



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR  
(MADEMS)  
FACULTAD DE CIENCIAS  
BIOLOGÍA**

***LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA EVOLUTIVA EN EL BACHILLERATO  
PARTIENDO DE OBSTÁCULOS EN LAS REPRESENTACIONES VISUALES***

**TESIS  
QUE PARA OPTA POR EL GRADO DE:  
MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR  
(BIOLOGÍA)**

**PRESENTA:  
BIOL. JORDAN WILLIAM CRUZ CASTILLO**

**TUTORA:  
DRA. ERICA TORRENS ROJAS  
FACULTAD DE CIENCIAS**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# LA ENSEÑANZA DE LA TEORÍA EVOLUTIVA EN EL BACHILLERATO PARTIENDO DE OBSTÁCULOS EN LAS REPRESENTACIONES VISUALES

Jordan William Cruz Castillo

Esta tesis recibió el apoyo de los siguientes proyectos y programas:

La beca de maestría otorgada por la Coordinación de Estudios de Posgrado de la UNAM, para la dedicación de tiempo completo a mis estudios.

El proyecto IN400318 *Ecología Queer y Filosofía Ambiental. Articulaciones conceptuales entre naturaleza y naturaleza humana* a cargo de la Dra. Siobhan Fenella Guerrero McManus financiado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la DGAPA-UNAM.

El Programa de Apoyo a Estudiantes de Posgrado (PAEP) de la UNAM, para mi participación como ponente en el Congreso de la *International Society for the History Philosophy and Social Studies of Biology*, 2019, llevado a cabo en Oslo, Noruega.

El Programa de Movilidad Internacional de la UNAM, para la realización de una estancia de investigación en el Grupo de Didáctica de la Biología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires - Argentina.

*La mayor fuerza de la utopía reside en la convicción  
de que se puede vivir, y por tanto educar, de otras maneras.*

Susana Quintanilla, 1985

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer a mi tutora la Dra. Erica Torrens por acompañarme en este proceso y, sobre todo, por promover mi interés por la cuestión visual de la educación científica. Su disposición y guía fueron fundamentales para hacer de mi maestría una experiencia inolvidable y sobre todo enriquecedora.

A la Dra. Martha Diana Bosco por aceptar formar parte de mi comité tutor, por sus comentarios y sugerencias que le dieron mucho más sentido a mi trabajo. Por sus inolvidables clases, por su entusiasmo y compromiso con los estudiantes, por su confianza.

A la Dra. Ana Barahona por aceptar formar parte de mi comité tutor, por sus sugerencias y su optimismo hacia mi trabajo. Por permitirme compartir experiencias en el laboratorio de Estudios Sociales de la Ciencia, por ser un ejemplo de éxito y compromiso.

A mis sinodales. A la Dra. Lilian Álvarez por su lectura detallada, por sus comentarios y sugerencias; agradezco también su afabilidad y disposición para ayudarme a terminar en tiempo y forma. A la Dra. Arlette López por su lectura y el entusiasmo por mi trabajo, por sus sugerencias y comentarios.

A la M. en C. Ma. Alicia Villela por ser un constante apoyo en este proceso, por resolver dudas y orientarme. Por su confianza y mano amiga en la vida profesional y personal.

Al Dr. Leonardo González Galli, a la Dra. Elsa Meinardi, al Dr. Gastón Pérez, a la Dra. Mariví Plaza y al Dr. Agustín Adúriz (miembros del Instituto Cefiec, Argentina) por abrirme las puertas de su espacio de trabajo, por compartir sus perspectivas en la didáctica de las ciencias, por mostrarme que la construcción de un espacio con ideales compartidos es posible.

