencias, 6, pp. 291-296.
- GENÉ A., (1991). *Cambio conceptual y metodológico en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Evolución de los Seres Vivos. Un ejemplo concreto*. Rev. Enseñanza de las Ciencias, 9, (1), pp. 22-27.

- GIL, P.D., (1993). *Contribución de la Historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza – aprendizaje como investigación*. Rev. Enseñanza de las ciencias 11(2) pp. 197-212.
- GOULD, S. J., (1996). “*The Tallest Tale*”. Natural History, v 105 pp 18-23.
- GOULD, S. J. y N. ELDREDGE. (1977). “*Punctuated Equilibria: The Tempo and Mode of Evolution Reconsidered*”, Paleobiology, 3: 115-151
- GRAU, R.; DE MANUEL, J. (2002) Enseñar y Aprender Evolución: Una apasionante carrera de Obstáculos. (Versión electrónica) Revista Alambique 32.
- HODSON, D., (1985). *Philosophy of science, science and science education*. Studies in Science Education, 12, pp. 25-57.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., (1991). *Cambiando las Ideas sobre el cambio Biológico*. Enseñanza de las Ciencias. 9, 3, pp. 248-256.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., (2008). “*La argumentación, el uso de pruebas y el desarrollo del pensamiento crítico*”. Revista Educación en Biología, V11, N° 1, Argentina. pp. 3-5.
- KIMURA, M., (1980). *La Teoría Neutralista de la Evolución*. Investigación y Ciencia, N° 40. pp. 46-5.
- LOMBARDI, O.I., (1997). “*La pertinencia de la enseñanza de la historia de las ciencias: argumentos y contraargumentos*”. Enseñanza de las Ciencias, 15, pp. 343-350.
- LOTERSZTAIN, I., (1998). *Los Genes Egoístas*. Suplemento Futuro, Página 12. 28/11/1998.
- MATTHEWS, M. R., (1994). “*Historia, filosofía y enseñanza de las ciencias: la aproximación actual*”. Enseñanza de las Ciencias, 12, pp. 225-277.
- MATTHEWS, M.R., (1991). *Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias*. Comunicación, Lenguaje y Educación, 11-12, pp. 141-155.
- MOLEDO L. (1997) Entrevista a Dr. Hernán Dopazo por. “*El Darwinismo Hoy. Una teoría que se Expande*.” Suplemento Futuro, Página 12. 17-05-1997. Bs. As. Argentina.
- MORRONE, J., (2000). *Los árboles filogenéticos: de Darwin (1859) a Hennig (1950)*. Rev. Museo Vol. 3 N° 14, pp. 27-33.
- MORRONE, J., CIGLIANO, M., CRISCI, J., (1992). “*Cladismo y diversidad biológica*”, Revista Ciencia Hoy, 21: 26-34.
- NUSSBAUM J., (1989). *Classroom Conceptual Change: Philosophical perspectives*. INTJSCLEDUC, vol. 11. Special Issue, pp. 530-540.
- O’HARA R.J., (1988). *Homage to Clio, or, toward an historical philosophy for evolutionary biology*. Systematic Zoology 37: 142-155. USA.
- POSNER, G. y col.,(1982). *Acommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. Science Education. Vol. 66, pp. 211-227.

POZO J. I., (1999). *Más allá del cambio conceptual: El aprendizaje de la ciencia como cambio representacional*. Enseñanza de las Ciencias, 17, 3, pp. 513-520.

PRO, A., (1997). ¿Cómo pueden secuenciarse contenidos procedimentales?. *Alambique*, Vol.14, pp. 49-59.

PRONO, María Inés. La rehabilitación de la noción de representación en Toulmin (o un intento de reformular a Kant en términos wittgensteinianos). *Tópicos*, Santa Fe, n. 12, 2004 .

Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1666-485X2004000100008&lng=es&nrm=iso>. accedido en 28 jul. 2010.

SIMMONS, R. E., SCHEEPERS, LUE., (1996). "*Winning by a Neck: Sexual Selection in the Evolution of Giraffe*," *The American Naturalist* 148, pp. 771-786.

THUILLIER P. (1982), *¿Era Darwin Darwinista?* Mundo Científico. Vol. 2. N° 12 pp. 272-287.

Presentaciones en Reuniones Científicas

ALVAREZ J. M., (2000). *Analogías Darwinianas: Modelos y/o Metáforas*. En MORA, M.S. Actas del III Congreso de la Sociedad de Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia, San Sebastián: Universidad del País Vasco, pp. 331-341.

PAZ, R.V., (2003). *Posibles efectos de la forma en que entiende el maestro de primaria la evolución biológica y la forma en que aprenden sus alumnos*. Ponencia, VII Congreso Nacional de investigación educativa, COMIE, nov. 2003. Ed. Digital. Guadalajara. México.

TORREBLANCA M.; MERINO G. (2008), *Tan difícil es pensar como Darwin*. Actas de las VIII Jornadas y III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. ADBIA, Mar del Plata, 9,10 y 11 octubre. Publicación digital en CD.

Libros o capítulos de libros:

AILLIN M., (1998). "*Zarafa: A Giraffe's True Story*". New York: Random House.

AUSUBEL, D., (1978). *Psicología Educativa*. Un Punto de Vista Cognoscitivo. Ed. Trillas. México.

AX, P., (1987). *The phylogenetic system. The systematization of organisms on the basis of their phylogenesis*. Ed. John Wiley and Sons. Chichister. UK.

AYALA, F. J. y DOBZHANSKI. T. G. (1983). *Estudios Sobre la Filosofía de la Biología*. Ed. Ariel, Barcelona.

- BACHELARD, G., 1938, *La Formation de l'esprit scientifique*. París: Vrin. Edición española: *La Formación del Espíritu Científico*. Ed. Siglo Veintiuno Ediciones, 2003.
- BARTHELEMY-MADAULE M., 2000. *Lamarck o el Mito del Precursor* en.; BARAHONA A.; SUAREZ E; MARTINEZ S., *Filosofía e Historia de la Biología*. UNAM, México. pp. 65-106.
- BELLOCH, M., 1994, *Por un Aprendizaje Constructivista de Las Ciencias*. Ed. Visor. Madrid. España.
- BOWLER P. (1995) *Charles Darwin, El Hombre y su influencia*. Alianza Editorial. Madrid. España.
- BRANDON, R. 1990. *Adaptation and environment*. Princeton, Princeton University Press.
- BRANDON, R. 1996 *Concepts and methods in evolutionary biology*. Cambridge, Cambridge University Press. USA.
- CAMPOS, M. A. Sánchez, Z. C. Gaspar, H. S., Paz R. V. 1999. *La organización conceptual de niños de primaria acerca del concepto de evolución*. Reporte de investigación, IIMAS, UNAM.
- CASINOS A., 1986. *Lamarck entre el Olvido y la Confusión* en *Filosofía Zoológica*, edición española. Ed. Alta Fulla. Barcelona. España.
- CHALMERS, A.F. 1984. *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia?*, 2ª ed., Madrid: Siglo XXI ediciones. España.
- DARWIN C. (ed. 1983). *El Origen de las Especies*..Ed. SARPE. Madrid. España.
- DARWIN, C. (ed. 2001). *El Origen de las Especies*. Ed. Edicomunicación. España.
- DARWIN, C. (ed. 1946). *Memorias y Epistolario íntimo*. Editorial Elevación. Buenos Aires. Argentina.
- DARWIN, C. (ed. 1997). *Textos fundamentales*. Ed. Altaza. España.
- DAWKINS R., (1985). *El Gen egoísta*, Biblioteca Científica Salvat, Barcelona, España.
- DEVILLERS, C; CHALINE, J., (1993). *La Teoría de la Evolución*. Ed. Akal, Madrid, España. pp 319-321.
- DOBZHANSKY, T; AYALA, F.; STEBBINS, VALENTINE, (1980). *Evolución*, Ed. Omega, Barcelona. España.
- ECHEVERRÍA J. (1998). *Filosofía de la Ciencia*. Ed. Akal. Bs. As. Argentina.
- FLEURY MORTIMER E., (2000). *Lenguaje y Formación de Conceptos AV-150* en *La Enseñanza de las Ciencias*; Editorial: Visor. España.
- FOUREZ G., (1997). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Ed. Colihue. Bs. As. Argentina
- FREEMAN, S, HERRON, J. (2002). *Análisis Evolutivo*. Prentice Hall. España.
- GEOFFROY SAINT HILAIRE, E., (ed. 2009). *Principios de filosofía zoológica*, Editorial Cactus. Bs. As. Argentina.

- GOULD S. J., (1986). *Sombras de Lamarck* en El Pulgar del Panda, Orbis Ediciones. España, pp. 79-87
- GOULD S. J., (1995). *Una audiencia para Vavilov* en Dientes de Gallina y Dedos de Caballo. Editorial Crítica. España, pp. 113-121
- GOULD S. J., (1983). *Desde Darwin*. Hermman Blume ediciones. Madrid. España.
- GOULD, S J., (2005) *La Estructura de la Teoría de la Evolución*. Tusquets ediciones. España.
- GOULD, S. J., (2004). *La Sonrisa del Flamenco*. Ed. Crítica. España.
- GRANT P.; GRANT R., (2008). *How and Why Species Multiply. The Radiation of Darwin's Finches*. Princeton University Press. New Jersey, USA.
- GRUBER H. E., (1981). *Darwin on Man: A Psychological Study of Scientific Creativity*, 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.
- HUXLEY J.; KETTLEWEL H.D.B., (1985). *Darwin*. Biblioteca Salvat de Grandes Biografías. Ed. Salvat. Barcelona, España.
- JACOB, F., (1986). *La Lógica de lo viviente*. Biblioteca Científica Salvat. Ediciones Salvat S. A. España
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P., (2003). *Comunicación y lenguaje en la clase de Ciencias*. En Enseñar Ciencias. Ed. Grao, pp 55-71. Barcelona. España.
- KLIMOVSKY, G. (1999). *Las Desventuras del Conocimiento Científico*. A-Z Editora. Argentina.
- KRAGH H., (1987). *An Introduction to the Historiography of Science*, Cambridge. Cambridge University Press. UK.
- KUHN T. S., (ed. 1986). *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de cultura Económica (Reedición). México.
- LAMARCK J.B., (1809) (trad. 1986) *Filosofía Zoológica*. pp 172-188, Ed. Alta Fulla, Barcelona.
- LLOYD, E. 2001. *Units and Levels of selection. An anatomy of the Units of selection debates*. En Thinking About Evolution. Historical, Philosophical, and Political Perspectives. Vol. 2. Cambridge University Press. USA.
- MARCO, B., GONZÁLEZ, A. y SIMO, A., (1986). *La perspectiva histórica en el aprendizaje de las Ciencias*. Ed. Narcea. Madrid. España.
- MATURANA, H, VARELA G. (1990). *El árbol del conocimiento*. Ed. Universitaria. Chile.
- MAYNARD-SMITH, (1984). *La teoría de la evolución*. Barcelona: Hermann Blume ediciones.
- MAYR E. y col.. (1979), *Evolución*. Scientific American. Ed. Labor. Barcelona. España.
- MAYR E., (1998). *Así es La Biología*, Ed. Debate, Madrid. España.
- MAYR, E., (1992). *Una Larga controversia. Darwin y el Darwinismo*. Ed. Crítica. Barcelona. España.
- MAYR, E., (2005). *Por qué es única la Biología*. Katz ediciones. Bs. As. Argentina.

- MEDIN, C., WATTENMAKER, W., (1989). *Category cohesiveness, theories and cognitive archeology*. (En Neisser U. Concept and conceptual Development). Cambridge University Press. pp. 25-62. Cambridge. UK.
- MERINO, G. (1998). *Enseñar Ciencias Naturales en el Tercer Ciclo de la EGB*. Ed. Aique. Bs. As. Argentina.
- NOVAK, J., (1982). *Teoría y práctica de la educación*. Alianza Universidad. Madrid. España.
- POZO, J. I., (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ed. Morata. Madrid.
- POZO, J. I. y col., (1994). *La resolución de problemas de ciencias*, CIDE-MEC: Madrid
- PRENANT, M., (1947). *Darwin*. Ediciones Pueblos Unidos. Uruguay.
- RUSE, M., (1990). *Filosofía de la Biología*. Ed. Alianza. España.
- RUSE, M., (2001). *El misterio de los Misterios*. Tusquets editores. España.
- SAMPEDRO, J., (2002). *Deconstruyendo a Darwin*. Ed. Crítica. Barcelona.
- SOBER, E., (1984). *The Nature of Selection: Evolutionary Theory in Philosophical Focus*. The University of Chicago Press. USA.
- SOBER, E., (1992). *Philosophy of Biology*. Capítulo 3. Oxford University Press. USA.
- TEILHARD DE CHARDIN, P., (1955). *El fenómeno humano*. Ediciones Taurus. Madrid, España. (Edición: Mayo 1966).
- TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana*. Vol.1 El uso colectivo y la evolución de conceptos, Madrid, Alianza Editorial.
- YOUNG, D., (1998). *El descubrimiento de la Evolución*. Ediciones del Serval. España.

Materiales obtenidos a través de Internet

- DARWIN, C., (1837- 1838). *Notebooks* en <http://darwin-online.org.uk/>
- DARWIN, C., 1859, 1866, 1872. “*The Origin of species*” versiones digitales en <http://darwin-online.org.uk/>
- DE LONGHI A., 2007. *Gestión de un proceso de Formación docente para Ciencias Naturales*, en De Longhi A. y Echeverriarza comp., 2007. *Diálogo entre diferentes voces*. UNESCO-Universitas, Córdoba.
- <http://www.unesco.org.uy/educacion/es/areas-de-trabajo/educacion/funciones-del-sector/intercambio-de-informacion/publicaciones-en-linea.html>
- MIVART, G., 1871. “*The genesis of species*”, en <http://macrodevelopment.org/mivart/>
- RIDLEY, M., (1993). *El surgimiento de la Biología evolutiva* (Traducción del Capítulo 1, "Evolution", Blackwell Scientific Publications, Inc.).

<http://www.fhuce.edu.uy/antrop/cursos/abiol/links/Artics/ridley.pdf>

SULLOWAY F. J., 1982, "*Darwin and His Finches: The Evolution of a Legend.*" *Journal of the History of Biology*, 15 1-53. En: <http://www.sulloway.org/pubs.html>

VÁZQUEZ, Á., ACEVEDO DÍAZ, J.A., MANASSERO, M.A., 2004. *Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: Evidencias e implicaciones para su enseñanza.* *Revista Iberoamericana de Educación*, versión digital. http://www.rieoei.org/did_mat19.htm

7. WALLACE A. (1858) "*Ternate essay*" en <http://www.wku.edu/~smithch/wallace/S043.htm>

8. Anexos



I. pre test y post test

Escuela Normal Superior Junín (B)

Curso: Tercer Año Orientación Ciencias Naturales Turno M División:.....

Alumno:.....

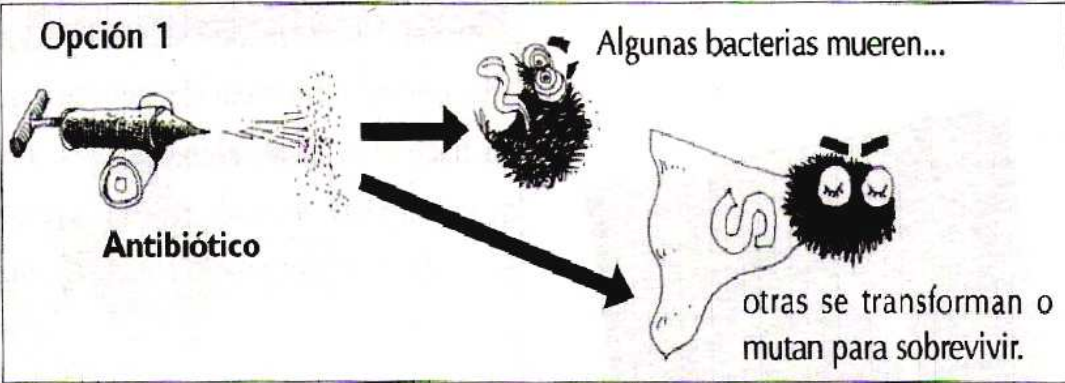
Fecha:...../...../.....

Marcá la opción que te parece correcta:

Antibióticos y bacterias

Algunas bacterias no mueren ante el uso de un antibiótico. ¿Por qué?

Opción 1




Antibiótico

Algunas bacterias mueren...

otras se transforman o mutan para sobrevivir.

Opción 2



Antibiótico

Algunas bacterias mueren...

otras no son afectadas y continúan su ciclo. La descendencia también puede subsistir.

Lee detenidamente la siguiente situación:

“Mi mamá dice que ya ningún piojicida le mata los piojos a mi hermanito. Ha probado varias marcas, pero cuando salen nuevos productos, funcionan bien un tiempo y después se vuelven totalmente ineficaces. La maestra de la escuela le recomendó los peines ultrafinos como la única y más barata solución”

¿Cómo explicarías las razones de esta situación?

.....
.....
.....
.....

¿Por qué los peines ultrafinos pueden ser la solución y los productos químicos no?

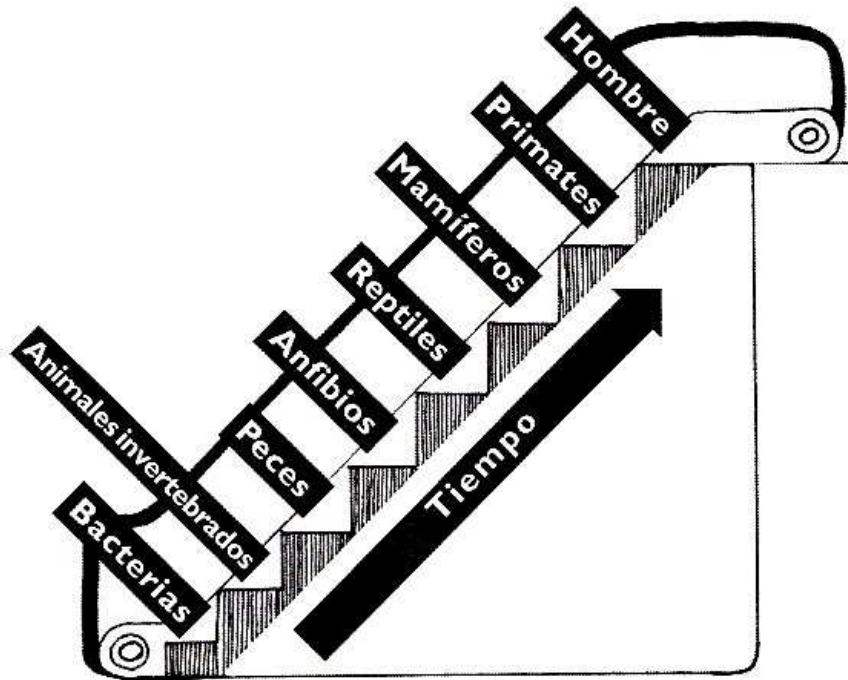
.....
.....
.....

¿Por qué al principio los productos hacen efecto y luego son ineficaces?

.....
.....
.....

