

OBSTÁCULOS AL APRENDIZAJE DEL CONCEPTO ESTRUCTURANTE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA

BARRIERS TO LEARN THE STRUCTURAL CONCEPT OF BIOLOGICAL EVOLUTION

Araujo Llamas Roger¹
Ramírez Olaya Luis C. J.²

Resumen

Se contrastaron los obstáculos en el aprendizaje del concepto evolución biológica reportados en publicaciones especializadas en la enseñanza de las ciencias, con los en la implementación de un juego para enseñar evolución por selección natural. Lo anterior, se realizó mediante la revisión de antecedentes que permitieron identificar los obstáculos encontrados por otros investigadores y la puesta en marcha de la propuesta didáctica que posibilitó identificar y superar algunos de los mismos. Existen múltiples factores que dificultan la comprensión de la evolución biológica, componentes culturales, iconografía inapropiada, insuficiente preparación de los profesores, estrategias didácticas inadecuadas y apreciación negativa de la teoría evolutiva, son algunos de ellos. Por otra parte, algunas ideas previas propias del estudiante o transmitidas por el profesor pueden funcionar como obstáculos al aprendizaje de este concepto estructurante; el esencialismo biológico, las concepciones lamarckistas, la ortogénesis, la teleología, y no concebir el concepto de “miles de millones de años”, hacen parte de las explicaciones que los estudiantes suelen utilizar. Es pertinente señalar que, los obstáculos al aprendizaje de los estudiantes no son muy diferentes a los que tuvo que superar la biología para establecer su actual paradigma. Éstos, se superan en buena medida cuando se comprenden conceptos imprescindibles en el cambio de los sistemas vivos, como: especie biológica, población, variabilidad genética, herencia, azar, mutación, desarrollo ontogénico, filogenia, ancestro común, adaptación, selección natural y tiempo geológico.

Palabras Clave: Obstáculos al aprendizaje, Evolución biológica, representaciones, didáctica, selección natural.

¹ Estudiante Máster en Investigación Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia. rogeraraujollamas@gmail.com

² Licenciado en biología. Universidad Pedagógica Nacional. luicro@hotmail.com



Abstract

This article aims to contrast the obstacles encountered in the structural concept biological evolution, which were reported in scientific publications specializing in science education, with the findings encountered in the implementation of a game to teach evolution by natural selection. This investigation was conducted as a literature review, which permitted the identification of the obstacles found by previous investigators. Furthermore, these findings permitted implementation of a didactic strategy that allowed identifying and overcoming some of the encountered obstacles. There are multiple factors, which make the understanding of biological evolution difficult, such as cultural components, insufficient preparation by the teachers, inadequate didactical strategies, and negative appraisal of evolutionary theory. On the other hand, previous assumptions that are held by the students or transmitted by the teacher could function as obstacles in the learning process of this important concept, where biological essentialism, Lamarckian conceptions, orthogenesis, teleology and don't understand the vastness of time are part of the explanations that students often use. It is important to emphasize that the obstacles students face upon in order to learn do not differ vastly from the ones of which biological science had to overcome in order to establish its current paradigm. The students overcome these obstacles when understanding the main concepts of evolution, such as, biological species, population, genetically variation, inheritance, random, mutation, ontogenetic development, phylogeny, common ancestor, adaptation, natural selection and geological time.

Key Words: Barriers to learn, biological evolution, representations, teaching, natural selection

“Cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu nunca es joven. Es, incluso, muy viejo porque tiene la edad de los prejuicios” Gaston Bachelard (1971)

Introducción

La didáctica es un campo del conocimiento (Gil, Carrascosa, y Martínez, 1999) que se ocupa principalmente de la enseñanza y el aprendizaje, teniendo sentido cuando se enfoca a una disciplina, o a un concepto en particular, lo cual implica pensar qué obstáculos hay para aprenderlo, qué estrategias utilizar en la enseñanza, cómo organizar los contenidos y cuáles deben ser abordados. Por tanto, se ha de tener en cuenta que en biología, la mayor parte de sus teorías no se basan en leyes sino en conceptos (Mayr, 2006), que dan



cuenta de hechos o fenómenos naturales, que deberán ser comprendidos por los estudiantes con las estrategias sugeridas por los docentes.