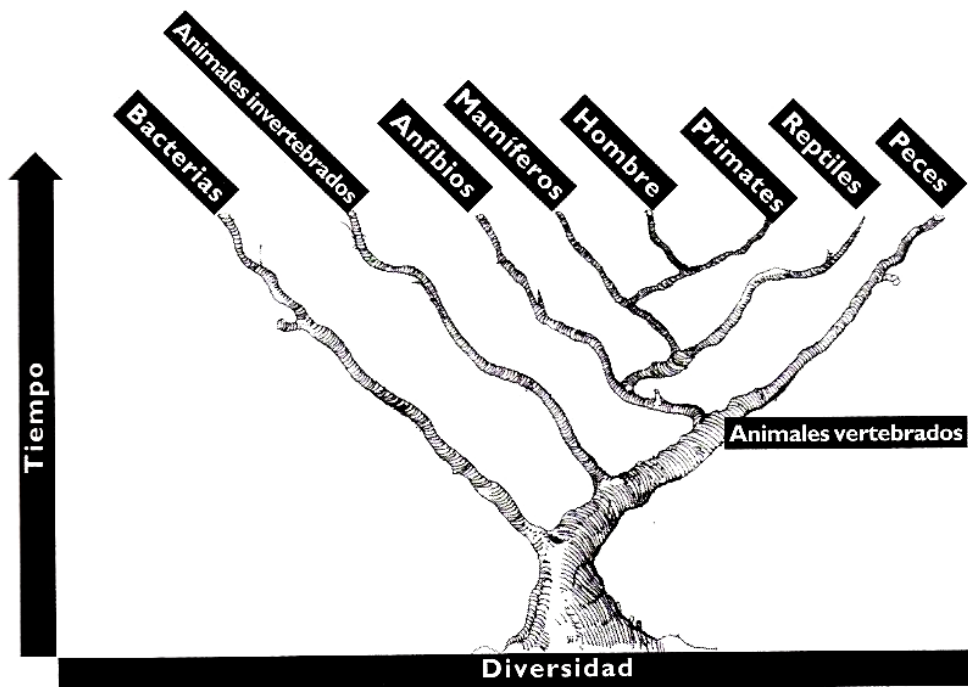
Marcá con una cruz el esquema que a tu parecer representa el proceso evolutivo:

Opción 1



52

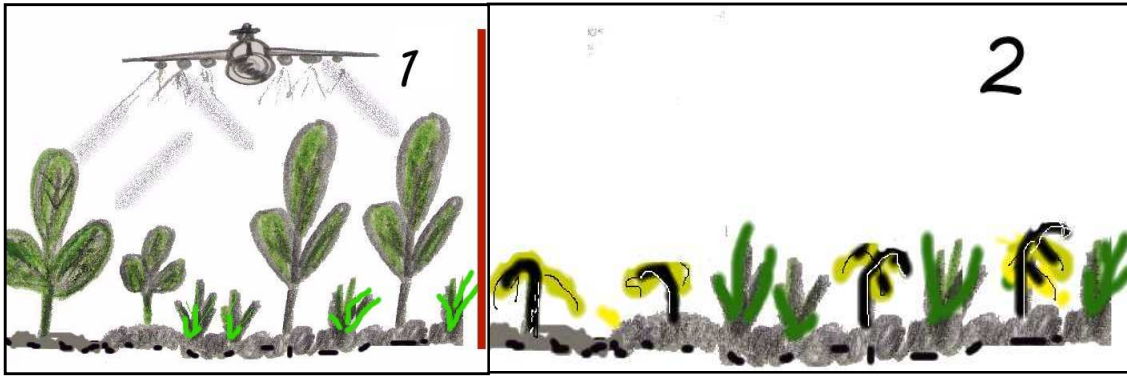
Opción 2



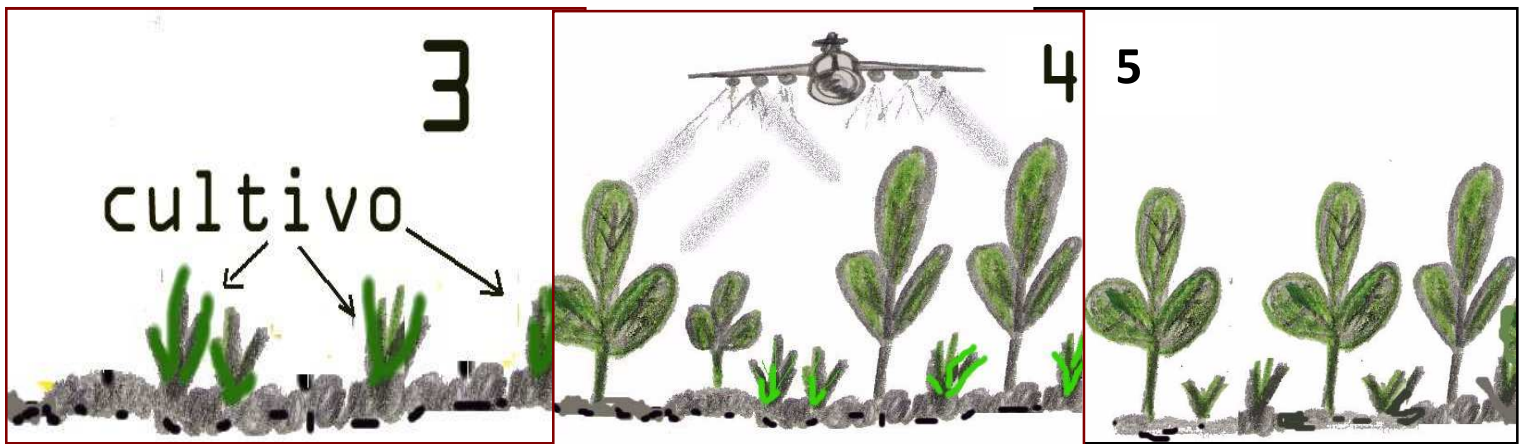
⁵² Estos esquemas fueron extraídos de la revista Exactamente Nº 27. Draghi Cecilia "Docentes aplazados en evolución", 2003. Se utilizaron para realizar pruebas a docentes de colegios secundarios.

OPCIÓN A

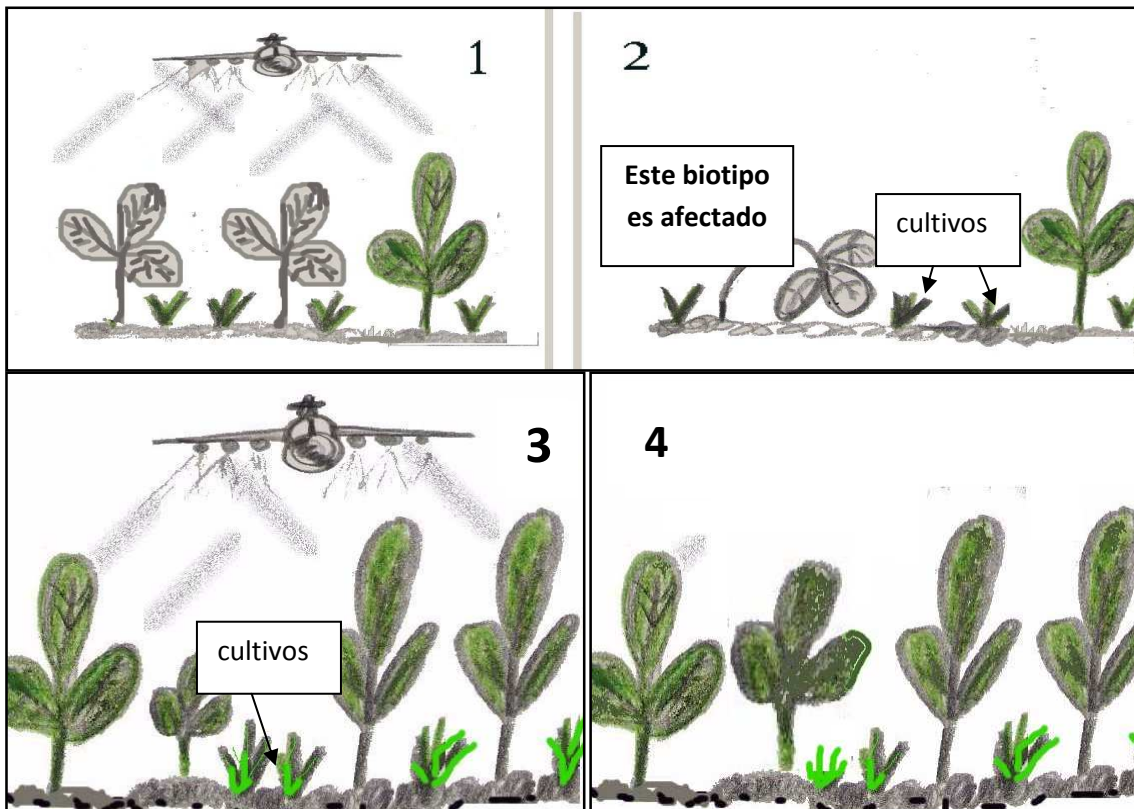
Post Test



Desaparecen todas las plagas luego de la primera aplicación, pero luego nacen más fuertes



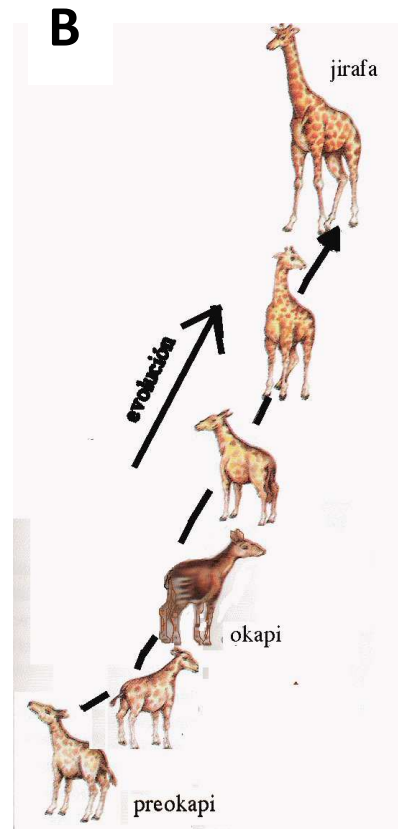
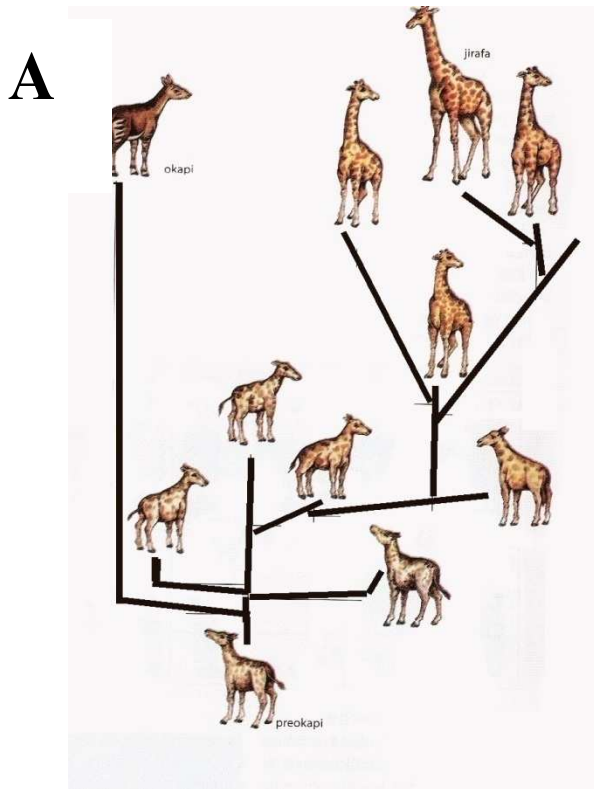
OPCIÓN B



Seleccioná la opción que te parece y fundamentá por qué la elegiste. Las dos tratan sobre malezas en los cultivos y la resistencia a los herbicidas.

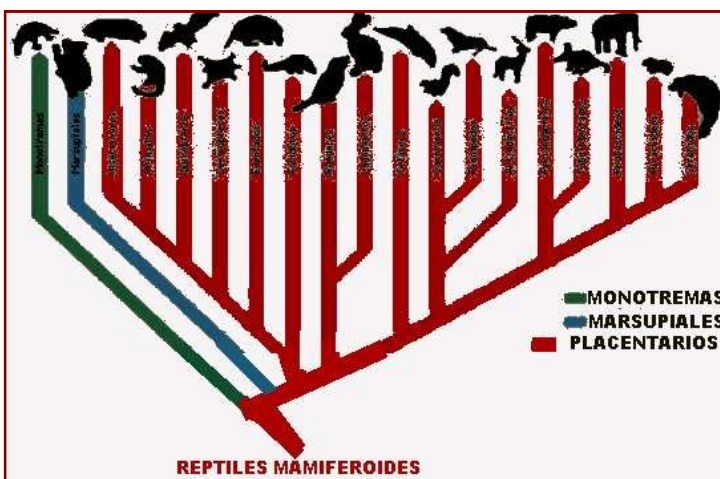
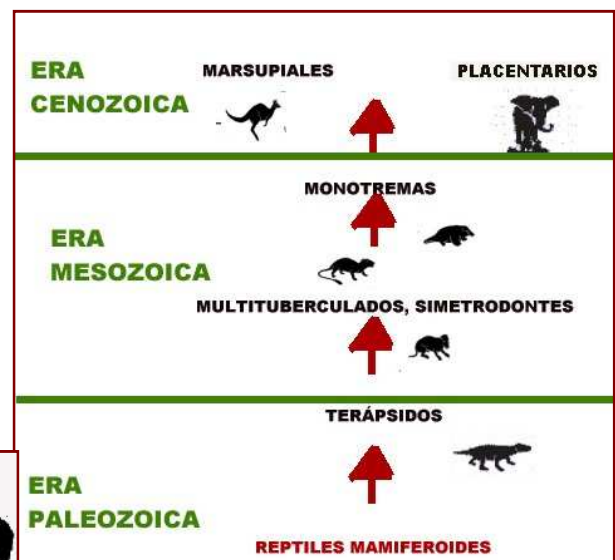
Opción:.....Fundamento:.....

Elegí el esquema que mejor representa la evolución de la jirafa y explicá el mecanismo evolutivo que dio como resultado la jirafa tal como la conocemos ahora:



Seleccioná el cuadro que a tu parecer refleja la evolución de los mamíferos y fundamentá por qué lo elegiste:

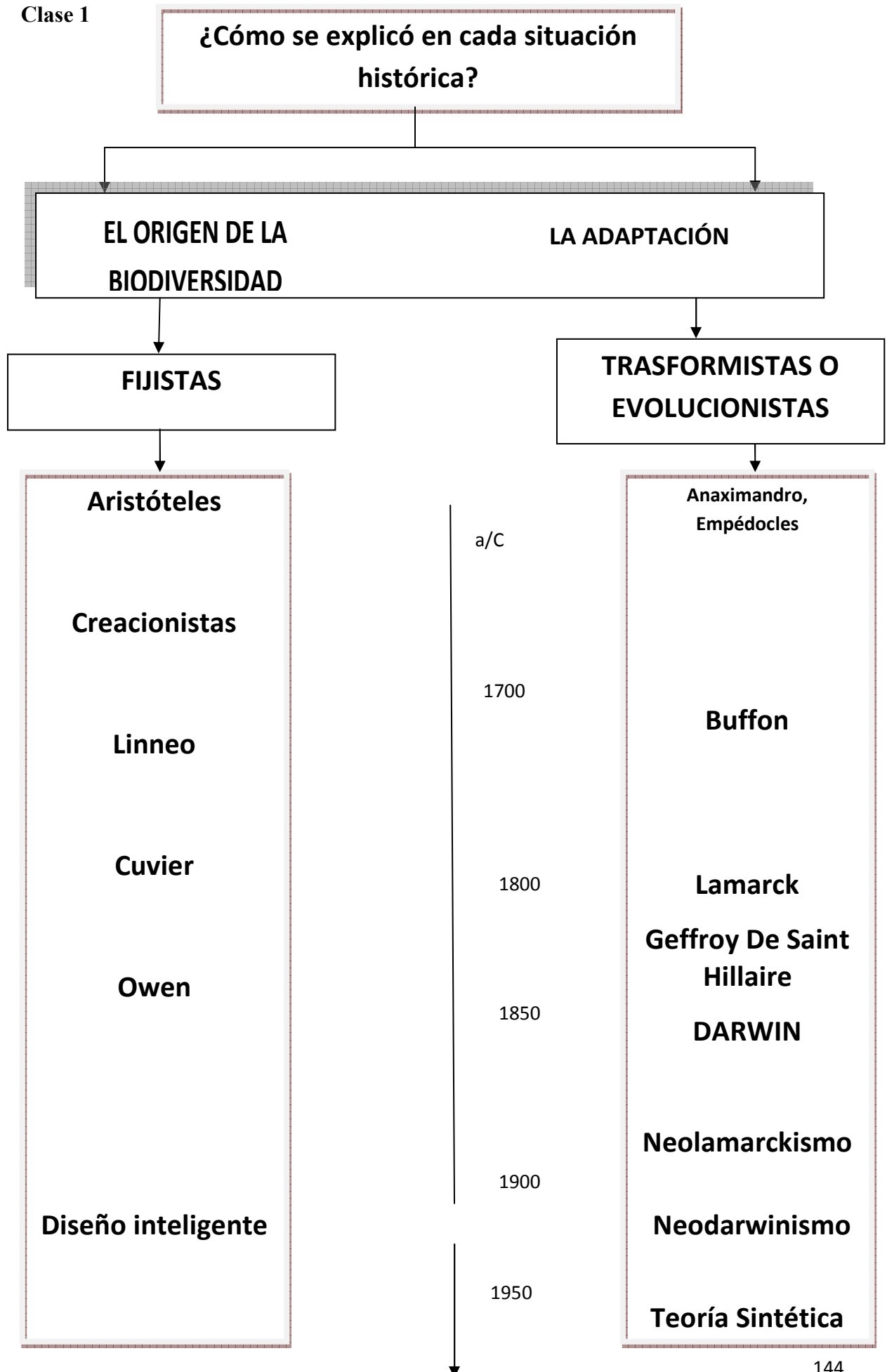
A



B

II. Secuencias didácticas y actividades

Clase 1



Guía de actividades para Tercero I (enfoque histórico)

EXPLICACIONES SOBRE EL ORIGEN DE LA BIODIVERSIDAD

Si observamos un baldío vamos a encontrar distintas especies de gramíneas y otras plantas, y se nos hace difícil enumerar las distintas especies de insectos y, si profundizamos aún más las bacterias y microorganismos que existen en el suelo, los parásitos que pueden tener las plantas, etc.

¿Podrían decir cuántos insectos hay?

¿Recordemos cuando finalizaba el verano la invasión de mosquitos? ¿Eran todos iguales esos mosquitos?

Si se fumigaba, ¿morían todos o había variedades resistentes a los que el insecticida no les hacía nada?

¿De dónde proviene toda esa diversidad de especies? ¿Por qué existe variedad dentro de cada especie?

¿Las especies cambian a través del tiempo?

¿Cómo se explica la adaptación?

¿Cómo se explica la existencia de variedades resistentes como en el caso de los mosquitos o los piojos?

LOS MECANISMOS EVOLUTIVOS

La moderna teoría de la evolución surgió en las décadas del 30 y 40 del siglo XX, como síntesis de los conocimientos genéticos y del concepto darwiniano de selección natural. Esta teoría de la evolución ha ido invadiendo progresivamente todas las disciplinas biológicas y ha contribuido a su desarrollo y enriquecimiento. La teoría de evolución es en realidad la teoría biológica de más amplio alcance.

EN BIOLOGÍA NADA TIENE SENTIDO SI NO SE LO INTERPRETA A LA LUZ DE LA EVOLUCIÓN

Simultáneamente, la moderna teoría de la evolución se ha visto ampliada gracias a la contribución de otras disciplinas biológicas como la zoología, botánica, antropología y paleontología: fisiología, microbiología y bioquímica: biología de las poblaciones experimental y matemática: ecología y sistemática: genética y biología del desarrollo. El moderno paradigma de la evolución se denomina a menudo teoría sintética precisamente porque integra las contribuciones de tantos campos de conocimiento científico.

El concepto de evolución, actualmente básico para las ciencias biológicas, ha suministrado respuestas nuevas y en cierta forma revolucionarias a preguntas que el hombre se había estado haciendo durante siglos. Entre dichas preguntas, las dos más importantes son: ¿Por qué estoy aquí, cual es el fin de la existencia humana? Y ¿Cual es la naturaleza del mundo

vivo que nos rodea? La evolución nos dice que existimos por una serie de acontecimientos y procesos que han dado lugar a los millones de organismos que nos rodean. Los procesos más importantes son: 1) Las interacciones entre los distintos organismos y su ambiente que difieren enormemente tanto histórica como geográficamente; 2) La continuidad de la herencia y de la tradición cultural, y 3) La alteración esporádica de dichas regularidades por cuestiones de azar. Ahora se están comenzando a percibir los efectos de esa revolución en la forma de pensar. Si el hombre ha alcanzado su estado actual como resultado de procesos naturales y no como una consecuencia de una fuerza sobrenatural, puede aprender a controlar dichos procesos.

- **DARWIN Y SU TEORÍA**

La primera edición de *The Origin of Species* se vendió enteramente el día de su publicación, el 24 de noviembre de 1859. Desde su primera aparición se ha estado imprimiendo constantemente y se ha traducido a unos treinta idiomas. El origen de las especies fue un libro importante en la época de Darwin y lo sigue siendo en nuestros días, pues la teoría de la evolución es la piedra angular de la biología moderna, y el libro de Darwin constituye el cimiento de dicha teoría. No obstante, Darwin no fue la primera persona en proponer que las especies de plantas y animales pueden cambiar con el tiempo. De hecho, el propio Darwin señaló no menos de veinte predecesores que habían escrito sobre aspectos de la evolución. Y, sin embargo, la moderna teoría evolutiva procede de Darwin. ¿Por qué? Pueden darse dos razones principales.

En primer lugar, Darwin seleccionó pacientemente y de forma sistemática todos los tipos de pruebas que tenían relación con su tema. Cuando era joven había pasado cinco fructíferos años como naturalista a bordo del *Beagle* (1831-1836). Durante este largo viaje alrededor del mundo Darwin se transformó en un excelente naturalista, observando, recolectando y pensando constantemente sobre los muchos fenómenos geológicos y biológicos con los que se encontraba. Ya en 1837 empezó a dudar de que las especies fueran permanentes e inmutables, y aunque desde 1837 a 1859 estuvo atareado con muchas actividades científicas, esta cuestión del origen de las especies se le planteaba con frecuencia. Durante estos años leyó ampliamente, pensó profundamente y experimentó cuidadosamente. Como resultado, *El origen de las especies* es una obra de extensión y profundidad notables.

En segundo lugar, Darwin pudo proporcionar un mecanismo plausible para explicar de qué modo pueden llegar a cambiar las especies: la selección natural. Darwin se topó por primera vez con la idea de la selección natural en 1838, después de leer *An Essay on the Principle of Population*, de Thomas Malthus, un clérigo y economista político de principios del siglo XIX. Malthus se ocupaba sobre todo de las poblaciones humanas, pero señalaba que es un principio general de la naturaleza el que los seres vivos producen más descendientes de los que normalmente puede esperarse que sobrevivan hasta la madurez reproductora. Y, además, resulta que incluso el descubrimiento del principio de la selección natural no fue únicamente suyo, pues el naturalista Alfred Russel Wallace (1823-1913) lo descubrió de manera independiente en 1858, antes de que Darwin publicara los resultados de sus pacientes indagaciones. Wallace no conocía personalmente a Darwin, pero sabía de su reputación de naturalista experto con opiniones un tanto heterodoxas, y habían mantenido correspondencia, en términos generales, sobre la cuestión de si las especies eran permanentes. Envió a Darwin su corto ensayo, titulado *On the Tendency of Varieties to Depart Indefinitely from the Original Type* (Sobre la tendencia de las variedades a apartarse indefinidamente del tipo original), en el que se explicaban los principios de la selección natural, sin tener la menor idea de que Darwin ya había

descubierto la selección natural ni del grado en que su ensayo adquiriría prioridad sobre lo que constituía la obra de toda la vida de Darwin.

¿QUÉ DICE LA TEORÍA DE DARWIN?

Se basa en tres observaciones y dos conclusiones deducidas de esas observaciones. 1. Si no existieran presiones ambientales todas las especies tenderían a multiplicarse geométricamente por progresión; o sea que una población que duplica su número en el primer año tiene un potencial de reproducción suficiente para cuadruplicar su número en el segundo año, y así sucesivamente. 2. Pero bajo condiciones naturales, aunque se dan frecuentemente fluctuaciones, el volumen de una población permanece constante durante largos períodos de tiempo.

Primera conclusión: 1. No todas las gametas llegan a ser cigotas. No todas las cigotas llegan a ser adultos. No todos los adultos llegan a reproducirse; por lo tanto debe haber una "lucha por la existencia". 2. Los organismos producen entre sí mayor descendencia que la que concebiblemente puede sobrevivir. 3. Las modificaciones dentro de los miembros de una misma especie son muy frecuentes, o sea que, se observa gran variación individual

Segunda conclusión: En la lucha por la existencia, entonces, los individuos que muestran modificaciones favorables gozarían de la ventaja competitiva sobre los demás y se adaptarían mejor al ambiente. Sobrevivirán en un número proporcionalmente mayor y producirán descendientes en número proporcionalmente mayor. Las modificaciones favorables se acumularan en la población por selección natural. Darwin identifica al ambiente como la causa principal que ejerce presión selectiva; gradualmente el ambiente iría eliminando a los individuos con modificaciones desfavorables pero iría preservando a los que tuvieran modificaciones favorables. Así pues, Darwin no fue el primero en proponer una teoría de la evolución, pero su tratado fue el primero que se puede considerar maduro y persuasivo.

Responder:

¿Cómo organizó Darwin su teoría?

¿Pueden identificar las hipótesis principales?

¿En qué supuestos se basó?

¿Qué evidencias aportó?

¿Por qué decimos que utiliza la frase SELECCIÓN NATURAL como una analogía?

¿Qué es una analogía? ¿Con qué compara Darwin?

Y la supervivencia del más apto lo utiliza como una metáfora ¿De qué otra manera se podría explicar esa frase? ¿Por qué es una metáfora?

Para resolver estas cuestiones podés ver el anexo

¿Evolucionistas antes que Darwin?

Si, por supuesto: Lamarck, Geoffroy de Saint Hilaire, y hasta el abuelo de Darwin

"De lo más simple a lo más perfecto "... ¿me callo o me arriesgo a sufrir el ridículo?"

Mientras Cuvier sostenía su posición fijista, vivía en Francia un profesor que ni hizo mucho caso a las ridiculizaciones que Cuvier hacía a las posiciones evolucionistas: era Jean B. Lamarck (1744-1829), habiendo llegado a tener ciertas ideas sobre el origen de las especies, estaba dispuesto a sufrir ridículo u pobreza con tal de decir lo que sentía que era la verdad. Expresó sus primeras opiniones evolucionistas en obras que aparecieron a principios del siglo XIX, tales como. "La historia natural de los vegetales" (1803) y su famosa " Filosofía de la Zoología" (1809).

El mecanismo evolutivo que postulaba Lamarck es el de la necesidad o deseo interno de adaptación. El medio impone cambios en el comportamiento bajo la forma de nuevos hábitos y estos son el origen de todas las variaciones evolutivas. Estas variaciones se fijaban por herencia de esos caracteres adquiridos. Podemos sintetizar las opiniones de Lamarck en tres puntos:

1. El origen de un nuevo órgano o transformación está motivado por una nueva necesidad, la cual provoca un " sentimiento o impulso interno" que induce a la formación del órgano por la acumulación de "flujo nervioso" que es el mismo que conduce los impulsos en los nervios y permiten los movimientos y las acciones
2. El uso y desuso de las partes del organismo conducen a su mayor o menor desarrollo e incluso a su atrofia (desaparición).
3. Las modificaciones que se acumulan en un individuo a lo largo de su vida, se transmiten a su descendencia (herencia de los caracteres adquiridos)

Además de la refutación de la inmutabilidad de las especies, Lamarck señaló otra importante condición: que los cambios se producían a un ritmo lentísimo, ya que la naturaleza dispone de un "tiempo infinito" y que debido a ello son imperceptibles. Propuso una explicación a las especies fósiles extintas distinta al diluvio u otras catástrofes, que podían sobrevivir en otros lugares de la Tierra. Hay otros aspectos de sus teorías que fueron superados más adelante, como la perspectiva que considera los seres vivos ordenados en una escala de menor a mayor complejidad o "perfección", la idea de que los órganos cambian por uso o desuso y la de que las

características adquiridas se transmiten a la descendencia. Sin embargo estos aspectos, que a veces son los más tratados en la enseñanza, no deben oscurecer su gran contribución al modelo evolucionista⁵³

La teoría evolucionista de Lamarck fue recibida con hostilidad por los círculos dirigentes de Francia y por la mayor parte de los naturalistas de su época. El contexto social aún no estaba preparado y Cuvier ejercía el poder político y se imponía sobre las ideas de los naturalistas.

Para desacreditarla se buscaron sus partes inconscientes como por ejemplo la de que bajo la influencia de ciertas necesidades surgían en el animal nuevos órganos o aumentaban el tamaño. Lamarck creía en la herencia de los caracteres adquiridos pero esto no constituía el centro de su teoría evolutiva. Su argumento principal era que la vida es generada continua

⁵³ M.P. Giménez Aleixandre.

y espontáneamente; que de una forma sencilla se aumenta en complejidad debido a la acción de una fuerza que constantemente complica la organización.

El prestigio de Cuvier era muy fuerte en los círculos científicos y esto freno el progreso de la idea evolucionista en la biología. Lamarck muere en 1829 y hasta esa fecha nadie había dado prueba, datos, experiencias contundentes que pudieran confirmar la teoría de la evolución de las especies y refutar totalmente las posiciones de Cuvier. Era necesario reunir, profundizar, extender y sintetizar más información.

El que va a realizar esa inmensa tarea será Charles Darwin que con su libro el Origen de la especies revolucionara toda la biología. No obstante, Darwin tuvo problemas, muchos de los cuales reconoció y comento en la primera edición del Origen de la especies. Después de 1859, sus críticos plantearon otros, y en las ediciones subsiguientes Darwin los fue considerando metódicamente.

¿Y después de Darwin qué?

En la época de Darwin había muchos obstáculos para que los hombres de ciencia renunciasen al dogma de la creación. No podían incorporar la idea de transformación. La teoría de la selección natural dio empuje a la búsqueda de pruebas nuevas como la edad de la Tierra y de los fósiles. Darwin recibió finalmente reconocimiento y honores por parte de los científicos de su época, como por ejemplo: -1864. Medalla Copley de la Royal Society -1860. Fue nombrado miembro de la Academia de Ciencias de Filadelfia. El 16 de abril de 1882 muere Darwin, lo entierran junto a la tumba de Isaac Newton, en la Abadía de Westminster, en presencia de los representantes de las Sociedades Científicas. Solo en el siglo XX hemos podido apreciar todo lo que valía el genio de la tenacidad de Darwin, pues la genética moderna y muchas observaciones de campo e investigaciones de laboratorio nos han demostrado en verdadero potencial explicativo de las teorías de Darwin. Especialmente desde la década de 1920, con los escritos de genéticos de poblaciones tales como sir Ronald Fisher, J. B. S. Haldane y Sewall Wright, se ha hecho evidente que una síntesis de la labor de Darwin sobre la selección natural con la de G. Mendel sobre la genética producen un cuadro coherente e inteligible del camino evolutivo. A esto se le ha denominado la síntesis neodarwinista: darwinista porque acepta la selección natural, y neoporque utiliza las teorías de la herencia.

DARWIN Y WALLACE

Wallace nació catorce años después que Darwin. Gran observador y muy inteligente, se hizo topógrafo profesional, encontró sus primeros fósiles y advirtió la importancia científica de la geología. Se entregó al coleccionismo, rasgo que compartiría con Darwin. Leyó a Lyell y el diario del Beagle. En 1849 zarpó para el Amazonas, y llegó a gozar de gran fama de coleccionista meticoloso y digno de confianza. Coleccionó hasta 125.000 especímenes

En estas condiciones, se preguntó las mismas cosas que Darwin, aunque parezca inverosímil: cómo y porqué cambian las especies y cómo se adaptan estas a sus medios. Fue una de las coincidencias más portentosas de la historia de la ciencia. Refiriéndose a Darwin, escribió una vez:

"Ni en sueños me hubiera acercado yo a la perfección de su libro. Confieso mi agradecimiento de que no me incumbiera presentar la teoría al mundo".

¿Cuáles eran las problemáticas que existían en la época de Darwin que lo llevaron a realizar su teoría?

¿Se pueden comparar esas problemáticas con las problemáticas de la biología actual?

LA BIOLOGÍA HOY

Hay puntos que parecen estar establecidos más allá de toda duda: el hecho de la evolución; el ADN como sustancia genética; el dogma central de la genética molecular. Naturalmente dentro de cada una de estas áreas del conocimiento todavía quedan preguntas por contestar, pero cada campo contiene un núcleo consolidado de hechos en los que podemos depositar nuestra confianza. Hoy en día se está realizando investigación de importancia desde el punto de vista evolutivo en cada una de las distintas disciplinas que Darwin escudriñó en busca de pruebas para su teoría. La anatomía, la embriología, la fisiología, la geología, la paleontología, la genética, la taxonomía y la ecología, todas tienen su contribución que hacer a la teoría evolutiva. Mientras tanto, una cosa es cierta: todos los aspectos de la moderna biología evolutiva pueden verse como parte de un programa de investigación inaugurado por EL ORIGEN DE LAS ESPECIES.

LOS AVATARES DE LA EVOLUCIÓN

Hasta llegar a una teoría de la evolución de las especies perfectamente sistematizada, como lo haría Charles Darwin, hubieron de superar ciertos problemas. A saber:

1. El primer problema consistió en la edad de la Tierra, La evolución necesita tiempo, y este era más bien escaso: menos de 6.000 años.
2. El segundo problema era la imposibilidad de cambio de las formas vivas debido a que Dios las había creado tal y como eran.
3. El tercer problema eran las discrepancias surgidas entre lo que la Biblia decía y las observaciones científicas. Quién discutiera la Biblia se hallaba expuesto a un grave riesgo social.
4. El cuarto problema se solventó fácilmente, ya que consistía en catalogar y clasificar las diferentes especies existentes.

Para ampliar:

Buscá en Wikipedia:

Buffon, Linneo, Lamarck, Cuvier, Geoffroy de Saint Hilaire, Owen, Lyell

Realiza una línea de tiempo colocando fecha nacimiento y muerte, principales obras y con otro color hitos históricos socioeconómicos, por ejemplo revolución francesa, imperio de Napoleón.

Reflexioná con tu grupo:

¿Creés que las ideas políticas y religiosas influyeron en estas personas a la hora de tomar partido por el fijismo o transformismo?

Realiza un cuadro comparativo entre las ideas de Buffon, Lamarck y Geoffroy de Saint Hilaire

APUNTES:

DARWIN Y LAS CINCO TEORÍAS DEL ORIGEN DE LAS ESPECIES

1°, La evolución propiamente dicha. 2°, La ascendencia común. 3°, El gradualismo. 4°, La multiplicación de las especies (origen de la biodiversidad). **5°, última teoría en ser formulada, la más elaborada e innovadora, la Selección Natural.**

"El concepto más novedoso e importante introducido por Darwin fue quizá el de la selección natural. La selección natural es un proceso a la vez tan simple y tan convincente que resulta casi enigmática la razón de que después de 1858 haya tardado casi ochenta años en ser universalmente adoptado por los evolucionistas. El proceso, por cierto, se ha modificado por el transcurso del tiempo...la selección natural, tomada en sentido estricto, no es en absoluto un proceso de selección, sino más bien de eliminación y de reproducción diferencial"

SELECCIÓN NATURAL

Darwin resume el argumento central de la teoría de la evolución por medio de la selección natural de la manera siguiente:

"Dado que se producen más individuos de los que pueden sobrevivir, tiene que haber en cada caso una lucha por la existencia, ya sea de un individuo con otro de su misma especie o con individuos de diferentes especies, ya sea con las condiciones físicas de la vida (...). Viendo que indudablemente se ha presentado variaciones útiles al hombre, ¿puede acaso dudarse de que de la misma manera aparezcan otras que sean útiles a los organismos vivos, en su grande y compleja batalla por la vida, en el transcurso de las generaciones? Si esto ocurre, ¿podemos dudar, recordando que nacen muchos más individuos de los que acaso pueden sobrevivir, que los individuos que tienen más ventaja, por ligera que sea, sobre otros tendrán más probabilidades de

sobrevivir y reproducir su especie? Y al contrario, podemos estar seguros de que toda la variación perjudicial, por poco que lo sea, será rigurosamente eliminada. Esta conservación de las diferencias y variaciones favorables de los individuos y la destrucción de las que son perjudiciales es lo que yo he llamado selección natural."

Darwin tomó prestado el término selección de los criadores de animales y de los cultivadores de plantas, pero pasó por alto que los criadores al igual que la naturaleza, utilizaban dos métodos muy diferentes para mejorar su ganado. De acuerdo con uno de estos métodos se seleccionaba como reproductores de la próxima generación, los individuos con aquellas características que presentaban el ideal al que los criadores apuntaban. Ellos dirían simplemente que escogían como reproductores "los mejores ejemplares" de su ganado. Fue éste el método que Darwin pensaba cuando empleaba la palabra seleccionar.

LA LUCHA POR LA EXISTENCIA

"De dos animales carnívoros, en tiempo de escasez y de hambre, puede decirse verdaderamente que luchan entre sí por conseguir alimento y vivir. Pero de una planta en el límite de un desierto se dice que lucha por la vida contra la sequedad, aunque fuera más propio decir que depende de la humedad. De una planta que produce anualmente un millar de semillas, de las que, por término medio, sólo una llega a la madurez, puede decirse con más exactitud que lucha con las plantas de la misma clase y de otras que ya cubren el suelo. El muérdago depende del manzano y de algunos otros árboles; mas, sólo en un sentido muy amplio puede decirse que lucha con estos árboles, pues si creciesen demasiados parásitos en el mismo árbol, éste se extenuaría y moriría; pero de varias plantitas de muérdago que crecen muy juntas en la misma rama, puede decirse con más exactitud que luchan entre sí. Como el muérdago se disemina por los pájaros, su existencia depende de éstos, y puede decirse metafóricamente que lucha con otras plantas frutales, tentando a los pájaros a devorar y así diseminar sus semillas. En estos diversos sentidos, que se relacionan entre sí, empleo por razón de conveniencia la expresión general de "lucha por la existencia."

DIFICULTADES EN LA COMPRENSIÓN DE LA SELECCIÓN NATURAL

"Diversos autores han interpretado erróneamente o puesto dificultades al término selección natural. Algunos hasta han imaginado que la selección natural produce la variabilidad, aunque implica únicamente la conservación de las variaciones que surgen y son beneficiosas al ser en sus condiciones de vida. (...) Otros han puesto que el término selección implica selección consciente en los animales que se modifican y hasta se ha argüido que, como las plantas no tienen volición, la selección natural no es aplicable a ellas. En el sentido literal de la palabra, indudablemente, selección natural es una expresión falsa; pero ¿quién no pondrá nunca reparos a los químicos que hablan de las afinidades electivas de los diferentes elementos? Y, sin embargo de un ácido no puede decirse estrictamente que elige una base con la cual se combina preferentemente. Se ha dicho que yo hablo de la selección natural como de una potencia activa o divinidad; pero cómo, ¿quién hace caso a un autor que habla de la atracción de la gravedad como si regulase los movimientos de los planetas? Todos sabemos lo que significan e implican estas expresiones metafóricas,(...). De la misma manera, también es difícil personificar la palabra naturaleza;" 4.

EL BULLDOG DE DARWIN

De entre quienes le defendieron destaca Thomas H. Huxley . Se dice que cuando leyó el Origen se reprochaba a sí mismo su estupidez por no haber pensado él mismo en ello. Decidió que Darwin, jamás dispuesto a defenderse, necesitaba que le protegieran, sobre todo de Richard Owen, anatomista experto, el cual publicó ensayos largos críticos con el Origen.

Owen impartió un "cursillo" acelerado sobre el libro a un clérigo, el obispo de Oxford Samuel Wilbeforce. El lugar donde se celebraría el primer gran debate sobre el tema era la reunión anual de la Asociación Británica para el Avance de la Ciencia, un sábado del mes de junio de 1860. Huxley, por su parte, no tenía intención de ir, ya que pensaba que un debate entre científico y público no aclararía nada. Pero cambió de opinión cuando le convenció John Henslow al decirle que Robert Chambers, autor de una obra creacionista, que Huxley conocía bien, iba a estar presente. Henslow, que no compartía las ideas de Darwin, pero gran amigo suyo, también reclutó a un yerno suyo y amigo de aquel, Joseph Hooker, para que defendiera la causa darwinista.⁵⁴

El debate se decantó a favor del darwinismo, cuando Huxley se percató de que Wilbeforce no tenía ni idea de ciencia. Se cuenta el siguiente diálogo:

- *Por favor, profesor Huxley, contésteme: ¿desciende usted de mono por parte de abuela o de abuelo?*

El auditorio prorrumpió en aplausos, y se dice que Huxley murmuró: "El Señor lo ha puesto en mis manos". Luego contestó al obispo:

- *Aseguro que el hombre carece de motivos para avergonzarse de tener un simio entre sus antepasados. El único antepasado que me avergonzaría recordar sería más bien el hombre que, dotado de mucha habilidad y con una espléndida posición social, usase esos atributos para oscurecer la verdad.*

En opinión de Huxley la evolución bien podría proceder a saltos que ocurran de vez en cuando. Darwin sospechaba que Huxley malinterpretaba la teoría de la selección natural, creía que no tenía una *idea exacta de la selección natural*. Parte de la dificultad de los naturalistas en comprender y aceptar la selección natural, estaba dada en que no había pruebas directas, no existían experiencias para comprobarla. Las evidencias eran indirectas, se basaban en la clara eficiencia de la selección artificial en los animales domésticos y los cultivos y en los argumentos de la lucha por la existencia apoyados en los datos históricos.

SELECCIÓN ARTIFICIAL

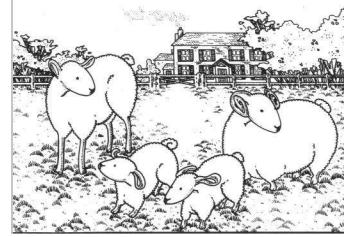
Seth, el ovejero, un caso de selección artificial.

Para explicar cómo una variación que aparece al azar en un solo individuo de una población, vamos a ver el caso concreto de lo ocurrido con un pastor de ovejas, llamado Seth Wright.

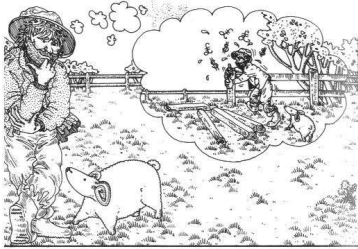


⁵⁴ Estos textos han sido extraídos de las páginas sobre evolución del sitio: <http://www.fosil.org>

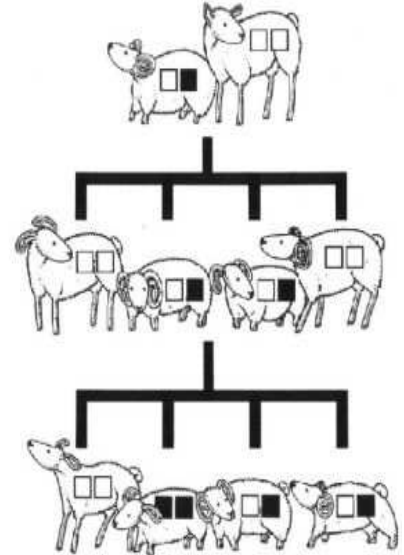
En 1791, en la granja de este pastor, en Nueva Inglaterra, nació un carnero atípico: tenía las patas cortas y torcidas.



Esto hizo pensar a Seth. Lejos de parecer inútiles, si estas patas e podían heredar, él sería capaz de heredar un rebaño completo de ovejas con estas patas. De este modo, no sería necesario poner vallas tan altas alrededor de su granja y gastaría menos tiempo en el cuidado de las ovejas y menos dinero en materiales.



Seth utilizó el carnero para criar, y resultó que dos de las crías tenían patas cortas y torcidas.

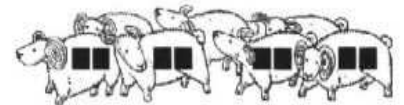


Cruzando a estas dos ovejas, Seth obtuvo un rebaño entero de este tipo. A esta raza se la llama Ancon.



En términos de genética mendeliana, ¿cuál crees que puede ser la explicación de este caso concreto?

Si se piensa un poco, se pueden encontrar muchos casos como este de selección artificial.



¿Como lo hizo Seth?

Seth tuvo suerte. La causa de que el carnero tuviera patas cortas era un gen cambiado: una mutación.

El carnero transmitió la mutación a algunas crías y, por lo tanto, éstas también aparecieron con patas cortas. Al cruzar este tipo de ovejas entre sí, Seth creó finalmente un rebaño completo: la raza Ancon.

Las mutaciones son provocadas por un cambio en la composición química de un gen o en la estructura de un cromosoma y se producen constantemente (de hecho, la mayoría de ellas son silenciosas o neutras y muy pocas resultan perjudiciales o mortales). En este caso, la mutación provocó un cambio evidente.

LA BÚSQUEDA DE EXPLICACIONES ALTERNATIVAS

La explicación de Darwin de las adaptaciones basada en la selección natural, sólo era aceptada por los naturalistas de campo. Los genetistas buscaban nuevas alternativas a nivel de las

variaciones. Surgieron así mutacionistas como De Vries o Bateson, y genetistas como Morgan que comenzó a considerar a la selección natural como una fuerza irrelevante y buscó la causa de evolución en la herencia misma.

LA HERENCIA MARAVILLOSA

El redescubrimiento en 1900 de las leyes de Mendel de la herencia, de las mutaciones y el descarte de la herencia de los caracteres adquiridos gracias a los experimentos de Weismann, son básicos para entender el desarrollo posterior de la teoría de la evolución.