De manera que, la evolución, el paradigma unificador de la biología, puede ser pensada como un hecho y una teoría (Futuyma, 1986). Es “el proceso responsable por la forma en que los organismos se ven, funcionan y actúan” (Kricher, 2006), además, puede ser concebida como un esquema conceptual o patrón temático (Lemke, 1990) que pretende dar una explicación histórica de los sistemas biológicos, constatando el porqué de la diversificación de los sistemas vivos, las características comunes entre organismos, el cambio gradual de las poblaciones y las diferencias en la supervivencia y reproducción de los individuos que las componen (Mayr, 1998).

En consecuencia, tratar la evolución como un concepto estructurante³, es una estrategia conveniente para trabajar en clase, porque posibilita analizar los razonamientos de las distintas teorías incluidas. Además, la comprensión de la evolución biológica posee una dificultad particular tanto para su enseñanza como para su aprendizaje. De ahí, que en la escuela sean frecuentes obstáculos (González, Adúriz, & Meinardi, 2005) (González, 2011), que para Gagliardi (1994) podrán ser básicamente de tres tipos: conceptuales, cuando el estudiante no posee los conceptos necesarios para poder integrar la nueva información; lógicos, cuando se dificulta organizar los procesos de causalidad en redes; y también hay obstáculos afectivos o emocionales, cuando el alumno rechaza una información porque es contraria a lo que piensa, o interfiere con algún tabú. En esos casos el alumno posee la capacidad para integrar la información pero no puede aceptarla.

Estas particularidades muestran la necesidad de contrastar los resultados obtenidos en investigaciones relacionadas con la enseñanza de la evolución biológica, aportando información valiosa a la hora de generar estrategias para el aprendizaje de este importante concepto. Para así, responder a la pregunta ¿Cuales son los obstáculos presentes en el aprendizaje del concepto estructurante de la evolución biológica?

En razón a lo anterior, el propósito de este artículo es el de contrastar los obstáculos reportados en publicaciones especializadas en enseñanza de las ciencias, hallados en el trabajo de grado “*contribución al estado del arte sobre la enseñanza de la evolución biológica 2005-2009*” (Araujo, 2010) con los encontrados en la implementación del *juego de simulación para enseñar*

³ “Los conceptos estructurantes no son “nuevos temas en un programa” sino objetivos generales que permiten construir nuevos conocimientos” (Gagliardi, 1986)



evolución por selección natural con insectos (Ramírez, 2012) para así determinar y validar en un conjunto los obstáculos del aprendizaje de la evolución hallados, sintetizándolos en el presente artículo.

Metodología

Es de tipo cualitativo, con un análisis de contenido en un modelo cerrado y consiste en la revisión de antecedentes que permitieron identificar los obstáculos encontrados por otros investigadores y la puesta en marcha de la propuesta didáctica que posibilita identificar y superar algunos de los mismos. De hecho, los antecedentes de investigaciones en relación con el aprendizaje de la evolución biológica son numerosos, y por ello vemos conveniente exponer los obstáculos que hemos encontrado tanto en el análisis de esas investigaciones como los encontrados en la implementación del juego.

En una primera fase se realizó una *recopilación bibliográfica* en la modalidad estado del arte de los obstáculos encontrados en la literatura (Anexo 1). Por su parte, en la segunda fase, dónde se desarrolló la *estrategia didáctica* del juego, la técnica utilizada fue el análisis de contenido cualitativo en un modelo cerrado (Gómez, 2000) permitiendo plantear categorías con la información sistematizada de los dos cuestionarios de selección múltiple utilizados (Jiménez, 1991; González, Adúriz y Meinardi, 2005).

La población bajo estudio fueron estudiantes de Quinto de primaria, y sus edades oscilan entre 9 y 12 años. La muestra corresponde a 128 estudiantes, distribuidos en tres instituciones educativas; Colegio Leonardo Da Vinci, de Santamaría Boyacá con 7 estudiantes; el Instituto Alberto Merani de Bogotá D.C. con 29 estudiantes; y el Colegio Campestre Maximino Poitiers de Bogotá D.C. con 92 estudiantes. En este último, 44 son del curso 5B, a quienes se les aplicaron todas las actividades e instrumentos y 46 alumnos corresponden a 5E donde se aplicaron todas las actividades menos el juego, esto con el propósito que funcionara como grupo control.

Por último, se analizaron y contrastaron los resultados obtenidos en ambas fases, teniendo como resultado una síntesis de los obstáculos encontrados, evidenciando continuidad y congruencia entre lo reportado por la literatura y lo encontrado en el análisis de la estrategia realizada.