El biólogo alemán Auguste Weismann (1834-1914) era un buen microscopista, pero hacia 1885 comenzó a perder la vista y se concentró en aspectos teóricos de la herencia. Era de los que ya se centraban por aquella época en la estructura interna y funcionamiento de las células.

Así, se convenció de que la base material de la herencia se hallaba en los cromosomas. Durante la fecundación, las instrucciones hereditarias de los progenitores se mezclan entre sí al unirse óvulo y espermatozoide. Weismann creía que esta combinación de instrucciones hereditarias determinaba la estructura del cuerpo.

También propuso una teoría nueva que postulaba la continuidad del "plasma germinal" (los gametos), que se desarrollaban y transmitían el código genético de una generación a otra con independencia de los cambios en el resto del cuerpo. Es decir, que los gametos son sólo un vehículo para la transmisión de la línea germinal.

Esta teoría fue, obviamente, un duro golpe para los seguidores de Lamarck y de Geoffroy de Saint Hilaire. Si había una barrera entre las células sexuales y el resto del cuerpo, era imposible que las características adquiridas durante la vida de incorporaran al código de la línea germinal.

Para demostrarlo, realizó un famoso experimento en el que cortó la cola a un grupo de ratones, y siguió su descendencia durante 22 generaciones sin encontrar ninguno que naciera sin ella. Ejemplos como estos sobran en la vida diaria, por ejemplo, la circuncisión o la descendencia de los mutilados.

De Vries propone una nueva teoría, conocida como mutacionismo o mendelismo, que elimina la selección natural como fuente de evolución. De acuerdo con él y con otros genéticos, como William Bateson, hay dos tipos de variaciones en los organismos: un tipo consiste en la variación ordinaria observada entre los individuos de una especie, que no tiene consecuencias en la evolución porque no puede llegar a traspasar los límites de la especie, incluso bajo condiciones de la más fuerte y continua selección; otro, tipo que consiste en las variaciones que surgen por mutación genética y que ocasionan grandes modificaciones de los organismos y que pueden dar lugar a diferentes especies: "Una nueva especie se origina de repente, es producida a partir de una especie preexistente sin ninguna preparación visible y sin transición".

El mutacionismo fue rebatido por muchos naturalistas de la época y por los llamados biómetras encabezados por el matemático Karl Pearson. Según ellos, la selección natural es la principal causa de la evolución, a través de los efectos acumulativos de variaciones pequeñas y continuas, tales como las que se observan entre individuos normales. Estas variaciones se denominan métricas o cuantitativas, para distinguirlas de las cualitativas, que son las que diferencian, por ejemplo, las diferentes razas de perros.

Thomas Hunt Morgan, a partir de 1910, que se había propuesto demostrar la "presunta falsedad" de las leyes de la herencia de Mendel, demostraron que existían mutaciones de todos los tamaños con *Drosophila melanogaster*, y que, efectivamente, son muy raras y generalmente letales. Además, casi todas son indetectables a simple vista y hay que recurrir a métodos más o menos sutiles, como el hecho de que algunas sean capaces de vivir en medio muy salinos. Por supuesto, que Morgan no demostró la falsedad de las leyes de Mendel, pero sí que descubrió el entrecruzamiento cromosómico, fenómenos que es otra fuente de variabilidad, abriendo el camino para que él mismo demostrase que los genes se sitúan en los cromosomas.

AL FINAL SE LLEGÓ A UNA SÍNTESIS

El término síntesis evolutiva designa un consenso erigido sobre dos conclusiones: *la evolución gradual de las especies se puede explicar mediante la aparición de pequeños cambios aleatorios (mutaciones) y su ulterior criba por la selección natural; además, todos los fenómenos evolutivos, incluidos la macroevolución y la especiación (proceso de aparición de nuevas especies) admiten una explicación a partir de estos mismos mecanismos genéticos.*

Hoy día no se habla de supervivencia de los individuos, sino de cambios en la frecuencia de los diversos genes de una población.

Y LAS PRUEBAS SOBRE SELECCIÓN NATURAL SE FUERON ACUMULANDO

La evolución en acción: la carbonaria.

La *Biston betularia*, o mariposa del abedul es un lepidóptero nocturno que durante el día descansa en las ramas o troncos de los árboles cubiertos de líquenes de color grisáceo. El color blanco sucio de las alas contribuye a que sean confundidas con la base sobre la que se posan.

A mediados del siglo XIX comenzaron a observarse cada vez más ejemplares de color oscuro (melánicas), que fueron denominados por los coleccionistas como "carbonarias". En 1848 se descubrió el primer ejemplar cerca de Manchester y en 1895 el 95% de todas las mariposas de abedul eran de la variedad carbonaria. Tres años más tarde, la proporción ya llegaba al 99%. A este proceso, no exclusivo de esta especie (afecta a unas 200), sino que aparece en muchas especies de lepidópteros de zonas urbanas (el fenómeno de la carbonaria también se ha

observado en Westfalia y en las inmediaciones de Hamburgo), incluso antes de la revolución industrial, se la ha llamado melanismo industrial. (Información mucho más detallada e, increíblemente, en español, la tienes en la Sociedad Entomológica de Aragón).

Por aquella época se dio un curioso paralelismo: las mariposas melánicas aparecían sólo en las zonas donde se había asentado industria pesada. Actualmente, en el norte y suroeste de Inglaterra sigue dándose un 100% de variedades de color claro. ¿Cuál es la relación entre un suceso y otro?

El investigador inglés H. B. D. Kettlewell, que estudió el fenómeno (1955 y 1956), partió de la hipótesis de que ya antes del proceso de industrialización existían formas melánicas, como atestiguan antiguas colecciones de mariposas. ¿Por qué era precisamente en ese momento cuando comenzaban a predominar?



Los ejemplares de color negro que existían antes de la revolución industrial destacaban tanto sobre el fondo claro de los abedules, que rápidamente eran devorados por los pájaros. El gen mutado no podía imponerse.

El aumento de la contaminación en los centros industriales ingleses (estudios constatan que se depositaban ¡20 toneladas de hollín por kilómetro cuadrado!) provocó un cambio: el oscurecimiento de la corteza de los abedules: ahora eran las mariposas normales, las claras, las que destacaban sobre el fondo y eran devoradas.

Si prescindimos del concepto de mutación, la interpretación de Darwin sería bastante parecida. Pero la cuestión es si esta interpretación es correcta, si hay alguna otra observación que permita corroborarla. Así, se recurrió a una serie de estudios sobre el tema.

- Se alimentó a orugas de mariposas claras con hojas contaminadas de hollín y otros residuos industriales. Las mariposas seguían siendo claras, de modo que no era la contaminación la que provocaba el cambio.
- En los experimentos realizados mediante cruzamientos, la herencia resultó seguir una lógica mendeliana (hoy sabemos que las formas típica y carbonaria son dos extremos con varias formas intermedias que reciben el nombre de "insularia", con una herencia que implica cinco alelos en un solo gen).

Se marcaron con pintura mariposas típicas y carbonarias en proporción 3:1, y se soltaron en un bosque contaminado de hollín. Al cabo de unos días, se obtuvo una mariposa clara y seis oscuras. Como experimento de

Fenotipos en orden decreciente de oscuridad



control, en un bosque no contaminado, se soltaron ambos tipos de variedades marcadas en proporción 1:1; al recuperarlas, el resultado fue de una mariposa oscura por cada dos claras.

- Observando la vida de ambos tipos de mariposas, se vio que los pájaros capturaban aquellas que más destacaban. La carbonaria sobrevivía un 17% menos cuando el entorno no estaba contaminada, mientras que tenía un 10% más de posibilidades en las zonas industriales (hoy se asigna a la forma carbonaria una eficacia biológica 1'5 veces mayor, lo que explica su rápido auge inicial).
- Los experimentos realizados en toda Gran Bretaña demostraron que cuanto más extensa era el área industrial, mayor era la proporción de las formas melánicas.

A principios del siglo XX estos resultados se podrían haber explicado como ciertas mutaciones que surgen como respuesta de las mariposas, dando lugar a las formas carbonarias. Hoy sabemos que esta interpretación lamarckiana no es correcta. Las formas melánicas también existen en zonas sin contaminación, de modo que el carácter aparece independientemente del medio. Es lo que se conoce con el nombre de mutación preadaptativa.

Biston betularia ha sido tremendamente importante en el desarrollo de la genética de poblaciones y de la evolución en general. Es uno de los mejores ejemplos de cambio por selección natural y, además, demuestra que esta puede llegar a ser muy poderosa y rápida.

PARA LA TEORÍA SINTÉTICA LA SELECCIÓN NATURAL ES EL MECANISMO EVOLUTIVO

A PARTIR DE ELLA SE EXPLICAN LAS ADAPTACIONES Y EL CAMBIO DE LAS ESPECIES A TRAVÉS DEL TIEMPO

Es posible que no haya otra teoría o concepto científico que esté tan sólidamente argumentado como lo está la evolución.

El Registro Molecular de la Evolución.

Con las modernas técnicas en biología molecular es posible estudiar la evolución en el nivel más íntimo en que se produce: el ADN.

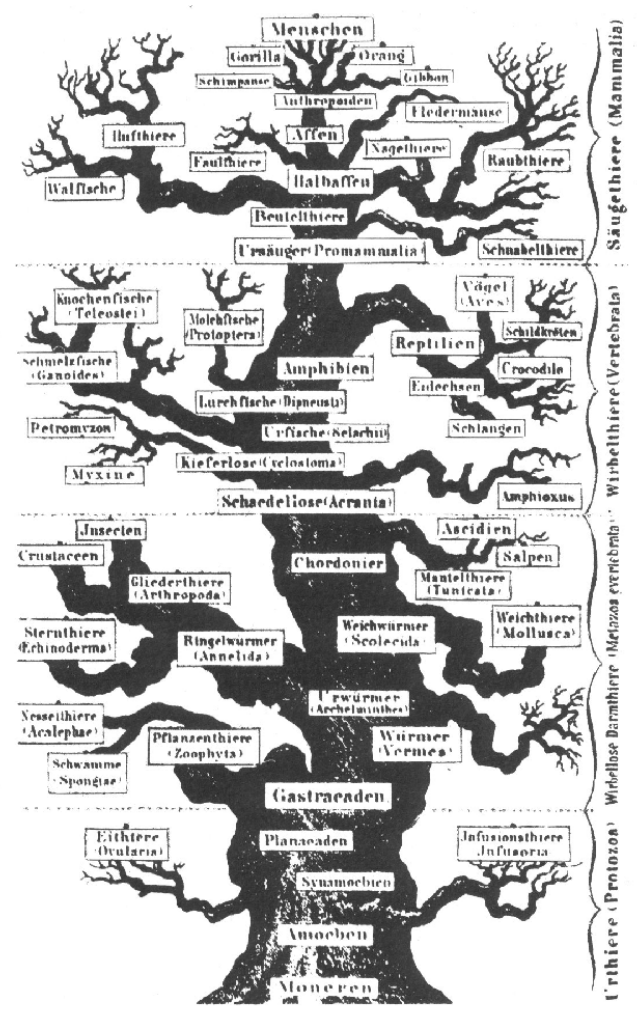
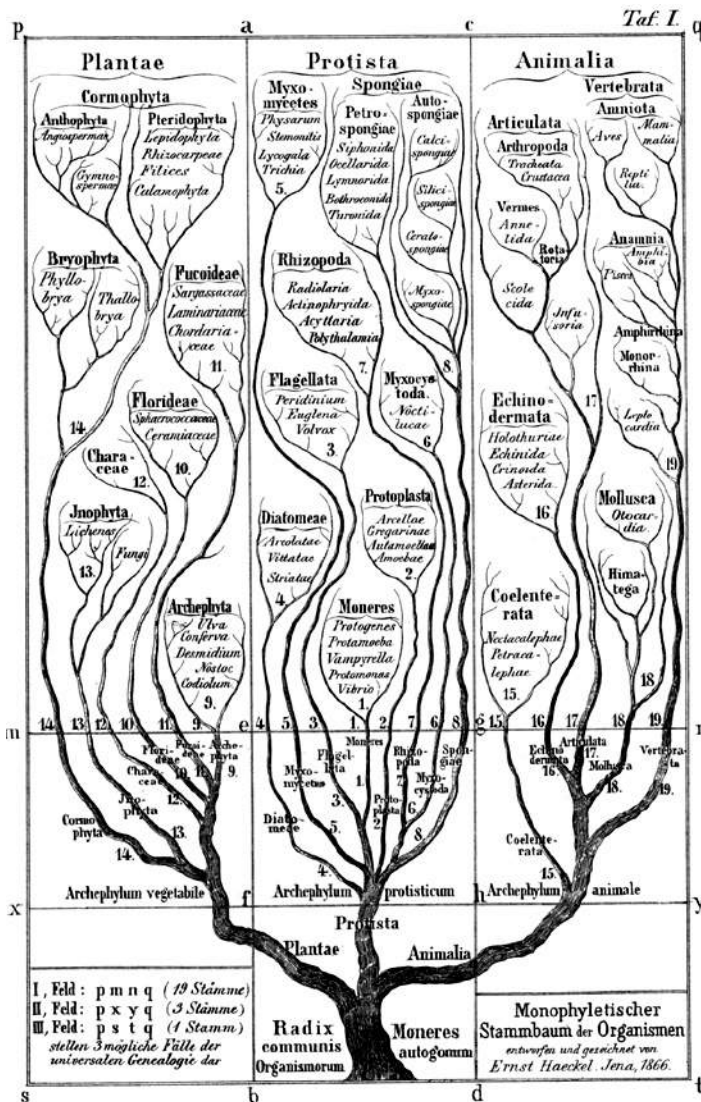
El ADN contiene información sobre la historia evolutiva del organismo, debido a que los genes cambian por mutaciones. Dado que la evolución tiene lugar paso a paso, el número de sustituciones en el ADN refleja la duración del período evolutivo correspondiente.

Si comparamos dos organismos, como el hombre y el chimpancé, y observamos que el número de diferencias de su ADN es menor que el que hay entre cualquiera de ellos y el orangután, podemos

concluir que la divergencia entre estas dos especies es más reciente que entre ellas y el orangután. Es decir, el número de diferencias en las cadenas de ADN o de proteínas es proporcional a la distancia evolutiva existente entre las especies correspondientes. Los estudios moleculares tienen ventajas notables sobre la anatomía comparada y otras disciplinas clásicas:

1. La información es más fácil de cuantificar: el número de elementos diferentes puede ser exactamente determinado comparando las cadenas de ADN o de proteína entre dos especies.
2. Es posible hacer comparaciones entre individuos muy diversos. La anatomía comparada es totalmente inadecuada para determinar el grado de diferenciación entre especies tan diferentes como una levadura, un madroño y una liebre, pero es perfectamente posible medir sus diferencias en una molécula determinada, como el citocromo c.
3. El número de características que se puede comparar es casi ilimitado. Una persona tiene 3.000 millones de nucleótidos en el genoma, que pueden constituir entre 30.000 y 100.000 genes diferentes. Basta estudiar un número grande de genes para llegar a conclusiones más precisas.

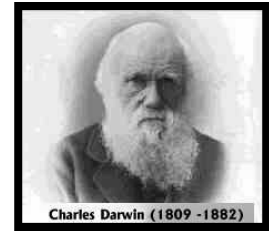
REPRESENTACIÓN DE LA EVOLUCIÓN: ARBOLITOS DE TODAS CLASES



Clase de revisión:

A esta conservación de las variaciones y diferencias individualmente favorables y a la destrucción de las que son perjudiciales, la he llamado selección natural o supervivencia de los más aptos.

Charles Darwin



Distintas respuestas a un mismo problema

Ejemplo de mosquitos

Comparar con el caso de resistencia a los piojicidas presentado al principio

Cómo lo representarían gráficamente

¿Linneo tendría una explicación para esos casos?

¿Cómo lo explicaría Lamarck?

Cómo lo representarías gráficamente

¿Cómo lo hubiese explicado un mutacionista?

¿Cómo lo representarías gráficamente?

¿Qué explicación es aceptada en la actualidad? por qué?

- Selección Artificial
El caso de Seth el ovejero

Por qué es un caso de selección artificial

¿Cómo procedió Seth? ¿Qué hipótesis crees que manejó?

¿Qué comprobó?

¿Podría explicarlo Linneo

¿Desde un punto de vista lamarckiano como podrían haber sido las cosas?

¿Se hubiese comprobado una hipótesis lamarckiana?

¿En el marco de la ciencia y la tecnología actual cómo se resolvería los casos de selección natural para obtener mejoras en ganado o cultivos?

Realiza un informe grupal que justifique la teoría de la selección natural y artificial a la luz de los avances de la genética y la biotecnología de la actualidad

- Selección Natural

Análisis oral del caso mariposas *Biston betularia*

¿Qué hipótesis se formularon?

¿Qué variables sometieron a prueba?

¿A qué conclusiones llegaron?

Por qué crees que este caso sirvió para esclarecer las confusiones que existían con respecto a la selección natural

Recordemos que después que la postuló Darwin, los científicos no la aceptaron completamente y comenzaron a buscar alternativas en los laboratorios, buscando las respuestas en los genes, las mutaciones, la herencia, y los naturalistas de campo, los ecólogos buscaron los mecanismos de adaptación, el mimetismo, el ajuste al ambiente, recién cuando se unen ambas concepciones se comprende y es aceptada la selección natural como mecanismo indiscutido productor no solo de adaptaciones sino del cambio de los seres vivos a través del tiempo.

Las personas comunes en sus actividades cotidianas como creen que piensan, más parecido a Lamarck o Darwin

¿Para qué les sirve conocer cómo opera la selección natural en la vida cotidiana?

Imagínense los siguientes casos:

Caso A

Mi vecino tiene una infección y un médico les receta un antibiótico, a las 72 horas se agudiza la infección, entonces deciden incrementar la dosis del mismo antibiótico.

Caso B

Un productor agropecuario consulta a un ingeniero agrónomo sobre el problema de un tipo de maleza que ha invadido su cultivo. El ingeniero le recomienda un herbicida, lo pasa a la dosis recomendada y observa al día siguiente que la mayoría de las plantas de la maleza están secas, pero algunas no, están vivas y con buen aspecto a pesar de que se encuentran muy cercanas a las

afectadas. Él cree que el ingeniero se equivocó con la dosis y decide volver a pasar el herbicida, esta vez duplicando la concentración.

¿Qué tipo de pensamiento están manejando en el caso A

¿Y en el caso B?

¿Les parece que les va a dar buen resultado la decisión tomada en cada caso? ¿Por qué?

¿Qué sugerencia le darías en cada caso?

- Especies
- Esencialismo- Aristóteles

Concepto biológico → a partir de la teoría de la evolución

Dificultades para definir especies: híbridos infértiles. (Observación de casos de cruza: caballo y burro, cebra y burro, cebra y caballo, león y tigre, etc.) Híbridos fértiles: perro y lobo, gato doméstico y gato montés,..)

- Cambio a través del tiempo
- ¿Cómo consideraba Cuvier que las especies se reemplazaban a lo largo del tiempo geológico?
 ¿Qué evidencias tenía?

¿Cómo interpretó Darwin esas evidencias?

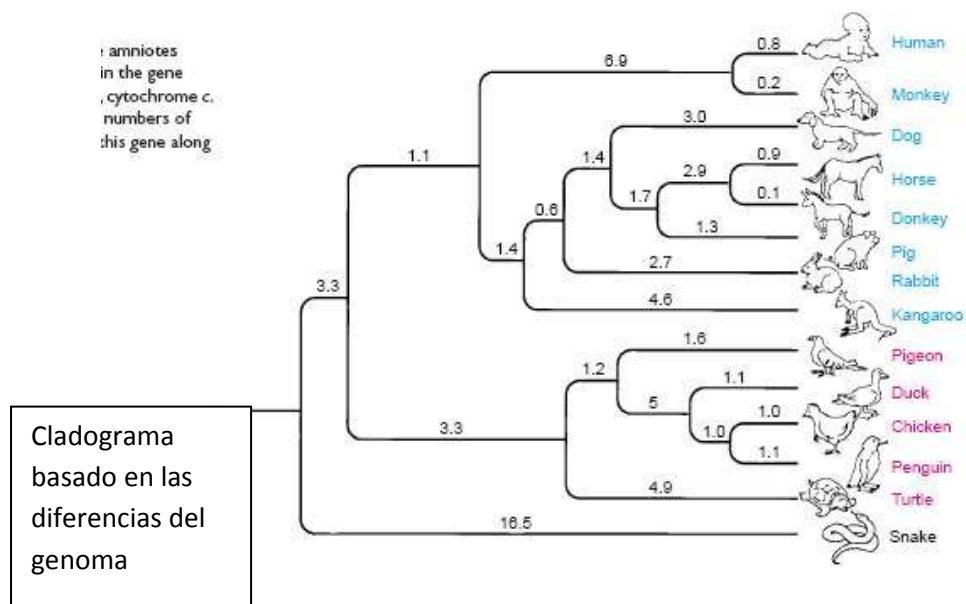
- Antecesor común
- Análisis de los casos estudiados por Darwin: tortugas y pinzones de galápagos, palomas de los criadores

Comparación con casos actuales donde interviene los cruzamientos y la ingeniería genética: el caso de la *Brassica oleracea* que dio origen a las variedades de repollos, las coles, el brócoli, etc.

Representación por medio de Árboles

Analizar árboles históricos

Comparar árboles históricos con árboles actuales



La idea de un “eslabón perdido” es un resabio del pensamiento lamarckiano que tenía en cuenta que la evolución era lineal del organismo más simple al más complejo siguiendo una escalera.

Gaturro lamarckiano



55

Cómo lo representarías en forma de árbol, teniendo en cuenta el antecesor común en lugar del “eslabón perdido”

Planificación de las clases utilizando la argumentación y el debate

Selección natural y competencia:

Analicen la siguiente información:

Los factores en el ambiente de un organismo determinan si el organismo sobrevivirá o no. Si un organismo presenta características genéticas adaptativas a su ambiente, tiene una buena probabilidad de crecer, de reproducirse, y de dejar progenie. Los organismos que dejan progenie transmiten sus genes, o sea sus características, a la próxima generación, de esta forma son seleccionados sus genes y continúan en la siguiente generación.

¿Por qué se da la selección natural?

Información:

Los aspectos que explican la selección natural, como han podido comprobar al realizar las actividades de este programa son:

- Las diferencias entre los miembros de una población.
- La sobrepoblación de progenie.
- Las limitaciones del alimento y el espacio para los organismos vivos.

⁵⁵ Gaturro Nº 9. Ediciones De la Flor. Junio 2007. Bs. As. Argentina

- Los cambios en el ambiente, por ejemplo en el clima.

Carlos Darwin y Alfredo Wallace, presentaron su teoría de la evolución por selección natural en 1858, desarrollaron sus teorías independientemente, basándose en observaciones de especies de plantas y animales, incluyendo aquellas preservadas como fósiles.

Darwin y Wallace llegaron a convencerse de que las especies están relacionadas unas con otras. Además, creían que las nuevas especies se originan a partir de los cambios (en la información hereditaria) sufridos por las especies antecesoras. Las especies antecesoras son las antepasadas de las nuevas especies, y los que sobreviven son los que ganan en la lucha por la existencia, a esto se le denomina Teoría de la Evolución.

Es necesario citar un párrafo escrito por Darwin en su obra El origen de las especies por selección natural.

"Debo advertir que utilizo el término lucha por la existencia en el sentido general y metafórico, lo cual implica las relaciones mutuas de dependencia de los seres orgánicos y, lo que es todavía más importante, no solo la vida del individuo, sino su aptitud y éxito en dejar descendencia".

Las ideas trabajadas hasta este punto nos permiten incursionar en este tema, la selección natural y la competencia, lo que pretenden es que el muchacho relacione lo estudiado hasta el momento, visualice la selección natural, pueda ir más allá de la simple definición e incremente su conocimiento con la conceptualización de competencia limpia y las posturas más armónicas de la cooperación y la solidaridad.

Es importante que se dé el merecido crédito al trabajo de C. Darwin en este punto.

Observación Video sobre adaptaciones reproductivas de las aves de presa y de los piqueros de las islas Galápagos: En el mismo se muestra que en épocas de escasez de alimento ciertas aves de presa como lechuzas y garzas en sus nidos nacen más pichones de los que pueden mantener, entonces los pichones más grandes, que eclosionaron primero acaparan la comida, llevando al último al nacer a la muerte por inanición y en algunas águilas éste, es aprovechado como alimento y en los piqueros, el pichón más desarrollado arrastran al hermano fuera del área demarcada como nido y ya no es detectado por los padres y muere de hambre o comido por los depredadores.

Diálogo dirigido:

¿Por qué creen que se produce esta acción?

¿Por qué no utiliza la estrategia alternativa, la de producir un solo huevo?

Orientación para guiar el diálogo: Si por algún motivo las crías mayores no sobreviven los primeros días de vida, los padres tienen otros descendientes listos. La más severa competencia de la naturaleza tiene lugar entre miembros de la misma especie, entre los individuos que necesitan precisamente los mismos recursos para sobrevivir. Darwin lo mencionó en un postulado: siempre se deja más descendencia de la que puede sobrevivir, de allí la lucha por la existencia y la supervivencia del más apto. Pero en este caso el más apto no es siempre el más favorecido genéticamente, sino el que tuvo la suerte de nacer primero, o recibió más alimento, interviene en parte el azar

Información:

En todos los ecosistemas de la tierra, la diversidad es la norma. Los miembros de la misma especie cuentan con territorios y diferencias sutiles de conducta para evadir las luchas por la supervivencia, la competencia. Las especies estrechamente relacionadas evolucionan distintas características físicas que les permiten explotar maneras sutilmente diferentes de ganarse la vida (nichos). Aun las llamadas especies generalistas son especialistas hasta cierto punto: su especialización ecológica es la flexibilidad.

Sin embargo, a pesar de los ejemplos observados en el video, tales concursos de asesinar o de dejar morir no son la regla. La competencia se extiende por toda la naturaleza; pero solamente de vez en cuando toma la forma del enfrentamiento directo.

Por ejemplo, los abejorros a pesar de las provisiones limitadas de flores, no se atacan ni se molestan en defender las flores ricas en néctar, sino que brincan frenéticamente de una a la siguiente. Con sus minúsculas reservas de comida ampliamente esparcidas y con muchos competidores zumbando alrededor — una situación común en la naturaleza — no resulta económico desperdiciar la energía o arriesgar herirse en batalla. La mejor estrategia del abejorro es trabajar más que la competencia. La lucha por sobrevivir es intensa, pero no hay batallas sangrientas al respecto.

Entonces:

¿Cómo se entiende la lucha por la existencia?

- ¿De dónde sacó Darwin esa frase?
- ¿Violencia de unos contra otros?
- ¿Qué el grande se come al pequeño?
- ¿Qué solo sobrevive él más fuerte, el más agresivo?

- ¿Solo los más aptos llegan a adultos y a transmitir sus caracteres a los descendientes?

Proponer la actividad de buscar sinónimos:

"Propongan otro nombre para lo descrito por Darwin y Wallace que no sea selección natural, lucha por la existencia u otro por ellos mencionado. "

"Pueden con estos nuevos criterios definir lo que se entiende en la actualidad como "lucha por la existencia".

¿Cuáles sobreviven?

¿Los que la humanidad prefiere? ¿Los resistentes? ¿Los más aptos o eficaces?

Algunas plantas y animales poseen características sin valor ecológico. Tal es el caso de los peces de colores (de acuario), ciertos perros tipo mascota, aves decorativas, plantas ornamentales, animales que engordamos hasta la deformidad (cerdos y pollos) o los disminuimos en estatura (caballos ponis, perros chihuahuas).

¿Qué explicación podemos dar a estas peculiaridades, que a veces constituyen verdaderas extravagancias?

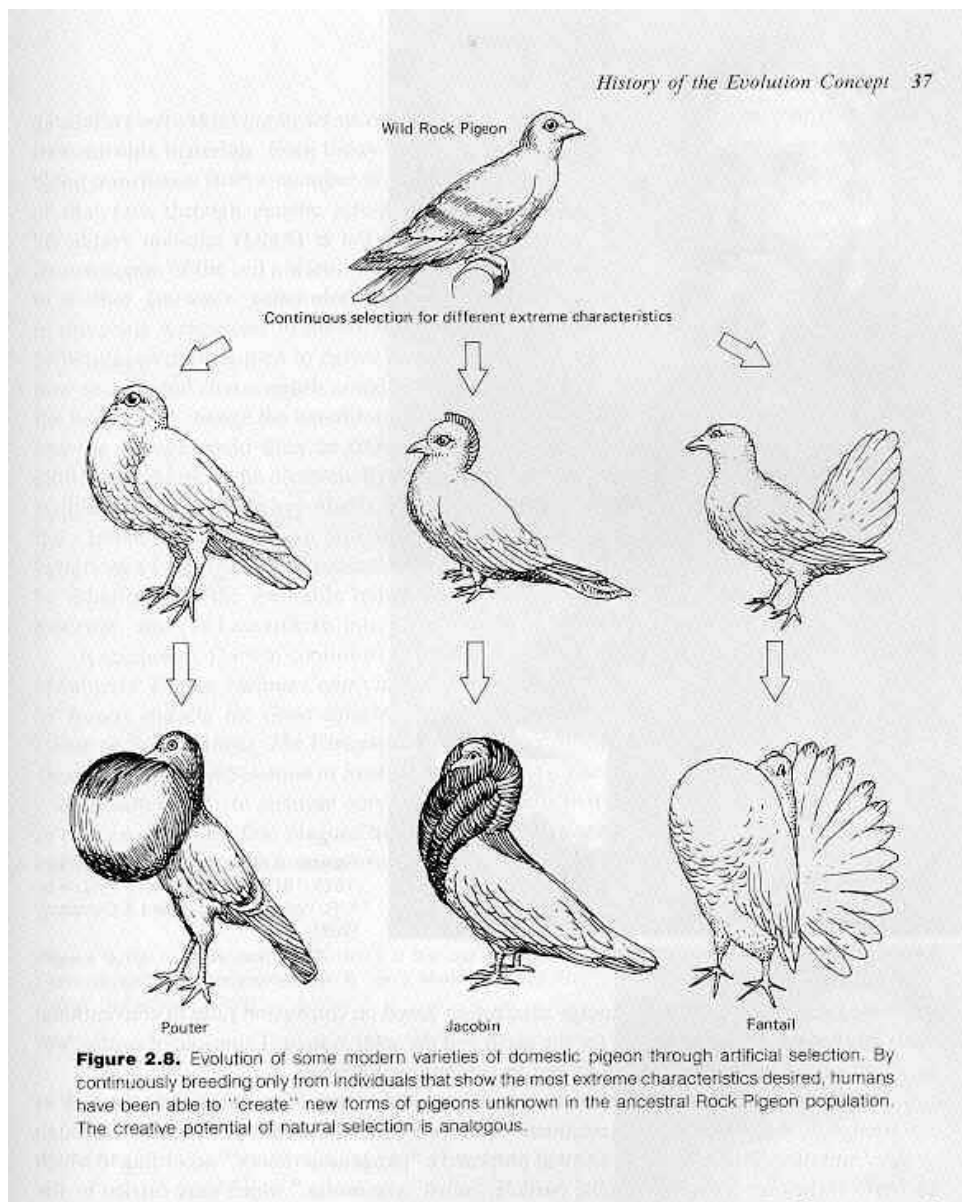
Información:

Las personas han podido desarrollar nuevas variedades de plantas y animales, mediante la domesticación y la hibridación por medio de los cruces selectivos.

Los cruces selectivos son los que se dan al escoger y cruzar, solamente, aquellos individuos que poseen características deseadas.

La domesticación del maíz, las papas, el trigo y el arroz, se obtuvo seleccionando las características que las necesidades humanas requerían. En la actualidad estas variedades difieren mucho de las variedades silvestres, y en muchos de los casos, son incapaces de sobrevivir en la naturaleza sin la intervención humana. Lo mismo sucede con las razas bovinas, ovinas, los conejos y las palomas caseras.

- ¿Qué tipo de consecuencia puede tener el hacer este tipo de cruces?
- Saben qué significa para los criadores de perros, que un perro sea de pura raza. Expliquen cómo los obtienen.
- ¿Qué conclusiones construyó Darwin al observar los criadores de Palomas?
- Observen y analicen el esquema:



- Relacionar estos ejemplos con el caso del ovejero Seth y las ovejas Ancon.
- ¿Cómo se puede obtener una variedad de gallinas buenas ponedoras?
- ¿Qué programa de investigación tendríamos que desarrollar?
- ¿Se puede verificar esa hipótesis?
- ¿Qué habría que hacer en el laboratorio?

A las prácticas estudiadas en los párrafos anteriores se les denominas selección artificial.

¿Por qué artificial? ¿Quién interviene en cada uno de esos ejemplos? ¿Lo realiza en forma consciente o inconsciente?

Relacionen esto con el ejemplo presentado por Carl Sagan en el video "Cosmos" N° 2 sobre los Cangrejos Heike, que la gente no consume porque existe la creencia que poseen el rostro del pequeño emperador Heike que murió en el mar durante una guerra con sus enemigos.

¿La intervención humana en este caso ha influido en la evolución del cangrejo haciendo que sobreviva sin cambios desde la antigüedad?

¿La forma del caparazón del cangrejo fue la causa de dicha selección?

¿Aquí hablamos de selección natural o artificial?

¿Qué factores intervinieron?

El misterio de las Especies

¿Se originan las especies a partir de especies antecesoras?:

¿Cuáles son los mecanismos que originan la especiación o la diversificación?

Reflexión Grupal:

¿Se les ocurren mecanismos por medio de los cuáles la selección natural actúe y dé por resultado nuevas especies? ¿Cuáles son las ideas de su grupo al respecto?

Trabajo En pequeños grupos:

Formulen hipótesis relacionadas con lo que le ocurrirá a las poblaciones en las siguientes situaciones.

Situación #1

Una población de lagartijas es dividida en dos grupos, debido al cambio del cauce de un río caudaloso, uno de los grupos abarca el 90 % de los individuos (población A) y el otro el 10% (población B). Este aislamiento se mantiene por milenios.

Situación #2

La población B del caso anterior se reúne con la población A.

Situación #3

Un grupo de aves terrestres es arrastrado por las corrientes de aire, hasta una isla oceánica despoblada de arbustos y árboles, donde deposita un grupo de semillas de un arbusto (X) que logra germinar y desarrollarse por numerosas generaciones. ¿Cuál será la historia de esta nueva población de arbustos y de la isla en general?

Aislamiento geográfico

Observación del Video de la BBC sobre las Islas Galápagos. Contiene el Viaje del Beagle, las Islas Galápagos, los pinzones, las tortugas, las iguanas, etc., y el video sobre evolución de Educable que da ejemplos de selección Natural, como las mariposas de Mánchester, y otros.

Busquen información relacionada con las 13 especies de pinzones de las islas Galápagos, y las especies de sinsontes, que aspectos más llamó la atención de C. Darwin.

¿Qué encontró C. Darwin en estas aves y cómo lo explicó? ¿Qué diferencias notó? ¿Cómo eran los hábitats en las distintas islas que frecuentaban? Relacionar con el concepto de nicho ecológico.

¿Qué hipótesis manejaba Darwin con respecto al origen de esos sinsontes?

¿Qué pensó Darwin al ver dos especies distintas de ñandú en la Patagonia que aparentemente se habían desplazado unas a otras?

¿Cómo comparó esto con los armadillos actuales y los gliptodontes fósiles?

Describan el proceso por medio del cual una especie da origen a otras, tomando como base el ejemplo de los pinzones y los sinsontes y las explicaciones dadas por C. Darwin y los científicos evolucionistas darwinianos sobre el origen de los mismos.

A manera de hipótesis contesten: ¿cómo se puede producir el aislamiento reproductivo o las barreras que impiden el intercambio de genes entre poblaciones?

Podrían sugerir el significado de barreras precigóticas y cuál puede ser una de ellas.

¿Qué les sugiere el término barreras poscigóticas? ¿cuál puede ser una de ellas?

Hay ejemplos similares a los anteriores en nuestra fauna y flora? ¿Cómo y dónde deberíamos comenzar a buscarlos?

Las biotecnologías contemporáneas permiten la inseminación artificial y la fecundación in vitro ¿cuáles serán las consecuencias de estos procesos en la definición de especie y en los procesos de especiación. Relacionar esto con lectura y análisis de artículos de divulgación científica sobre organismos transgénicos y clonación.

Prueba escrita

-
- 1) ¿Cómo explicarías la adaptación de un organismo a su ambiente, teniendo en cuenta los conceptos estudiados? Como el caso de las mariposas de Manchester o el bicho palo o las chinches verdes
 - 2) Los ñandúes de nuestro país, los avestruces de África y los emús de Australia son aves corredoras, que viven en hábitats muy semejantes y son muy parecidas ¿Cómo se puede explicar la existencia de especies diferentes pero de aspecto semejante en lugares distantes unos de otros? ¿Qué argumento dio Darwin?
 - 3) ¿Cómo representarías la evolución de especies emparentadas como el caballo, el burro y la cebra? ¿Qué pasa si se cruzan entre sí?
 - 4) ¿Qué quiere decir antecesor común?
 - 5) Elegí un caso de selección artificial histórico y compara con los avances científicos actuales. ¿Cómo se resolvería ahora?
 - 6) ¿Por qué decimos que la frase Selección Natural Darwin la usó como analogía con la Selección Artificial?
-

Planificación de la secuencia didáctica

	Primera semana		Segunda semana		Tercera semana	
CONTENIDOS	RESISTENCIA A LOS INSECTICIDAS EVOLUCIÓN	TEORÍAS EVOLUTIVAS	ORIGEN DE LA VARIABILIDAD MUTACIÓN	SELECCIÓN NATURAL	ADAPTACIÓN SUPERVIVEN-CIA EXTINCIÓN	ESPECIACIÓN ÁRBOLES EVOLUTIVOS
EJES / PROBLEMA- TICAS	¿Por qué los organismos adquieren resistencia frente a los insecticidas? ¿Cómo evolucionaron las especies?- ¿Hay una relación entre las dos cuestiones?	¿Cómo se construyeron las teorías sobre el origen de la biodiversidad?	¿De dónde surgen las variaciones entre los individuos de una población? Cómo se resolvió la problemática	¿Cómo se entiende “La supervivencia y el incremento reproductivo de los organismos con variaciones favorables”? Selección artificial. Ingeniería genética	¿Qué es lo que mantiene a una especie en la escena de la vida? Selección natural. Mitos y confusiones a lo largo de la historia	¿Cómo se originan las especies? ¿Cómo se puede representar la evolución de las especies?

ESTRATEGIAS/ ACTIVIDADES	Indagación de ideas previas Interrogación. Argumentación Contextualización de la problemática. Resolución de problemática	Relatos históricos Investigación bibliográfica Contextualización Confección de informes Puesta en común Mapas y Redes Conceptuales	Método de Casos Cuestionario Exposición Diálogo Debate entre posturas históricas distintas. Línea de tiempo. Correlación con hechos históricos socioeconómicos	Lectura y análisis de experiencias históricas Modelización.	Análisis de videos Análisis de casos Simulación Modelización	Exposición. Observación e interpretación de láminas. Análisis de textos y representación en diagramas y esquemas. Confrontación de posturas. Comparación de representaciones
EVALUACIÓN	Diagnóstica	De proceso. Análisis del discurso	De proceso registro de la participación individual y grupal	De proceso. Análisis de producciones escritas	De proceso. Calificación de las construcciones grupales	De proceso y final. Análisis de las transferencias a nuevas situaciones.
HORAS/ MÓDULOS/ CLASES	2 MÓDULOS	2 MÓDULOS	2 MÓDULOS	2 MÓDULOS y 1 semana para tarea	2 MÓDULOS	2 MÓDULOS y 1 MÓDULO EVALUACIÓN

ACTIVIDADES REALIZADAS EN EL CURSO TERCERO II SIN UTILIZAR ENFOQUE HISTÓRICO

A - Actividad individual: Resistencia a plaguicidas.

Lee el siguiente párrafo y amplía la información con los apuntes de tu carpeta:

Durante la segunda guerra mundial (1939 -1945), el DDT se utilizó ampliamente para matar moscas y otros insectos. Al principio, el DDT resultó efectivo controlando a los insectos. Sin embargo, después de varios años, el DDT dejó de ser tan efectivo. La mayoría de las moscas murió, al estar en contacto con el DDT. Sin embargo, algunas moscas que habían nacido con resistencia al agente químico, no se murieron. Estas moscas resistentes al DDT sobrevivieron y al reproducirse, la progenie heredó la característica de los padres. Como resultado, surgió una población numerosa de moscas resistentes al DDT. Aunque duplicaron las dosis esas moscas no se morían

a- ¿Qué es el DDT?

b- Describe como son las poblaciones de las moscas. Qué distribución pueden tener, que tipo de estrategias reproductivas, etc.

c- ¿Por qué la mosca de la fruta es considerada plaga?

d- ¿Qué sucedió con la población de moscas frente al DDT?

e- ¿Qué quiere decir que algunas moscas poseían resistencia al agente químico?

f- ¿De qué manera se transmiten esas diferencias?

g- ¿Conocés casos similares?

h- ¿Qué soluciones se dan en estos casos?

i- El hombre puede manipular y generar organismos resistentes ¿Conocés ejemplos? ¿Cómo lo hacen? ¿Para qué le sirven?

f- ¿Cuáles son los posibles impactos ambientales del uso de plaguicidas?

B- Actividad grupal: Ancestro común

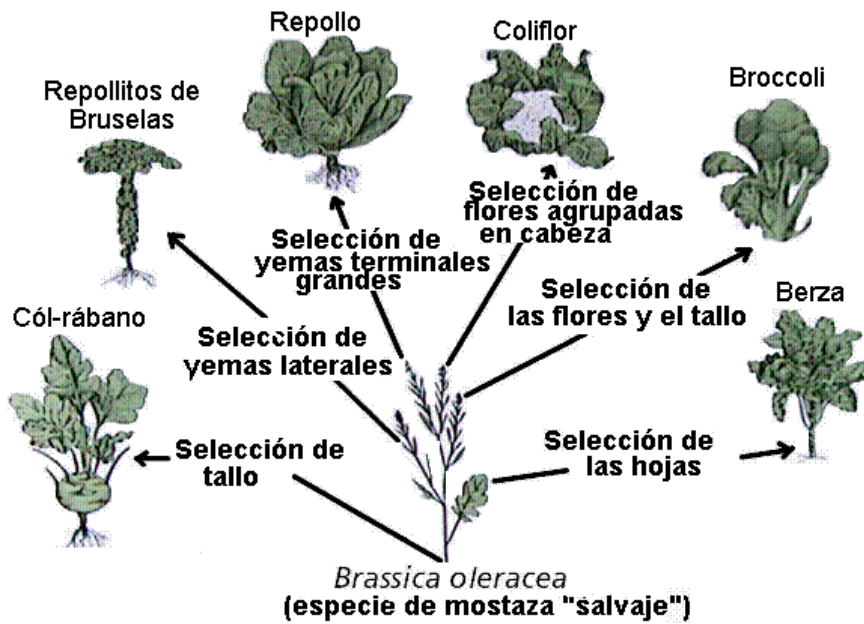
Observen las fotos del ñandú, el emú y el avestruz ¿Qué te parece?

Averigüen cuál es el continente de origen de cada una de esas aves

¿Recuerdan la teoría de la deriva continental? ¿Podrías relacionar esa teoría con este caso?

Representen gráficamente cómo sería el antecesor de estas aves que habría vivido hace 130 millones de años cuando aún existía Gondwana

Observen este esquema.