Resultados y Discusión

Aunque las creencias religiosas, aspectos políticos y en general *factores culturales* dificultan la comprensión de la evolución biológica (Dawkins, 2009; Eldredge, 2009) y son elementos relevantes en la manera como asumen los profesores la teoría y su didáctica (Soto, 2009), existen otros factores que propician los obstáculos en el aprendizaje, como por ejemplo la *insuficiente preparación de los profesores* de secundaria para enseñar este concepto, junto a *estrategias didácticas inadecuadas* (Nehm y Schonfeld, 2007). También, el *estereotipo iconográfico* de la evolución biológica utilizado en los libros de texto genera dificultades para su comprensión (Ramírez, 2012).

Asimismo, una *apreciación negativa* de las consecuencias de la teoría evolutiva (Smith, 2010), más la presencia de valores e ideas religiosas tanto en estudiantes como en profesores, permiten transmitir a los estudiantes por una parte, concepciones erradas y por otra creencias y visiones negativas sobre el concepto. Así mismo, la *malinterpretación de la teoría evolutiva* en ciertos contextos principalmente durante la primera mitad del siglo XX, generó una visión transfigurada de ésta (Dawkins, 2004), justificada en fenómenos como la eugenesia y el "darwinismo social", generando una visión negativa de la evolución por parte de algunas personas en la actualidad.

Por otro lado, algunas *ideas previas* "(también preconceptos, representaciones, marcos o concepciones alternativas, y en algunos casos "ciencia intuitiva")" (Grau, 1993) de los estudiantes pueden funcionar como obstáculos, siendo necesario que sean conocidas por el profesor, por la presencia y persistencia de concepciones alternativas, no necesariamente asociadas al pensamiento religioso (Bishop y Anderson, 1990). Vale la pena aclarar que esos obstáculos, en ocasiones son transmitidos por los mismos profesores o por el contexto del educando y no necesariamente son una creación de algún proceso realizado por el alumno.

Por fortuna, los trabajos de indagación de ideas previas sobre evolución son frecuentes. Cavallo y McCall (2008) exploraron patrones entre las creencias de los estudiantes de secundaria sobre la teoría de la evolución y su comprensión conceptual. Se evidencia que los estudiantes pueden no expresar sus ideas y opiniones libre y abiertamente sobre evolución debido a la intensa controversia y prejuicios de otros (padres, profesores, compañeros). Como resultado, se mantienen las ideas previas, corroborando que las creencias profundamente arraigadas en una persona generan obstáculos emocionales, impidiendo que cambien en un corto periodo de tiempo. Los autores señalan que es importante



dar más tiempo y abordar el tema de manera profunda, teniendo en cuenta que:

“La evolución es multipropósito, de modo que los estudiantes pueden aprender la ciencia de lo que la teoría establece, el significado social de la misma y su importancia en la comprensión de la propia naturaleza de las ciencias, lo que significa que la teoría está apoyada en evidencia y explicaciones empíricas dadas por los datos”.

Por su parte, Baumgarther y Duncan (2009) y Ramírez (2012) resaltan que, a los estudiantes les cuesta comprender la variabilidad intraespecífica y cómo es necesaria para el cambio evolutivo. El no concebir el pensamiento poblacional induce una concepción tipológica de las especies o en otras palabras, *esencialismo biológico* (Dawkins, 2009), en el que todos los individuos son idénticos, y la selección natural tendría poco o nada que hacer. Los autores concluyen que después de la implementación de las clases se encuentra una respuesta positiva, es decir, un cambio de las *concepciones lamarckistas* a una mejor comprensión de la selección natural. De dichas concepciones, se puede señalar que el legado que Lamarck dejó en la ciencia, va más allá, siendo el primero en acuñar el término “biología” y el iniciador de la paleontología de invertebrados.

En realidad, el pensamiento lamarckista es bastante común, siendo un obstáculo para poder apropiarse de una manera adecuada el concepto de evolución (Jiménez, 1994); según esta misma autora tanto el direccionamiento, como la herencia de caracteres adquiridos hacen parte de nuestro sentido común, y la percepción que nuestra especie tiene del tiempo, hacen difícil comprender la naturaleza discontinua y la falta de direccionamiento del proceso evolutivo. Por tanto, la *ortogénesis*, en la cual “la naturaleza viviente tiene un esfuerzo intrínseco hacia la perfección” (Mayr, 2006), se hace evidente en los estudiantes cuando se pasa de una especie “menos” evolucionada a una “más” evolucionada y por tanto mejor.

Simultáneamente, el pensar que los organismos se transforman porque se necesita, donde “el motor del cambio es la *necesidad* de superar la dificultad que puede presentar el ambiente para la supervivencia” (González, et al, 2005), hace parte de los obstáculos más usuales, al igual que la *visión antropocentrista* de la evolución, en donde los humanos son la cumbre de la misma.



Por otra parte, la *teleología* es un obstáculo regular dentro de las explicaciones de los niños, puesto que los “procesos naturales parecen llevar automáticamente a un fin o meta definidos” (Mayr, 2006), siendo los sistemas vivos la manifestación de una intención, que para William Paley era la teología natural, que es utilizada por la corriente pseudocientífica llamada “diseño inteligente”, sustentada más en el ámbito político que académico (Ayala, 2008). Esta forma de interpretar la diversidad de lo vivo es común en las personas, y por eso es difícil comprender procesos claves de la evolución como la selección natural (Franciscati y Carmona, 2009). En este campo Gonzales (2011) considera que no es posible, ni deseable, que los estudiantes renuncien al pensamiento teleológico, y plantea tener una “vigilancia epistemológica” teniendo como referencia teórica el modelo de evolución por selección natural.

Es importante señalar y saber diferenciar la existencia de tres concepciones de evolución: *evolución transformativa*: que “se refiere al cambio gradual de un objeto; por ejemplo, el desarrollo de un huevo fecundado hasta transformarse en adulto” (Mayr, 1998). Por otra parte, la *evolución transmutativa* que “se aplica a la aparición repentina de un nuevo tipo de individuo, debido a una mutación importante o saltación” (Mayr, 1998), en donde la mutación y la selección ocurren en la misma generación o la mutación es producida por un agente mutagénico, y por tanto la causa mutagénica produce y selecciona a la mutación. Y por último, la *evolución variativa* donde “en cada generación se produce una enorme cantidad de variación genética, pero, entre los numerosísimos descendientes, sólo unos pocos supervivientes logran reproducirse.” (Mayr, 1998)

Por último, la *inmensidad del tiempo* en que transcurre el proceso evolutivo (miles de millones) requiere un conocimiento matemático que en muchas ocasiones no se tiene (Kerka, 1995), para afianzar dicha comprensión el uso de conversiones para ayudar a los estudiantes a visualizar magnitudes de este tipo, es una estrategia efectiva en el aula (Lewis, Lampe y Lloyd, 2009).

Conclusiones

Hay obstáculos propios de la edad para la construcción del concepto estructurante de evolución biológica (Grau Sánchez, 1993). Bajo ese enfoque la población estudiada se encuentra entre 9 y 12 años, en este rango no contemplan la variabilidad intraespecífica, y no hay una red causal entre variabilidad, eliminación, reproducción y adaptación. Sus explicaciones están dirigidas en términos lamarckistas, haciendo referencia a la necesidad o un intento de perfeccionarse, provocado por factores ambientales o el deseo



consciente del organismo de reaccionar ante el ambiente, también al uso y falta de uso, junto a la influencia ambiental sobre las características heredables. Lo anterior podría explicar porqué los obstáculos más frecuentes y que persisten después del juego son: necesidad, causación espontánea y la direccionalidad del cambio producida por un agente, obstáculos resistentes también reportados en la literatura estudiada.

Es pertinente señalar que los obstáculos al aprendizaje de los estudiantes no son muy diferentes a los que le tocó superar a la ciencia de la biología para establecer su actual paradigma (Ver anexo 1), esto sin desconocer en ningún momento el contexto de los alumnos, puesto que determina en gran medida el estado de conocimiento y creencias sobre el concepto.

Más aun, algunos de los obstáculos se han venido superando por el conocimiento científico, estableciendo de esa manera el fundamento de la biología contemporánea, para lo cual se erigieron conceptos imprescindibles en la comprensión del cambio de los sistemas vivos en el tiempo y el espacio. Unos de estos son: especie biológica, población (posibilita la concepción de la variabilidad intraespecífica), variabilidad interespecífica, competencia, programa genético (y acervo genético), herencia, azar, mutación, desarrollo ontogénico, filogenia, ancestro común, adaptación, evolución por selección natural y tiempo profundo.

Bibliografía

ARAUJO, R. (2010). Contribución al estado del arte sobre la enseñanza de la evolución biológica, 2005-2009 (trabajo de grado). Departamento de biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

AYALA, F. J. (2008). *Darwin y el diseño inteligente*. Alianza Editorial. Madrid.