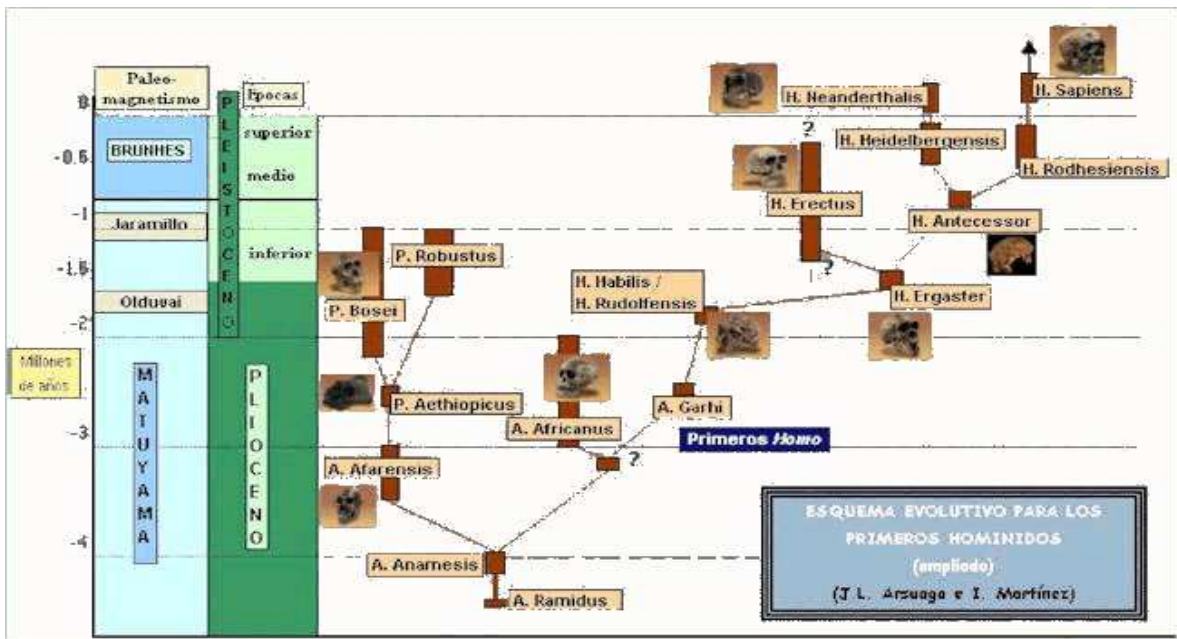


El hombre por selección artificial ha obtenido todas estas variedades de repollo, coles, brócoli, etc, partiendo de la especie *Brassica oleracea* que ahora la consideramos una maleza en nuestros campos.

¿Podríamos considerar *Brassica oleracea* como antecesora común del brócoli y de los repollitos de brucaselas? ¿Por qué?

Observa el cuadro que representa la evolución de los homínidos

Identificá ancestros comunes



Representación de la evolución en forma de árbol.

Buscá en Internet árboles evolutivos de los animales y comparalos

Evaluación grupal

Imagínense los siguientes casos:

Caso A

Mi vecino tiene una infección y un médico le receta un antibiótico, a las 72 horas se agudiza la infección, entonces decide incrementar la dosis del mismo antibiótico.

Caso B


Un productor agropecuario consulta a un ingeniero agrónomo sobre el problema de un tipo de maleza que ha invadido su cultivo. El ingeniero le recomienda un herbicida, lo pasa a la dosis recomendada y observa al día siguiente que la mayoría de las plantas de la maleza están secas, pero algunas no, están vivas y con buen aspecto a pesar de que se encuentran muy cercanas a las afectadas. Él cree que el ingeniero se equivocó con la dosis y decide volver a pasar el herbicida, esta vez duplicando la concentración.

¿Les parece que les va a dar buen resultado la decisión tomada en cada caso? ¿Por qué?

¿Qué sugerencia le darías en cada caso?

Lee el siguiente texto:

ROSAS AZULES PARA TU JARDÍN:
 ¿Alguna vez viste rosas azules? Seguramente no. Después de muchos años de investigación, un grupo de científicos japoneses lograron unas hermosas rosas azules insertando el gen que lleva la información para fabricar el pigmento azul. Este gen proviene de otra flor: el pensamiento.



¿A qué se refiere?

Nezara viridula es la "chinche verde". Pero ¿son todas verdes?

¿Cómo podés explicar la existencia de distintas variedades dentro de la misma especie?

¿Por qué en esta época encontramos más chinches verdes que marrones?



Comparará estos casos con los mosquitos resistentes al insecticida y las malezas resistentes al herbicida.

Comparará con las rosas azules y rosas comunes, ¿Dónde reside la causa de las variaciones individuales?

Representará gráficamente alguno de los casos planteados, utilizando la selección natural o artificial

BIODIVERSIDAD – EL PROBLEMA DE LAS ESPECIES

Los más aptos o eficaces

Los organismos más aptos son aquellos que están adaptados a su ambiente, por ejemplo, un animal que es resistente genéticamente a las enfermedades, está mejor preparado para sobrevivir, que otro animal que no es resistente a las enfermedades.

Los caracteres que permiten que dentro de una especie haya individuos mejor adaptados que otros, seguirán apareciendo, con más frecuencia, en las siguientes generaciones. Para que esto ocurra, es necesario que los caracteres favorables los tengan gran cantidad de seres, entre mayor sea esta población, tendrá más posibilidades de perpetuarse, mientras que los menos aptos disminuirán cada vez más.

En cada generación, los organismos que tienen mayor probabilidad de sobrevivir y de producir otra generación, son los más aptos.

Se conoce como aptitud la capacidad de producir descendencia fértil, en este fenómeno intervienen dos aspectos fundamentales, como son la selección natural y el tamaño de la progenie.

¿Expresen, utilizando lo estudiado hasta el momento, una definición de apto?

¿Les parece apropiado sustituir el término el más apto por el más eficaz? Justifiquen.

Los individuos bien adaptados pueden ser más sanos, mejor capacitados para obtener alimento y compañero, y mejor dotados para cuidar a sus descendientes, pero el factor primordial en la evolución es el número de descendientes que sobreviven para ser progenitores de la siguiente generación.

¿Por qué?

Si cambia el ambiente en el cual se desarrolla una especie, ¿cambiará su aptitud y su probabilidad de sobrevivir?

Recientemente se divulgó, en los periódicos de todo el mundo, que las tortugas gigantes se encontraban en peligro.

A continuación les ofrecemos información de dos de esos artículos, para que las lean y analicen su respuesta a la interrogante anterior. (Fuente: GMT de septiembre de 1998).

Ecologistas temen la muerte de especies por contacto de lava con el océano en Galápagos

Los científicos temen la muerte de las especies cuyo hábitat esté cercano al sitio donde se espera que la lava del volcán Cerro Azul, en el archipiélago de las Galápagos, entre en contacto con las aguas del océano Pacífico.

El jefe técnico del Parque Nacional Galápagos, Juan Chávez, aseguró que los científicos que trabajan en las islas están evaluando el efecto del contacto del magma incandescente con las aguas.

“Producirá una reacción tremenda de calentamiento que afectará a las especies marinas que están en el sector de cabo Rosa, zona en la cual las especies morirán, de acuerdo a la experiencia registrada en febrero de 1995 cuando el volcán de la isla Fernandina hizo erupción”, dijo el científico, en declaraciones a radio Quito.

“El área afectada está cerca de algunos sitios de nidación de 1.670 tortugas gigantes, las mismas que eventualmente podrán entrar en peligro dependiendo de la dirección que tome el flujo de lava”, expresó, el director del parque nacional Galápagos, Eliécer Cruz.

La población animal y vegetal de esas islas es considerada única en el mundo y sustentó la teoría de la evolución de las especies, del científico inglés C. Darwin a fines del siglo pasado.”

¿Cuáles son factores que afectan el futuro de la especie de las tortugas gigantes?

Si la erupción ocurre y la lava llega a las aguas costeras ¿solo las tortugas se verán afectadas?

¿Cuál es el papel que desempeña el ambiente en la supervivencia de las especies?

¿Se originan las especies a partir de especies antecesoras? ¿Cuáles son los mecanismos que originan la especiación o la diversificación?

Es momento de empezar a dar respuesta a nuestra interrogante inicial ¿Las especies cambian?

¿Se les ocurren mecanismos por medio de los cuáles la selección natural actúe y dé por resultado nuevas especies? ¿Cuáles son las ideas de sus compañeros al respecto?

Formulen hipótesis relacionadas con lo que le ocurrirá a las poblaciones en las siguientes situaciones:

Situación #1

Una población de lagartijas es dividida en dos grupos, debido al cambio del cauce de un río caudaloso, uno de los grupos abarca el 90 % de los individuos (población A) y el otro el 10% (población B). Este aislamiento se mantiene por milenios.

Situación #2

La población B del caso anterior se reúne con la población A.

Situación #3

Un grupo de aves terrestres es arrastrado por las corrientes de aire, hasta una isla oceánica despoblada de arbustos y árboles, donde deposita un grupo de semillas de un arbusto (X) que logra germinar y desarrollarse por numerosas generaciones. ¿Cuál será la historia de esta nueva población de arbustos y de la isla en general?

Un rápido cambio

A continuación se ofrece información relacionada con tres estudios recientes en este campo. Léanla con sus compañeros.

En los comienzos del siglo XV se soltó una camada de conejos en Porto Santo, del archipiélago de Madeira, como no había otros animales de la misma especie, ni enemigos carnívoros, se multiplicaron con asombrosa rapidez y, a finales del siglo XIX, eran muy diferentes de la raza europea originaria, de tamaño próximo a la mitad, otro pelaje y costumbres nocturnas, lo más importante era que la unión con los conejos continentales ya no resultaba factible. Por consiguiente, en el lapso de cuatro siglos había aparecido una nueva especie de conejo.

El lago Nabugalo (Uganda) mide tres por cinco kilómetros y está ubicado al margen del lago Victoria, estudios geológicos indican que se formó, aproximadamente, hace 4000 años, al aislarse del lago Victoria.

En Nabugalo hay cinco especies de peces que no se conocen en ningún otro lado, ni en el mismo lago Victoria, sin embargo, cada una de ellas se parece mucho a una especie que desde hace mucho tiempo habita el lago Victoria. Ello sugiere que algunas poblaciones pertenecientes a esa especie, quedaron

aisladas cuando se formó Nabugalo y desde entonces, se dieron los cambios necesarios para dar origen a las nuevas especies en menos de 4 000 años.

En Hawái existen varias especies de mariposas del género *Hedylepta*, que se alimentan de plantas de plátano. Todas las especies de este género que viven en Hawái se alimentan de pasto, semillas, lirios, palmas o legumbres. El hecho más sorprendente aquí es que el plátano fue introducido en las islas de Hawái, por los polinesios, hace tan solo 1 000 años. Por lo anterior, se considera que algunas especies del género *Hedylepta* han cambiado durante ese breve lapso y formado nuevas especies, que se alimentan exclusivamente de plátano.

Después de leer los ejemplos anteriores ¿cuáles son sus conclusiones?

Las poblaciones se diversifican por la acción de fuerzas evolutivas de mutación, desplazamiento genético y transferencia de genes de una población a otra por migración e hibridación, como puede comprobar, dos de estas fuerzas generadoras de nuevas especies o sea de cambios, se han estudiado con anterioridad.

¿Cómo explicarían el nuevo concepto - transferencia de genes de una población a otra por migración e hibridación? Inventen una estrategia.

Les parece razonable suponer que por explotación de nichos desocupados, invasión de otros hábitats, aislamiento geográfico.

Aislamiento geográfico

Busquen información relacionada con las 13 especies de pinzones de las islas Galápagos.

Describan el proceso por medio del cual una especie da origen a otras, tomando como base el ejemplo de los pinzones.

En una población aislada, aunque presente la misma bolsa genética que la población primitiva, es posible que por azar, se produzcan innovaciones genéticas, que le permitan explotar otros recursos, ocupar nuevos nichos, invadir hábitats, con lo cual se produzca el desplazamiento genético que haga variar las dotaciones genéticas de las poblaciones y convertirse así en subespecies, si las diferencias entre las subespecies termina produciendo barreras reproductivas, se originan dos especies diferentes a partir de la original.

¿Por qué se originó la nueva especie de conejo en Porto Santo, las cinco especies nuevas de peces del lago Nabugalo y la mariposa come plátano de Hawái. Estos ejemplos se encuentran anteriormente

A manera de hipótesis contesten: ¿cómo se puede producir el aislamiento reproductivo o las barreras que impiden el intercambio de genes entre poblaciones?

Podrían sugerir el significado de barreras precigóticas y cuál puede ser una de ellas.

¿Qué les sugiere el término barreras poscigóticas? ¿cuál puede ser una de ellas?

Analicen la conclusión a la cual llegó Lawrence E. Gilbert, de la Universidad de Austin en Texas, quien ha estudiado las mariposas *Heliconius* en nuestro país.

"Ha concluido, por medio de sus estudios, que *Heliconius cydno* es una forma de *Heliconius pachinus*, que son solo una especie con dos formas una en cada vertiente. Esto basado en experimentos de

"hibridación" que originaron individuos fértiles y por haber encontrado híbridos naturalmente en sitios donde se encuentran las dos variedades de esta especie. (J. Corrales INBio)⁵⁶.

También, con el mismo tipo de experimento, concluyó que *Heliconius sapho* es *Heliconius hewitsoni*.

¿Sería la misma conclusión si las especies no lograran producir híbridos o estos fueran estériles?

Las biotecnologías contemporáneas permiten la inseminación artificial y la fecundación in vitro ¿cuáles serán las consecuencias de estos procesos en la definición de especie y en los procesos de especiación.

Aunque estos procesos de aislamiento geográfico y reproductivo, generalmente operan al azar, una característica básica del cambio evolutivo es la tendencia de los organismos a adaptarse para sobrevivir y reproducirse en un medio ambiente dado. El proceso evolutivo mismo no es al azar respecto de establecer características adaptativas de los organismos que evolucionan.

El proceso de selección se basa en el sistema genético global del individuo. La selección natural actúa sobre todo en el individuo y no sobre rasgos aislados, sino sobre el efecto genotípico de todo el sistema genético o genoma.

Se aventuran a manera de supuesto a dar una definición de Evolución biológica. ¿Cuáles son las palabras claves que usaría en esa definición? ¿Por qué? ¿Podrían generar controversia?

Investiga:

¿Cómo se forman nuevas especies?

¿Qué es la extinción?

Busca las diferencias entre extinción en masa y extinción de fondo

¿Qué diferencia hay entre la extinción de los dinosaurios y la extinción de las especies que se produjo a lo largo del siglo XIX y XX?

Averigua que especies de nuestro país están en peligros de extinción y por qué.

⁵⁶ Esta secuencia está basada en Formación Continuada del Profesorado de Ciencias. Una Experiencia en Centroamérica y el Caribe. Herencia y Evolución: (Costa Rica). OEI, 1998.
<http://www.oei.org.co/fpciencia/art09.htm>

Evaluación individual

1-Cuando nos invaden los mosquitos, se fumiga, pero no se reduce la población ¿Qué puede suceder?

2-Comparar con el caso de resistencia a los piojicidas presentado al principio

3-¿Cómo se explica la existencia de variedades resistentes como en el caso de los mosquitos o los piojos?

4-Explica cómo actúa la selección natural en estos casos

5-¿Cómo lo representarían gráficamente?

6-¿Cómo explicarías la adaptación de un organismo a su ambiente, teniendo en cuenta los conceptos estudiados?

7.¿Qué entendés por extinción? ¿Cómo crees que influye la extinción en el proceso evolutivo?

8.¿Qué quiere decir que los más aptos son los que sobreviven?

9.Los ñandúes de nuestro país, los avestruces de África y los emús de Australia son aves corredoras, que viven en hábitats muy semejantes y son muy parecidas ¿Cómo se puede explicar la existencia de especies diferentes pero de aspecto semejante en lugares distantes unos de otros?

10.¿Cómo representarías la evolución de especies emparentadas como el caballo, el burro y la cebra? ¿Qué pasa si se cruzan entre sí?

11-¿Qué quiere decir antecesor común?

12.¿A qué se denomina biodiversidad?

TERCERO I ENFOQUE HISTÓRICO

CRONOGRAMA DE CLASES DADAS

Profesora del Curso: Estela Laguzzi (Observadora participante)

A cargo de la Unidad didáctica: Marcela Torreblanca

Fecha	Tema	Estrategias- actividades
Lunes 23-9 2 módulos	Pre test Indagación ideas previas	Cuestionario Diálogo Registro de ideas
Lunes 1-10 2 módulos comienzo de la secuencia didáctica	La Evolución como hecho Problemas: cómo se origina la biodiversidad Por qué es necesario enseñar evolución	Exposición dialogada Debate Discusión de problemáticas locales
Martes 2-10 1 módulo	Problemáticas que se presentaron en la historia- problemas actuales	Lectura de textos Diálogo Red conceptual Línea de tiempo comparativa
Lunes 8-10 2 módulos	La construcción de las teorías evolutivas como respuestas a preguntas problematizadoras	Exposición dialogada Guía de lectura Análisis de casos
Martes 9 1 módulo	Las 5 teorías de Mayr	Explicación Ejemplificación Guía de lectura
Lunes 15	feriado	
Martes 16 1 módulo	Organización de grupos y selección de problemáticas	Investigación –indagación
Lunes 22	Organización del trabajo en grupos Definición de posibles problemáticas	Guía de lectura Seguimiento del proceso de investigación por tutoría en internet
Martes 23 1 módulo	Ejemplos de ancestro común Selección natural y artificial Analogías y metáforas Árboles filogenéticos	Explicación y orientación a los grupos Tutoría por internet
Lunes 29 2 módulos	Evolución	Video de los Simpsons- Debate
Martes 30 2 módulos (Hora libre prestada)	Puesta en común	
14 -11-07	Post test y prueba escrita	

TERCERO II. Sin enfoque histórico

CRONOGRAMA DE CLASES DADAS

Profesora Marcela Torreblanca

Módulos semanales: 3

Fecha	Tema	Actividades y recursos
17-9	Pre test	Indagación de ideas previas
27-9	Problemática resistencia de los mosquitos	Presentación de la problemática y discusión
4-10 en el espacio del ECI	Uso de plaguicidas	Guía de lectura
9-10	Origen de la diversidad y ancestro común	Explicación y cuestionario
11-10	Formación de razas y variedades. Especies e híbridos	Ejemplificación Lectura del libro
18-10	Selección artificial e ingeniería genética. Soja transgénica	Diálogo
25-10	Origen de nuevas especies. Aislamiento geográfico.	Guía de lectura-ejemplificación
5-11	Adaptación y Extinción	Lectura-Cuestionario
8-11	Integración de contenidos	Guía de actividades grupales con situaciones problemáticas
15-11	Evaluación grupal	Guía de actividades y confrontación
23-11	Evaluación individual y post test	

III. Tablas estadísticas

GRILLA DE RESPUESTAS

		LAMARKIANAS		DARWINISTAS		LINEAL		ÁRBOL	
ALUMNOS		LM1	LM2	SD1	SD2	LI1	LI2	AR1	AR2
TERCERO I									
1	LEANDRO M	X			X			X	X
2	MARTIN B	X			X			X	X
3	A	X			X	X			X
4	JAHBLESS	X			X	X			X
5	MIA			X	X	X	X		
6	KAREN	X			X	X	X		
7	JENNIFER	X			X	X	X		
8	DENU	X			X			X	X
9	JUAN	X			X	X			X
10	BRENDA			X				X	
11	CORREA	X			X			X	X
	PRISCILA	ausente							
12	JUANCHO	X				X			
13	M PAZ	X			X	X	X		
14	JAQUELINE	X			X	X			X
15	MARIANO	X			X	X			X
16	LORENA	X			X		X	X	
17	MARIANA	X			X	X			X
18	YAEL	X			X	X	X		
	YAH	ausente							
	T	ausente							
19	SABRINA	X			X			X	X
20	EUGENIA	X			X			X	X
	FIO	ausente							
21	NATALI			X				X	X

	MAICA	ausente							
22	AN	X	X				X	X	
23	GONZALO	X			X			X	X
24	MADELAINE	X			X			X	X
	TERCERO II								
1	MILENA	X			X			X	X
2	EMILIANO			X	X	X			X
3	CARLA			X	X	X			X
4	MARIELA	X			X	X	X		
5	JUAN PABLO			X	X			X	X
6	JULIA			X	X			X	X
7	FRANCINA			X	X	X			X
8	LUCÍA			X	X	X			X
9	LUCIANA	X			X	X	X		
10	FLORENCIA			X	X	X			X
11	MARISOL			X	X	X			X
12	DAINA	X			X	X			X
13	PAOLA			X	X	X	X		
14	FEDERICO	X			X	X			X
15	MIGUEL	X			X			X	X
16	LUCAS	X			X	X			X
17	VALENTINA	X			X	X	X		
18	LUCILA	X			X			X	X
19	LEONARDO			X	X			X	X
20	M. PAULA	X	X					X	X
21	DIEGO	X			X	X			X
22	KEVIN	X			X			X	X
23	DAIANA T	X			X			X	X
24	FRANCO	X			X	X			X

25	FLORENCIA G	X			X		X	X		
26	TOMAS	X			X	X			X	
27	ANDREA	X			X			X	X	
28	CARLOS	X			X	X			X	
29	M BELEN	X			X	X			X	
30	MANUELA		X	X		X			X	
31	CAROLINA	X			X	X			X	
32	MAIRA	X			X	X			X	
	WALTER	ausentes pretest			X				X	
	OSVALDO				X					X
	PAOLA F				X		X			
	M BELEN P				X					X

RESULTADOS DEL PROGRAMA SPSS STATISTICS 17.0

TERCERO I

alumnos	lm1	lm2	li1	li2	sd1	sd2	ar1	ar2
LEANDRO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
MARTINB	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
A	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
JABLES	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
MIA	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
KAREN	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
JENNIFER	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
DENU	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
JUAN	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
BRENDA	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
CORREA	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
JUANCHO	SI	NO	SI	NO	NO	NO	NO	SI
MPAZ	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
JAQUELIN	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
MARIANO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
LORENA	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO
MARIANA	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
Yael	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
SABRINA	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
EUGENIA	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
NATALI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
AN	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO
GONZALO	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
MADLAIN	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI

TABLAS DE CONTINGENCIA

LM1 * lm2 Crosstabulation

Count		lm2		
		NO	SI	Total
LM1	NO	3	0	3
	SI	20	1	21
Total		23	1	24

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,149 ^a	1	,699		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,273	1	,601		
Fisher's Exact Test				1,000	,875
Linear-by-Linear Association	,143	1	,705		
N of Valid Cases	24				

sd1 * SD2 Crosstabulation

Count				
		SD2		
		NO	SI	Total
sd1	NO	2	19	21
	SI	0	3	3
	Total	2	22	24

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,312 ^a	1	,577		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,559	1	,454		
Fisher's Exact Test				1,000	,761
Linear-by-Linear Association	,299	1	,585		
N of Valid Cases	24				

AR2 * AR1 Crosstabulation

Count				
		AR1		
		NO	SI	Total
AR2	NO	5	2	7
	SI	7	10	17
	Total	12	12	24

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,815 ^a	1	,178		
Continuity Correction ^b	,807	1	,369		
Likelihood Ratio	1,860	1	,173		
Fisher's Exact Test				,371	,185
Linear-by-Linear Association	1,739	1	,187		
N of Valid Cases	24				

d1 * AR1 Crosstabulation

Count				
		AR1		
		NO	SI	Total
sd1	NO	11	10	21
	SI	1	2	3
	Total	12	12	24

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,381 ^a	1	,537		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,387	1	,534		
Fisher's Exact Test				1,000	,500
Linear-by-Linear Association	,365	1	,546		
N of Valid Cases	24				

li1 * li2 Crosstabulation

		li2		
		NO	SI	Total
li1	NO	10	2	12
	SI	7	5	12
	Total	17	7	24

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	1,815 ^a	1	,178		
Continuity Correction ^b	,807	1	,369		
Likelihood Ratio	1,860	1	,173		
Fisher's Exact Test				,371	,185
Linear-by-Linear Association	1,739	1	,187		
N of Valid Cases	24				

SD2 * AR2 Crosstabulation

Count				
		AR2		
		NO	SI	Total
SD2	NO	1	1	2
	SI	6	16	22
	Total	7	17	24

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,458 ^a	1	,498		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,420	1	,517		
Fisher's Exact Test				,507	,507
Linear-by-Linear Association	,439	1	,507		
N of Valid Cases	24				

TERCERO II

alumnos	lm1	lm2	li1	li2	sd1	sd2	ar1	ar2
MILICIA	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
EMILIANO	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI
CARLA	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI
MARIELA	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
JUAN PAB	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
JULIA	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
FRANCINA	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI
LUCÍA	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI
LUCIANA	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
FLORENCI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI
MARISOL	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO	SI
DAINA	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
PAOLA	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	NO
FEDERICO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
MIGUEL	SI	NO	NO	NO	NO	SI	NO	SI
LUCAS	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
VALENTIN	SI	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO
LUCILA	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
LEONARDO	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
M. PAULA	SI	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI
DIEGO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
KEVIN	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
DAIANA T	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
FRANCO	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
FLORENCI	SI	NO	NO	SI	NO	SI	SI	NO
TOMAS	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
ANDREA	SI	NO	NO	NO	NO	SI	SI	SI
CARLOS	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
M BELEN	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
MANUELA	NO	SI	SI	NO	SI	NO	NO	SI
CAROLINA	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI
MAIRA	SI	NO	SI	NO	NO	SI	NO	SI

TABLAS DE CONTINGENCIA

lm2 * LM1 Crosstabulation

		LM1		
		NO	SI	Total
lm2	NO	10	20	30
	SI	1	1	2
Total		11	21	32

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,231 ^a	1	,631		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,220	1	,639		
Fisher's Exact Test				1,000	,577
Linear-by-Linear Association	,224	1	,636		
N of Valid Cases	32				

SD2 * sd1 Crosstabulation

		sd1		
		NO	SI	Total
SD2	NO	1	1	2
	SI	20	10	30
	Total	21	11	32

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,231 ^a	1	,631		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,220	1	,639		
Fisher's Exact Test				1,000	,577
Linear-by-Linear Association	,224	1	,636		
N of Valid Cases	32				

AR2 * AR1 Crosstabulation

Count				
		AR1		
		NO	SI	Total
AR2	NO	4	1	5
	SI	18	9	27
	Total	22	10	32

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,349 ^a	1	,555		
Continuity Correction ^b	,004	1	,948		
Likelihood Ratio	,374	1	,541		
Fisher's Exact Test				1,000	,494
Linear-by-Linear Association	,338	1	,561		
N of Valid Cases	32				

li1 * li2 Crosstabulation

Count				
		li2		
		NO	SI	Total
li1	NO	10	1	11
	SI	17	4	21
	Total	27	5	32

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,543 ^a	1	,461		
Continuity Correction ^b	,050	1	,823		
Likelihood Ratio	,585	1	,444		
Fisher's Exact Test				,637	,428
Linear-by-Linear Association	,526	1	,468		
N of Valid Cases	32				

SD2 * AR2 Crosstabulation

		AR2		
		NO	SI	Total
SD2	NO	0	2	2
	SI	5	25	30
	Total	5	27	32

Chi-Square Tests

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)	Exact Sig. (2-sided)	Exact Sig. (1-sided)
Pearson Chi-Square	,395 ^a	1	,530		
Continuity Correction ^b	,000	1	1,000		
Likelihood Ratio	,704	1	,401		
Fisher's Exact Test				1,000	,708
Linear-by-Linear Association	,383	1	,536		
N of Valid Cases	32				

Prueba Chi Cuadrado Frecuencias de Mecanismos evolutivos TERCERO I

Test Statistics

	LM1	lm2	sd1	SD2
Chi-Square	13,500 ^a	20,167 ^a	13,500 ^a	16,667 ^a
df	1	1	1	1
Asymp. Sig.	,000	,000	,000	,000

Prueba Chi Cuadrado Frecuencias de Mecanismos evolutivos TERCERO II

Test Statistics

	LM1	lm2	sd1	SD2
Chi-Square	3,125 ^a	24,500 ^a	3,125 ^a	24,500 ^a
df	1	1	1	1
Asymp. Sig.	,077	,000	,077	,000

Prueba Chi Cuadrado Frecuencias de Representación de la Evolución Tercero I

Test Statistics

	li1	li2	AR1	AR2
Chi-Square	,000 ^a	4,167 ^a	,000 ^a	4,167 ^a
df	1	1	1	1
Asymp. Sig.	1,000	,041	1,000	,041

Prueba Chi Cuadrado Frecuencias de Representación de la Evolución Tercero II

Test Statistics

	li1	li2	AR1	AR2
Chi-Square	3,125 ^a	15,125 ^a	4,500 ^a	15,125 ^a
df	1	1	1	1
Asymp. Sig.	,077	,000	,034	,000

Relación cruzada entre respuestas del pre y post test

TERCERO I		LM1		TOTAL
		SI	NO	
	SI	1	0	1
	NO	20	3	23
	TOTAL	21	3	24

TERCERO I		AR1		TOTAL
		SI	NO	
	SI	10	7	17
	NO	2	5	7
	TOTAL	12	12	24

TERCERO II		LM1		TOTAL
		SI	NO	
	SI	1	1	2
	NO	20	10	30
	TOTAL	21	11	32

TERCERO II		AR1		TOTAL
		SI	NO	
	SI	10	17	27
	NO	1	4	5
	TOTAL	11	21	32

IV. Trabajos presentados

VIII Jornadas Nacionales III Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología

La Educación en Biología como Respuesta a la Demanda Social

Mar del Plata

9, 10 y 11 de Octubre de 2008

En el año de la Enseñanza de las Ciencias

Área Temática: Investigación

Título: ¿TAN DIFÍCIL ES PENSAR COMO DARWIN?

Autores: MARCELA TORREBLANCA, GRACIELA MERINO

Póster

Resumen

Este trabajo analiza los obstáculos que se presentan en el aprendizaje de los mecanismos evolutivos y la persistencia de concepciones lamarckianas y otras explicaciones alternativas de diferentes orígenes en alumnos secundarios, terciarios y universitarios. Se presentan los datos obtenidos en una investigación llevada a cabo en distintos niveles educativos y los resultados de la aplicación de distintas secuencias didácticas para facilitar la superación de dichos obstáculos.

Introducción

Se han realizado investigaciones desde 1971 (GENÉ, 1991) en diferentes países en los cuales se constata la similitud de las ideas previas de los alumnos con respecto a la evolución de los seres vivos con las ideas Lamarckianas. Autores como JUNGWIRT, 1975 en Israel, HALLDEN, 1988 en Suecia, MART, 1983 en Australia, entre otros, citados por GENÉ. En su trabajo de 1991, JIMENEZ ALEIXANDRE M. P., refiere una alta proporción de ideas alternativas lamarckianas en estudiantes de nivel secundario y universitario. En un estudio exploratorio realizado con alumnos de primer año de la carrera ingeniería agronómica (UNNOBA) se encontraron proporciones similares a los estudios antes mencionados y a los resultados obtenidos en tercer año polimodal, octavo y noveno de escuelas del distrito Junín y Chacabuco. (TORREBLANCA, 2008).

Considerando que estas ideas previas se convierten en obstáculos a la hora de aprender los mecanismos evolutivos, se explora el origen de los mismos. A partir de allí se utilizan estrategias de enseñanza basados en un enfoque histórico - epistemológico contextualizado para facilitar la superación de esos obstáculos. Se evalúa su efectividad, confrontándolas con estrategias basadas en resolución de problemáticas basados en casos de resistencia, propuestos en la bibliografía actual.

Desarrollo

La enseñanza de los mecanismos evolutivos presenta dificultades, derivadas principalmente del nivel de abstracción de los conceptos implicados, la multicausalidad e interrelación de variables y la fuerte implicación de concepciones previas. Estas dificultades se presentan como obstáculos en la comprensión y generan errores difíciles de desarraigar.

Estos errores en un mismo sujeto están ligados entre sí por una fuerza común, básicamente una manera de aprender o una concepción característica, un conocimiento anterior que tiene que ver con todo un dominio de acción. Los obstáculos no se eliminan de una vez y para siempre, sino que son recurrentes y nunca se eliminan por completo. Pueden surgir tanto en el momento de construcción del conocimiento como en una etapa de conclusión. Y pueden ser sorteados en un contexto determinado y mantenerse intactos en otros.

Existen obstáculos epistemológicos, derivados de la comprensión lógica de la estructura científica. Pueden coincidir con los obstáculos que se fueron presentando a lo largo de la historia de la disciplina. También, obstáculos derivados de interpretaciones espontáneas de distintos orígenes

Para realizar un estudio comparativo se tomó un pre-test en dos cursos de 3° de polimodal con orientación Ciencias Naturales, presentando representaciones y problemáticas para detectar concepciones previas previamente categorizadas. Se desarrollaron secuencias didácticas diferentes en cada curso, una enmarcada en un enfoque histórico y otra con problemáticas actuales sobre resistencia a los plaguicidas. Al finalizar se realizó un post – test individual, y un análisis de las producciones grupales e individuales obtenidas en el desarrollo de la secuencia.

Conclusiones

Las concepciones lamarckianas perduran más allá de la escolarización secundaria. Los alumnos que tuvieron la secuencia didáctica desarrollada en base a un enfoque histórico mostraron mayor aceptación de los errores y pudieron aplicar sus conceptos a diferentes situaciones y contextos. La evolución de su aprendizaje. La aparición de concepciones de categoría intermedia entre ideas lamarckianas, mutacionismo y selección natural, mostró una similitud con la evolución de las ideas evolucionistas posteriores a Darwin. En cambio los alumnos que resolvieron problemas relacionados con casos de resistencia tuvieron mayor proporción de respuestas correctas en situaciones similares y presentaron dificultades al aplicar el concepto de selección natural en otros contextos y no pudieron transpolar dicho concepto como mecanismo evolutivo productor de las adaptaciones.

Bibliografía citada

Gené A., (1991). Cambio conceptual y metodológico en la Enseñanza y el Aprendizaje de la Evolución de los Seres Vivos. Un ejemplo concreto. *Rev. Enseñanza de las Ciencias*, 9, (1), 22 -27. España.

Jiménez Aleixandre, M. P., (1991). Cambiando las Ideas sobre el cambio Biológico. *Enseñanza de las Ciencias*. 9, 3, 248-256. España.

Torreblanca M., (2008). Manuscrito de la Tesis de Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales: El Enfoque Histórico Contextualizado como Facilitador de la Enseñanza de los Mecanismos Evolutivos. UNL. Santa Fe, Argentina.

Diseño de monográfico de Alambique (Octubre 2009).

DARWIN Y LA EVOLUCIÓN DE LOS SISTEMAS.

Coord.: Pedro Cañal

Las jirafas no son como antes.

¿Un mito de los libros de texto?

Autores: Marcela Torreblanca¹, Ana Lía De Longhi², Graciela Merino³

¹Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA); ²Universidad Nacional de Córdoba (UNC), ³Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Resumen

Uno de los recursos utilizados para introducir la enseñanza de los conceptos evolutivos es la historia de la biología, preferentemente en lo que respecta al desarrollo de la teoría darwiniana. La mayoría de los libros de texto utilizan el ejemplo del alargamiento gradual del cuello de la jirafa para confrontar las teorías de Darwin y Lamarck. Esta historia, que se ha convertido en una tradición en la enseñanza de la evolución puede no tener asideros científicos. La imagen de la jirafa alargando su cuello “para alcanzar las hojas” es tan fuerte intuitivamente que persiste más allá de la escolarización. ¿Por qué se utiliza entonces? ¿Qué aportes científicos existen en la actualidad con respecto a este ejemplo? ¿Se puede aprovechar didácticamente?

Palabras clave: evolución, Darwin, Lamarck, selección natural, gradualismo, especulación, confrontación, argumentación, historia de la biología

**II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el Campo de las Ciencias
Exactas y Naturales**

Universidad Nacional de La Plata

**“DE LAS JIRAFAS A LOS PINZONES”, MITOS EN LA ENSEÑANZA DE LA
HISTORIA DE LAS IDEAS DE LAMARCK Y DARWIN**

Marcela Torreblanca¹, Ana Lía De Longhi², Graciela Merino³

¹Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), ISDF N° 129, ²Universidad Nacional de Córdoba (UNC), ³Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

Guido Spano 81, Junín CP 6000. Buenos Aires Argentina. Email: mtorreblanca@fibertel.com.ar
tel. 02362 638325.

Comunicación Oral

Resumen

Al enseñar los mecanismos evolutivos se introduce el tema utilizando la historia de la construcción de los conceptos involucrados haciendo referencia a las obras de Lamarck y Darwin. Estas historias, que se repiten en los manuales, están combinadas con mitos y leyendas y a veces tan recortadas que tienden a provocar errores o falsas interpretaciones. A partir de una investigación basada en la hipótesis que el enfoque histórico contextualizado puede ser facilitador de la superación de los obstáculos de aprendizaje de los mecanismos evolutivos se realiza un estudio exploratorio de los libros de texto más usados en secundaria básica y polimodal para detectar mitos y recortes en la historia de los mecanismos evolutivos, se rastrean sus orígenes y sus implicaciones en la enseñanza.

Palabras clave: Lamarck, Darwin, Historia, Mitos, Enseñanza.

JORNADAS 200/150: Año Darwin en la UNSAM
A 200 años del nacimiento de Darwin y a 150 años de
EL ORIGEN DE LAS ESPECIES
 7, 8 y 9 de octubre de 2009
 Campus Miguelete, San Martín, Provincia de Buenos Aires.

UNA LARGA ARGUMENTACIÓN

Marcela Torreblanca¹, Ana Lía De Longhi², Graciela Merino³

¹Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), ISDF N° 129, ²Universidad Nacional de Córdoba (UNC), ³Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

La construcción histórica de la teoría de la Selección Natural y la construcción del discurso educativo en la enseñanza de la evolución afrontaron obstáculos y problemáticas similares, pero en contextos diferentes. La Selección Natural forma parte de la teoría sobre el Origen de las Especies que Darwin publicó en 1859. Mayr reconoce que en realidad “su teoría” está compuesta por cinco teorías principales que pueden tratarse en forma independiente. Esto explicaría por qué algunos evolucionistas pudieron aceptar sólo algunas e integrarlas a otros sistemas y descartar otras, buscando explicaciones alternativas. La quinta teoría, la que más tardó en ser aceptada, fue la Selección Natural. ¿Qué obstáculos se presentaron a lo largo de la historia hasta que fue integrada a la síntesis moderna?

¿Cómo construyó Darwin “su teoría”? Aunque se autoproclamaba empirista, siguiendo los preceptos de Bacon, como escribió en sus notas biográficas, ¿realmente desarrolló de esa manera su teoría? Para Gould, el método utilizado fue el “ensayo-error” en sus notas y al desarrollar “el Origen” pasó a un método hipotético deductivo. ¿Qué elementos, observaciones, inferencias, justificaciones, componen su discurso, el cual, según sus propias palabras es “una larga argumentación”?

¿Qué nos aporta para la enseñanza conocer la epistemología y la historia de la Selección Natural? .

TREPANDO AL ÁRBOL, CAYENDO DE LA ESCALERA

Torreblanca M.¹, De Longhi A.², Merino G.³

¹Universidad Nacional del Noroeste de la Provincia de Buenos Aires (UNNOBA), ISDF N° 129, Junín

²Universidad Nacional de Córdoba (UNC)

³Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

mtorreblanca@fibertel.com.ar

La metáfora del árbol está presente en diversos contextos culturales a lo largo de la historia. A partir del siglo XV la imagen del árbol fue utilizada en jerarquías sociales y genealogías. El árbol genealógico brindó la metáfora para representar la “genealogía” de los seres vivos basada en la teoría del antecesor común. Ascendencia común y ramificación son partes de un mismo concepto. La ascendencia común refleja una perspectiva hacia atrás y la ramificación hacia adelante. Darwin fue el primero en sugerir la imagen del árbol genealógico para representarlas. Haeckel en 1886 creó el concepto de filogenia para definir esa historia y publicó el primer árbol genealógico con significado evolutivo. Si bien la idea del ancestro común fue aceptada antes que la selección natural, la metáfora de la escalera ha venido controlando la mayor parte del pensamiento humano especialmente en relación con la evolución del hombre.

La enseñanza de la representación de la evolución de las especies en forma de árbol presenta algunas dificultades, principalmente relacionadas con el arraigo de la idea de progresión lineal. Se realiza una investigación para detectar los obstáculos y se desarrolla una innovación didáctica basada en un enfoque histórico para facilitar la superación de la representación lineal considerando etapas intermedias.

Palabras claves: evolución, representación, metáforas

Área Temática: ED

Nombre y apellido del encargado de presentar el trabajo: Marcela Torreblanca

En qué consiste el trabajo/ línea de investigación

Este trabajo deriva de la investigación realizada para la tesis de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales “EL ENFOQUE HISTÓRICO CONTEXTUALIZADO COMO FACILITADOR DE LA ENSEÑANZA DE LOS MECANISMOS EVOLUTIVOS” que concluí este año en la UNL. Continúo investigando las representaciones basadas en la utilización de modelos históricos y actualmente, en la UNNOBA, la simulación de los mecanismos evolutivos.

VI. Glosario

ADAPTACIÓN: característica que ha desarrollado un organismo mediante selección natural a lo largo de muchas generaciones, para solventar los problemas de supervivencia y reproducción a los que se enfrentaron sus antecesores. Modificación evolutiva que mejora las oportunidades de supervivencia y de éxito evolutivo de un organismo.

ADAPTATIVIDAD: La capacidad de una estructura o un organismo para adaptarse a su entorno o a su modo de vida, como consecuencia de la selección sufrida en el pasado.

ADN Ácido desoxirribonucleico, la molécula que contiene y transmite la información genética.

AISLAMIENTO GENÉTICO: La ausencia de intercambio genético entre poblaciones o especies como resultado de una separación geográfica o de mecanismos de pre-apareamiento o post-apareamiento (anatómicos, fisiológicos o de comportamiento) que evitan la reproducción

ALELO. Cualquiera de las variantes alternativas de un gen

ALTRUISMO. Conducta que beneficia a otro organismo a costa del que la realiza, estando definidos el coste y el beneficio en términos de éxito reproductivo. Comportamiento que beneficia a otro organismo, con algún coste para su autor.

ANAGÉNESIS: cambio gradual que ocurre en un solo linaje, de manera que tarde o temprano los descendientes llegan a ser radicalmente diferentes a sus ancestros.

ANÁLISIS CLADÍSTICO: Análisis de los caracteres derivados de los organismos, para inferir la secuencia o árbol filogenético basándose sólo en caracteres derivados.

ANALOGÍA - Uno de los procedimientos principales del razonamiento, mediante la cual se examinan dos objetos del pensamiento para evidenciar sus caracteres coincidentes, procediendo a una comparación de la cual sea posible extraer conclusiones tanto en base a esos factores comunes como a partir de los diferenciales.

APTITUD [FFITNESS]. La capacidad relativa de un organismo para sobrevivir y transmitir sus genes al pool génico de la siguiente generación

ARGUMENTACION: Expresión del razonamiento, al modo como la proposición lo es del juicio o el término del concepto.

ASCENDENCIA COMÚN: Origen de las especies o taxones superiores que descienden de un antepasado común.

AXIOLOGIA: Término utilizado al parecer por primera vez por Wilbur M. Urban, en 1906, en su obra “Naturaleza y Leyes de la valoración”, para referirse a aquella parte de los estudios filosóficos que se aplica a realizar un análisis reflexivo y racional de los objetos de valor.

Teoría de los VALORES. Según la escuela axiológica de Max Scheler, el valor es algo distinto del ser, que se capta por una intuición valoral y no por vía sensible ni intelectual.