BACHELARD, G. (1971). Por: DE CAMILLONI, A. R. (1997). *Los obstáculos epistemológicos en la enseñanza*. Barcelona: Editorial gedisa.

BAUMGARTNER, E. y DUNCAN K. (2009). Evolution of student's ideas about natural selection through a constructivist framework. *The American Biology Teacher*.71 (4), 218.

BISHOP, B.A. y ANDERSON, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(5), 415.427



CAVALLO A. M. L. y Mc CALL, D. (2008). Seeing May Not Mean Believing: Examining Students Understanding and Beliefs in evolution. *The American BiologyTeacher*. 70 (9)

DAWKINS, R. (2004). *El cuento del antepasado. Un viaje a los albores de la evolución*. Antoni Bosch, editor S.A. Barcelona.

DAWKINS, R. (2009). *The Greatest Show on Earth: The Evidence for Evolution*. Free press. United States.

ELDREDGE, N. (2009). *Darwin. El descubrimiento del árbol de la vida*. Buenos Aires. Katz Editores.

FRANCISCATI, S. CARMONA L. (2009). O homem veio do macaco? O que pensam os alunos da 3ª serie do ensino medio sobre a evolucao humana. *Enseñanza de las Ciencias. Número VIII congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*. Barcelona, pp. 1453-1456.

FUTUYMA, D. (1986). *Evolutionary Biology (Second Edition)* . Sunderland, Massachusetts. USA.: Sinauer Associates Inc.

GAGLIARDI, R. (1994). *Obstáculos al aprendizaje - obstáculos a la enseñanza en contextos multiculturales*. Ginebra - Suiza: UNESCO.

GAGLIARDI, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza De Las Ciencias*. 4 (I), 30-35.

GIL, D.; CARRASCOSA, J. Y MARTÍNEZ, F. (1999). El surgimiento de la didáctica de las ciencias como campo específico de conocimientos. *Educación y Pedagogía*. Vol. XI No. 25

GONZÁLEZ, L. M. (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

GONZÁLES, L, ADÚRIZ, A., & MEINARDI, E. (2005). El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. *Enseñanza de las ciencias*, Número extra. VII congreso , p. 1-6.



- GÓMEZ, M. (2000). Análisis de contenido cualitativo y cuantitativo: Definición, clasificación y metodología. *Revista de Ciencias Humanas*. No. 20.
- GRAU, R. (1993): Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1): 87-89.
- JIMÉNEZ, M. D. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza De Las Ciencias*. Vol. 9, No 3 , p. 248-256.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P. (1994). Teaching evolution and natural selection: a look at textbooks and teachers. *Journal of Research in Science Teaching* Vol. 31, pp. 519-535.
- KERKA, S. (1995). Not just a number: Critical numeracy for adults. ERIC Digest no.163. <http://www.calproonline.org/eric/textonly/docgen.asp?tbl=archive&ID=A012> (Fecha de consulta: 22 mayo 2013).
- 1KRICHER, J. (2006). *Un compañero neotropical. Una introducción a los animales, plantas, y ecosistemas del trópico del Nuevo mundo*. Estados Unidos de América: Editores de la versión en español: Álvaro Jaramillo y Luis Segura.
- LEMKE, J. L. (1990). *Talking science: Language, learning, and values*. Norwood, NJ: Ablex.
- LEWIS, S. E., LAMPE, K. A. Y LLOYD, A. J. (2009). Una Vez en un Millón de Años: Como Enseñar el Tiempo Geológico. http://www.actionbioscience.org/esp/educacion/lewis_lampe_lloyd.html. (Fecha de consulta: 22 de mayo 2013)
- MAYR, E. (1998). *Así es la Biología*. Madrid: Ediciones Debate.
- MAYR, E. (2006). *Por qué es única la biología*. Buenos Aires: Katz Editores.
- NEHM, R. H. y SCHONFELD, I. S. (2007). Does Increasing Biology Teacher Knowledge of Evolution and the Nature of Science Lead to Greater Preference for the Teaching of Evolution in Schools?. *J Sci Teacher Educ*. 18.699–723.
- RAMÍREZ, L. C. J. (2012). Juego de simulación para enseñar evolución por selección natural con insectos. *Memorias tercer congreso EDUCyT -- problemas sobre la enseñanza, aprendizaje y evaluación de las ciencias naturales*. Pasto, Colombia.

RAMÍREZ, L. C. J. (2012). Iconografía de la evolución biológica en los textos escolares de ciencias naturales. (Presentes en la biblioteca de la I.E.D. Juan Lozano y Lozano. Bogotá D.C.). *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* Vol. 5 No 9. Monográfico de Evolución. p. 38-50.

SMITH, M. (2010). Current Status of Research in teaching and Learning Evolution: I. Philosophical/ Epistemological Issues. *Science and Education*, 19(4-8), p. 523-538.

SOTO-SONERA, J. (2009). Influencia de las creencias religiosas en los docentes de ciencia sobre la teoría de la evolución biológica y su didáctica. *Rmie*, abril-junio, vol. 14, núm. 41, pp. 515-538.

Anexo 1

Obstáculo	Época	Personaje histórico
Fijismo de las especies	540 - aC	<u>Parménides</u> . El mundo se configura como un conjunto de entes inmutables por la discontinuidad ontológica.
	384 - 322 Ac	<u>Aristóteles</u> . Filósofo esencialista. Los individuos son idénticos y perfectos, por tanto no cambian.
	1769 - 1832	<u>G. Cuvier</u> . Las especies son entidades fijas a partir de su creación (Neptunista)
Edad de la Tierra (Tiempo geológico)	1581- 1656	<u>J. Ussher</u> . Artífice de la cronometría bíblica de la Tierra (Desde su creación tiene 4004 aC)
Vitalismo	1660 - 1734	<u>Ernst Stahl</u> . Los organismos poseen una fuerza vital que los distingue entre sistemas vivos y no vivos.
	1859 - 1941	<u>H. Bergson</u> . Postuló una fuerza metafísica (élan vital), la cual no tenía una naturaleza finalista, pero fue utilizada por algunos vitalistas.



Teleología	1743 - <u>W. Paley</u> . Los organismos son la materialización de una intención.
	1805
	1744 - <u>J. Lamarck</u> . Presenta una escala de la naturaleza ascendente en la disposición de los organismos.
Ortogénesis	1829
	1881 - <u>P. Teilhard de Chardin</u> . La evolución es un proceso progresivo preparado para producir al ser humano (conciencia)
	1955
	Final siglo XIX <u>T. Eimer y W. Haacke</u> . La evolución es dirigida hacia direcciones predeterminadas por factores internos
Necesidad	1744 - <u>J. Lamarck</u> . La adaptación es producto de la voluntad del organismo. Los cambios ocurren porque se necesita.
	1829
Noción Tipológica de especie	427 - <u>Platón</u> . Los miembros de una clase son idénticos, constantes y separados de otras esencias.
	347
	aC
	Se consideran los cambios en los organismos individuales y no el cambio en la frecuencia génica de la población como resultado de la variación y posterior selección.
Antropocentrismo	1744 - <u>J. Lamarck</u> . La cúspide de la evolución la ocupan los humanos.
	1829
Direccionalidad del cambio producido por el agente.	El agente mutagénico (físico y químico) dirige el cambio sobre un gen específico.
Causación espontánea	Causa: presencia de un antibiótico, piojicida, cucarachicida; efecto: aparición de la resistencia
No se diferencia agente	No se reconoce por qué y en qué

mutagénico de agente selectivo	<p>momento surge la mutación, ni cómo ocurre la selección natural. El agente externo es mutagénico y selectivo; produce el cambio y selecciona favorablemente los organismos que lo presentan.</p>
La selección procede sobre la misma población sometida a cambios.	<p>Mutación y selección se producen sobre la misma generación de organismos. No se consideran los cambios genéticos heredables por la descendencia.</p>
Mutante somático <i>(evolución transmutativa)</i>	<p>Las películas aportan para este tipo de idea. (X men, Spiderman, Hulk, etc.) Expuestos a mutagénico cambiaron rápidamente.</p>
	<p>1848 - <u>H. de Vries</u>. La especie se origina a través de modificaciones abruptas producidas espontáneamente dando lugar a formas nuevas.</p>
	<p>1935</p>
	<p>1878 <u>R. Goldschmidt</u>. Plantea la idea del “monstruo prometedor”.</p>
	<p>–</p>
	<p>1958</p>
Evolución transformativa.	<p>Incluye todo cambio que se da en los sistemas materiales, siempre que tenga una dirección.</p>

Cronología de los obstáculos al aprendizaje del concepto evolución biológica. (Incluye los obstáculos identificados por González; Adúriz y Meinardi (2005))