AXIOMA (lat. axioma): Proposición primera de la que parte la demostración. La lógica clásica le otorga el carácter de proposición evidente por sí misma. La lógica matemática reduce los axiomas a primeras premisas convencionalmente elegidas.

AZAR: Acaecimiento o suceso imprevisible por ser fruto de una coincidencia fortuita de series causales diversas. Según algunas escuelas, llamamos azar sólo a nuestra ignorancia de todos los factores causales que inciden en un fenómeno determinándolo. “la noción de azar toma una significación esencial y no ya simplemente operacional. En el caso por ejemplo, de lo que se pueden llamar “coincidencias absolutas”, es decir las que resultan de la intersección de dos cadenas causales totalmente independientes.” *“Acontecimiento pues esencialmente imprevisible por su misma naturaleza”* J. Monod.

BARRERAS GEOGRÁFICAS: obstáculos que impiden que los individuos de una población entre en contacto unos con otros. Por ejemplo individuos de la misma especie que viven en islas separadas que acaban por desarrollar tantas diferencias en su poza génica que se vuelven incompatibles.

CAMBIO FILÉTICO: Cambios que ocurren en un solo linaje de organismos durante un período prolongado. Proceso macroevolutivo, semejante a la selección direccional puede ser por anagénesis, cladogénesis o radiación adaptativa o extinción.

CARÁCTER: Cualquiera de los componentes del fenotipo.

CARACTERES ADQUIRIDOS: Caracteres del fenotipo de un organismo que son el resultado de influencias ambientales, y no de la herencia.

CARACTERES HOMÓLOGOS: Caracteres de dos o más taxones que derivan del mismo carácter del antepasado común más próximo.

CARACTERES POLIGÉNICOS: Aspectos del fenotipo controlados por varios genes.

CATEGORÍA: En taxonomía, el grado (especie, género, familia, orden...) asignado a un taxón en la jerarquía linneana.

CAUSACIÓN EVOLUTIVA: Factores históricos responsables de las propiedades de los individuos y especies, y más concretamente de la composición del genotipo (el programa genético).

CAUSACIÓN FUNCIONAL: Causación próxima.

CAUSACIÓN PRÓXIMA: Factores químicos y físicos responsables de los procesos biológicos; es decir, de actividades que resultan de la descodificación del programa genético.

CAUSACIONES REMOTAS O ÚLTIMAS: Causaciones evolutivas.

CLADIFICACIÓN: Sistema de ordenación de los organismos en el que las entidades a ordenar son ramas del árbol filogenético (o de un cladograma). Clasificación de Hennig.

CLADOGÉNESIS: Tendencia macroevolutiva en la cual un linaje se ramifica y da lugar a dos o más linajes.

CLADOGRAMA: Patrón de ramificación de un árbol filogenético, obtenido por inferencia.

CLADÓN: Taxón basado en los principios de la clasificación hennigiana.

CLASIFICACIÓN (darwinista): Ordenación de las especies o taxones superiores en grupos (clases), basándose en las similitudes (grado de divergencia evolutiva) y en la ascendencia común (genealogía).

CLINE: Una serie gradual de cambios en ciertas características dentro de una especie, en correlación con algunos cambios graduales de los factores ambientales dentro del área geográfica de la especie.

CÓDIGO GENÉTICO: Código mediante el cual se traduce a aminoácidos (las unidades estructurales de las proteínas) la información genética contenida en la secuencia de pares de bases del ADN.

COMPETENCIA: Interacción entre miembros de la misma población o de dos o más poblaciones que usan el mismo recurso que frecuentemente existe en cantidades limitadas.

CONCEPTO (lógico) - Es una idea general y abstracta, o la representación mental, intelectual de un objeto.

CONVERGENCIA: En evolución, la adquisición del mismo carácter por dos o más linajes no emparentados, que lo adquieren de manera independiente.

DEDUCCION (lat. deductio): Nexo lógico por el que una conclusión resulta de la comparación de dos o más premisas. La deducción procede de lo universal a lo particular o menos general.

DEMO: Población local de una especie; la comunidad de individuos potencialmente interfecundables en una localidad dada.

DERIVA GÉNICA: Cambios en la poza génica de una población debidos a sucesos azarosos. Cambios en el fondo génico de una población, debidos a sucesos ocurridos por azar.

DISCRETO (lat. discretus): Discontinuo. Cantidad discreta (discontinua).

DIVERSIDAD: abundancia de especies, ponderada o no, en un área concreta. En su expresión más simple, la diversidad se representa como la riqueza o diversidad alfa (α) de la comunidad de un área, siendo ésta el número de especies presentes para un nivel taxonómico prefijado. La diversidad, en un sentido más estricto, ha de referirse a la abundancia relativa de las especies presentes.

EFICACIA REPRODUCTORA: Capacidad relativa de un organismo para sobrevivir y transmitir sus genes al fondo génico de la siguiente generación.

EMIGRACIÓN: desplazamiento de un grupo de organismos o de un individuo de uno a otro hábitat, ya sea de forma temporal o permanente. Las causas pueden ser muchas: búsqueda de alimento, reproducción, etc.

EMPIRICO: Lo referente a la experiencia sensible.

EMPIRISMO: Escuela filosófica que no admite otro criterio de verdad que la experiencia sensible. Concepción filosófica para la cual el fundamento del conocimiento radica en la realidad inteligible, considerando incluso como parte de ella las propias ideas en cuanto existen en la conciencia; de tal manera que la experiencia, sea sensible, histórica o interior, es el fundamento del conocimiento. Rechaza la suposición de ideas innatas, y también la intelección como penetración en las cosas sensibles hasta obtener de ellas su concepto o esencia. Reduce así los conceptos, de forma parecida al **NOMINALISMO**, a meros nombres o términos designativos de colectividades agrupadas mentalmente. Forman esta corriente, principalmente, los ingleses del siglo XVII Locke, Berkeley, Hume.

EPISTÉMICO, factor o elemento. En la actividad científica, la toma de decisiones respecto a la aceptabilidad de hipótesis o la elección entre hipótesis alternativas requiere el concurso de elementos de juicio. Estos elementos pueden ser de carácter epistémico o de carácter no epistémico. Los elementos epistémicos clásicos son la consideración de la evidencia empírica y el razonamiento deductivo. En el segundo tipo (no epistémico) suelen incluirse todos los elementos que, de carácter cognitivo o no, son atribuibles a la situación social, profesional, psicológica, etc. de los científicos. Por ejemplo, intereses económicos, presiones políticas, convicciones religiosas, lealtad profesional, disponibilidad instrumental, etc. Genéricamente, este último tipo de elementos son a veces llamado “factores sociales” o factores dependientes del “contexto social”.

EQUILIBRIOS DISCONTINUOS o PUNTEADOS. Alternancia de cambios evolutivos extremadamente rápidos y de otros normales o lentos en un linaje filético.

ESPECIACIÓN ALOPÁTRIDA: Especiación provocada por una barrera geográfica.

ESPECIACIÓN DICOPÁTRIDA: Especiación que tiene lugar por división de una especie parental, debido a una barrera geográfica, de vegetación, o a otro tipo de barrera extrínseca.

ESPECIACIÓN: es el proceso mediante el cual se forman las especies. En una primera etapa, denominada de aislamiento extrínseco, los miembros de una especie existente comienzan a separarse entre sí, debido a algún suceso externo, como un cambio climático, la formación de una barrera física (la aparición de una montaña, por ejemplo), o la colonización de un nuevo hábitat. Esta separación puede ocurrir también porque, durante el transcurso de centenares de generaciones, los individuos pueden necesitar dispersarse desde el ámbito geográfico de su especie a otras zonas. En una segunda etapa, de diferenciación, las poblaciones aisladas divergen genéticamente, lo que pueden realizar con más rapidez que aquellas que están en contacto con otras poblaciones. Esto ocurre, bien debido al azar, o bien como resultado de la selección natural. En la tercera etapa, llamada de aislamiento intrínseco, ciertas formas de aislamiento evolucionan en el seno de la población. Todas esas tendencias dependen más de los organismos que del entorno y pueden originarse por preferencias durante el cortejo, o por incompatibilidades genéticas, que hacen que la descendencia de cruces entre diferentes poblaciones no resulte viable o fértil.

ESPECIE: se define como un grupo de poblaciones naturales cuyos individuos son capaces de aparearse entre sí y producir una descendencia viable.

ESTASIS. Período en la historia de un taxón durante el cual la evolución filética parece haberse detenido.

EVOLUCIÓN BIOLÓGICA: cambios primero molecular, después celular, y por último de organismos, a lo largo de la historia como resultado de mutaciones en el ADN, de su reproducción y de procesos de selección. Los caracteres adquiridos en vida no se heredan.

EVOLUCIÓN VARIATIVA: concepto que representa la teoría Darwinista por Selección Natural.

EXCLUSIÓN COMPETITIVA (PRINCIPIO DE GAUSE): es la hipótesis que sostiene que dos especies con requisitos ecológicos idénticos no pueden coexistir de manera estable en la misma localidad y que la especie que es más eficiente en la utilización de los recursos excluirá a la otra.

EXPERIENCIA: Vivencia personal de una situación repetida. Posee experiencia quien ha conocido una realidad existencial, no sólo teóricamente. Experiencia sensible: captación de lo

real a través de las facultades sensitivas de conocimiento. La escuela empirista hace de la experiencia sensible la única fuente válida de conocimiento.

EXTINCIÓN: desaparición de poblaciones de organismos, como consecuencia de la pérdida de hábitats, depredación e incapacidad para adaptarse a entornos cambiantes. Este término también se aplica a la desaparición de grupos taxonómicos superiores, como familias y órdenes. La extinción ha sido el proceso de evolución más importante que ha tenido lugar a lo largo de los 600 millones de años del archivo fósil.

FACTORES INDIVIDUALES: Características constitutivas estructurales y fisiológicas de los individuos que interaccionan con el medio ambiente favoreciendo o no la aparición de mutaciones.

FENOTIPO. Gama completa de producciones del genotipo, que incluye no sólo características estructurales sino también fisiológicas y conductuales.

FLUJO GÉNICO: puede generar microevolución cuando los cambios en los alelos de una población se deben a inmigraciones de nuevos individuos y a emigraciones de los existentes.

FRECUENCIA ALÉLICA: la proporción de un alelo particular en una población.

FRECUENCIA GÉNICA: la proporción de un gen particular en una población.

GAMETA. Célula reproductiva masculina o femenina.

GEN EGOÍSTA: Teoría formulada por E. O. Wilson en 1975, que refuta el concepto de especie considerándole una categoría intelectual humana, y para el que sólo tiene entidad la población. Desarrollada después como Escuela Sociobiológica, su reduccionismo llega a adoptar el punto de vista de los genes, que son los únicos que tienen existencia real, y como consecuencia, los individuos y sus comportamientos en las poblaciones sólo son estrategias génicas para garantizar su supervivencia y proliferación. Los genes "egoístas" rivalizan dotando a sus huéspedes (los organismos vivos) de una longevidad lo suficientemente prolongada como para llegar a reproducirse. Por consiguiente, todo comportamiento, incluido el humano, es automático y se rige por las leyes de la supervivencia del gen más fuerte.

GENES REGULATORIOS. Genes que controlan la actividad de otros genes.

GENOTIPO: La totalidad genética de los genes (información genética) de un individuo.

HEREDITARIO: que se transmite de generación en generación

HOLÍSTICO. Que considera las totalidades como más que la suma de sus partes, con énfasis en las propiedades que surgen de la organización.

INFERENCIA: Proceso lógico que permite derivar una consecuencia de una o más premisas. Expresión formalizada de un raciocinio, metodológico general que establece las formas de interconexión entre dos o más juicios o proposiciones, con el objeto de derivar una proposición verdadera.

INTUICION: Conocimiento por relación directa con el objeto conocido. Conocimiento por connaturalidad. Se opone a conocimiento intelectual o discursivo. Se habla en filosofía de la intuición sensible, y también (Bergson) de una intuición radical como fuente del conocimiento metafísico (intuicionismo).

La especie humana comparte el 98'4% del ADN con el de dos especies de chimpancé, el común y el pigmeo. La evolución depende sobre todo de mutaciones en los genes reguladores de los genes estructurales, que hacen que se activen o desactiven, más que de mutaciones en los mismos genes estructurales.

LEY DE LA CAUSA Y EFECTO: Para Hume esta ley de la asociación nos dice que tras la observación de la existencia de contigüidad espacial de dos hechos u objetos, de su sucesión en el tiempo y de la reiterada experiencia de estas relaciones entre ambos, se crea en nuestra mente la predisposición a evocar la idea del segundo (al que consideramos efecto) si está presente la idea del primero (al que consideramos causa).

LEY: Para Santo Tomás, la regla, precepto o mandato que descansa en la razón y según el cual algo es inducido a obrar. La tradición aristotélico-tomista distingue la ley eterna, la ley natural y la ley positiva.

MACROEVOLUCIÓN: se refiere a la creación de grupos taxonómicos situados por encima del nivel de las especies.

MECANISMOS DE AISLAMIENTO: Propiedades genéticas de los organismos (incluyendo rasgos de conducta) que impiden los cruzamientos entre poblaciones de diferentes especies que coexisten en la misma zona.

MEDIOAMBIENTE: conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la Tierra llamada biosfera, sustento y hogar de los seres vivos.

METAFORA: Transparencia de significación (analógica, poética, didáctica, etcétera).

MÉTODO - Procedimiento válido de adquirir conocimiento mediante el recurso a la razón y al análisis lógico.

MICROEVOLUCIÓN: Evolución advertida a nivel de la genética de las poblaciones.

MIGRACIÓN: desplazamiento masivo de animales, desde y hacia sus áreas naturales de reproducción, con carácter estacional o periódico. La migración generalmente se produce antes y después de la época de cría. Cambio de hábitat.

MIMETISMO. Parecido en color o estructura de los miembros de una especie con otras especies que son desagradables o venenosas.

MUTACIÓN: cambio del material genético. Puede afectar a cambios en un par de bases del ADN, en un gen específico o en la estructura cromosómica. La mutación en la línea germinal o relativa a las células sexuales, puede conducir a patologías genéticas o a cambios substanciales de la evolución biológica. En relación a las células somáticas la mutación constituye el origen de algunos cánceres y de ciertos aspectos del envejecimiento.

NARRATIVA HISTÓRICA. Argumento explicativo de hechos pasados cuya validez debe ponerse a prueba.

NEODARWINISMO. El paradigma darwinista original, salvo que rechaza la herencia de los caracteres adquiridos.

NIVELES DE SELECCIÓN. Cuando el objeto de la selección pertenece simultáneamente a dos categorías diferentes, por ejemplo el individuo y la especie. A menudo surgen dudas sobre la elección de los objetos de la selección. En el caso de la selección de especies, a fin de evitar la confusión, algunos autores prefieren emplear el término sustitución de especies o reemplazo de especies en lugar de selección de especies.

OBJETO (UNIDAD) DE SELECCIÓN. Entidad expuesta al proceso de selección natural o sexual.

PARADIGMA. Sistema de creencias, valores y generalizaciones simbólicas que, en un momento dado, predomina en una ciencia o rama científica.

PENSAMIENTO POBLACIONAL. La concepción de que en las poblaciones biológicas de organismos que se reproducen sexualmente todo individuo es único.

POBLACIÓN PANMÍCTICA: se llama así a una población formada por individuos de sexos separados y en donde no hay apareamientos preferenciales, por lo que cada gameto de un sexo tiene la misma probabilidad de unirse a un gameto del sexo contrario

POLIMORFISMO: Cualidad que presentan las poblaciones de estar constituidas por individuos genéticamente diferentes.

POSITIVISMO: Doctrina según la cual, el espíritu humano es incapaz de conocer la naturaleza interna y las causas reales de las cosas, de suerte que la prudencia, exige contentarse con establecer leyes concebidas como enunciado de sucesión constante y el filósofo se ocupe en realizar la síntesis de esas leyes.

POSTULADO: Proposición que se admite, aun sin posible demostración, como necesaria para una serie demostrativa.

POZA GÉNICA: Totalidad de los alelos de cada gen en una población. **ACERVO GÉNICO.**

PRAGMATISMO: Sistema filosófico que establece como criterio de verdad la utilidad en orden a la acción. Cosas o proposiciones son verdaderas en la medida en que sirven o muestran su eficacia práctica. Esta doctrina no niega la posibilidad del conocimiento, su posición no es negativa, por el contrario es positiva, suministra un nuevo concepto de la verdad. Para el Pragmatismo (de pragma: acción), lo verdadero significa lo útil, lo valioso, lo que fomenta la vida.

PRESIÓN AMBIENTAL: Influencia que ejerce el ambiente sobre las especies que obliga a éstas a competir por los recursos. Actúa regulando las poblaciones.

RADIACIÓN ADAPTATIVA: Es la formación más o menos repentina de muchos grupos nuevos, los cuales son capaces de emigrar hacia nuevos ambientes y de aprovecharlos.

RAZONAMIENTO ANALÓGICO - Razonamiento en el cual el proceso racional parte de lo particular y asimismo llega a lo particular en base a la extensión de las cualidades de algunas propiedades comunes, hacia otras similares.

RAZONAMIENTO DEDUCTIVO - Razonamiento en el cual el proceso racional parte de lo universal y lo refiere a lo particular; por lo cual se obtiene una conclusión

RAZONAMIENTO INDUCTIVO - Razonamiento en el cual el proceso racional parte de lo particular y avanza hacia lo general o universal. Es el caso general de las ciencias que proceden a partir de la observación o la experimentación, en que se dispone de un número limitado de casos, de los cuales se extrae una conclusión general

RECOMBINACIÓN GENÉTICA: Barajamiento y recolocación de los genes de un organismo durante la meiosis.

REDUCCIONISMO. La creencia de que los más altos niveles de integración de un sistema complejo puede ser plenamente explicado por medio de un conocimiento de los componentes más pequeños.

REFUTACION: Demostración del carácter ilógico de una proposición, o demostración de la contradictoria.

SALTACIONISMO. Teoría según la cual la evolución progresa por saltos (pasos discontinuos), no gradualmente.

SELECCIÓN DIRECCIONAL: favorece un extremo del espectro, por lo que el valor promedio se mueve lentamente hacia el extremo favorecido.

SELECCIÓN DIVERSIFICANTE (DISOCIANTE): favorece a dos o más subtipos, de manera que la población tiende a evolucionar hacia diversos subgrupos o nuevas especies.

SELECCIÓN ESTABILIZADORA: Hace que la población tienda a agruparse en un promedio a pesar de las constantes variaciones que se producen en cada generación.

SELECCIÓN NATURAL: en biología, proceso por el cual los efectos ambientales conducen a un grado variable de éxito reproductivo entre los individuos de una población de organismos con características, o rasgos, diferentes y heredables. Las características que inhiben el éxito reproductivo se hacen menos frecuentes de generación en generación. El incremento resultante en la proporción de los individuos que son reproductores eficaces mejora, a menudo, la adaptación de la población a su ambiente. De esta manera, la selección natural tiende a mejorar la adaptación al mantener aquellas adaptaciones que resultan favorables en un entorno estable (selección estabilizadora), o bien, al favorecer adaptaciones en la dirección adecuada ante cambios ambientales (selección direccional). Charles Darwin y Alfred Wallace fueron los primeros en 1858 en proponer este concepto.

SELECCIÓN PARENTELAR. Ventaja selectiva debida a la interacción altruista de individuos que comparten un sector del mismo genotipo, tales como hermanos, que tienen genotipos muy similares debido a la ascendencia común.

SÍNTESIS EVOLUCIONISTA. Unificación de las teorías de los genetistas poblacionales (anagénesis) con las teorías de los naturalistas (cladogénesis); síntesis del estudio del cambio y la adaptación genéticos con el estudio de la biodiversidad y sus orígenes.

SUBESPECIE. Conjunto de poblaciones locales de una especie que habitan una subdivisión geográfica de la esfera de acción de una especie y que difieren en forma taxonómica de otras poblaciones de la especie; subdivisión de una especie polítipica.

SUPERESPECIE. Grupo monofilético de especies estrechamente emparentadas y entera o mayormente alopátricas que son demasiado diferentes como para ser incluidas en una sola especie.

TAUTOLOGIA: Definición inútil o viciosa por incluir el término definido, o demostración que se apoya en lo que ha de demostrarse.

TAXÓN. Grupo monofilético de organismos (o de taxones inferiores) que pueden reconocerse por compartir un conjunto definido de caracteres,

TEORIA: Actividad especulativa o contemplativa por contraposición a la práctica. Opinión o sistema de pensamiento.

VALOR DE VERDAD - Grado de exactitud de la conclusión de un razonamiento, respecto de las posibilidades de validez admitidas por la lógica formal; que en la lógica clásica solamente puede ser “verdadero” o “falso”, no siendo admisible la existencia de valores de verdad intermedios, como podría ser lo “dudoso” o lo “imposible”.

VARIABILIDAD GENÉTICA: cambios en el acervo genético (poza génica), las frecuencias de los genes presentes en una población, en la aparición de un gen o en su desaparición.

VARIACIÓN: diferencias entre los individuos de una población. El término no se refiere a los cambios que experimenta un individuo a lo largo de su vida, como los que se deben al aprendizaje, ni a los cambios que se producen en una población a lo largo del tiempo (que reciben el nombre de evolución), ni a las diferencias entre los individuos de distintas especies. Sólo se refiere a las variaciones individuales dentro de una misma población o también a las diferencias entre los individuos de una especie. Sólo las variaciones debidas a la constitución genética pueden heredarse. Esas variaciones son necesarias para la evolución, pues la selección natural no tiene efecto en una población que carezca de variación genética.

VENTAJA ADAPTATIVA: Capacidad diferencial de un ser vivo, con relación a sus competidores, de sobrevivir y reproducirse en determinado ambiente.

Marcela Torreblanca
Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales
Universidad Nacional del Litoral
Santa Fe – Argentina
18 de agosto de 2009.