A mis amigos y colegas. Al Biol. Marco Ornelas, por compartir ideas y experiencias que marcaron el rumbo de mi trabajo, por sus sugerencias, sus lecturas constantes y comentarios. A la Antrop. Fis. Martha Lucía Granados por el constante intercambio de ideas y reflexiones, por hacer de las dudas e incertidumbres espacios de reflexión, por ser una mano amiga. A la Biol. Etzalli Ezquivel por su entusiasmo, su apoyo, por compartir experiencias, por siempre escuchar y sus consejos. Al Biol. Mat. Jasiel Valencia por dudar y hacerme dudar, por compartir discusiones y su apoyo constante. A la Biol. Luz Ruiz y Limón por ser un ejemplo de compromiso, constancia y claridad.

A la M. en D. Marina Ruiz, por recordarme que la vocación es el camino, por su entusiasmo y comentarios hacia mi trabajo. A la M. en D. Diana M. Reyes por brindarme la oportunidad

de cursar a distancia, por compartir experiencias profesionales, su confianza y consejos. A la M. en C. Violeta Mendes, por permitirme realizar mi práctica docente con algunos de sus grupos en la ENP 8.

A mis profesores y profesoras de la maestría. Al M. en D. Juan Briones por su empatía, por compartir sus ideales y ser un ejemplo a seguir. A la Dra. Luz Lazos por sus recomendaciones de lecturas, por su entusiasmo hacia mi trabajo. A la Dra. Nora Galindo por su visión humana y comprometida. Al Dr. José Campillo y al Dr. Rodrigo Jácome por permitirme cursar su materia del posgrado de ciencias biológicas, por su frescura y claridad.

A mis compañeros y amigos de la maestría. A la Biol. Lorraine Mercado por ser una compañera ejemplar y una entrañable amiga. A la Biol. Melba Aguilar por ser un ejemplo de lucha con la vida (QEPD). A la Biol. Martha Rayón por su serenidad, compromiso y un ejemplo de esfuerzo constante. A la Biol. Cristina Hernández por su afabilidad y compañerismo ejemplar. A la Biol. Ana Mendoza por su rectitud y carácter virtuoso. Al Biol. Mauricio Gómez por su entusiasmo, consejos y por su mirada visionaria. A la Biol. Diana Monroy por su frescura y entusiasmo. Al Biol. Osiris Torres por su espontaneidad y gallardía.

A la Mtra. Susana Lira por permitirme formar parte del CCH Sur y confiar en mi desempeño. A todas mis alumnas y alumnos del colegio que hicieron posible este trabajo gracias a su disposición y empeño en las actividades.

A las personas del posgrado. Al Mtro. Víctor Hugo Sámano por su apoyo y afabilidad. A la Mra. María Elena Navarro y al Lic. Guillermo Meneses, por su apoyo durante mi estancia en Argentina, por su preocupación por mi bienestar. A la Ing. Alexia Gil y a la Sra. Georgina Ramírez por su apoyo en los trámites.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser mi respaldo, por mostrarme el camino y brindarme oportunidades de realización personal y profesional.

## DEDICATORIAS

A Melba, partiste antes y no pudimos despedirte.

Un abrazo.

A mi entrañable familia. Mi mamiringa, mi papiringo, a mi hermanostro y a freyusquina.

Por estar siempre presentes y ponerme los piés sobre la tierra.

A mis pequeñas amigas: Mela, Yose y Dani.

Por invitarme a explorar mundos imaginarios.

Por las risas compartidas.

A mi numerosa familia.

Abuelita Gacha, tías, tíos, primas, primos y hasta sobrinos.

Por quererme.

A mis amigos y amigas, la familia que elegí y me eligió.

Gustavo, mi hermano perdido.

Malú, Gabi y Lele, el trío perfecto y dinámico.

Marcos, étereo e inalcanzable.

Nicole, mi confidente.

Aliz, por ser quién eres y cómo eres.

Etzalli, por tu picardía y ser 2.0.

Dolo, alma virtuosa, por las charlas entre ´ches´.

Jasielo, por la cosa seria y no seria.

Lili, Annette, Lorraine, Luz, Edith por más pizzas y hamburguesas juntas.

Por seguir soñando.

## RESUMEN

Enseñamos y aprendemos con imágenes. En la ciencia las imágenes cumplen un papel central, algunas de ellas representan la esencia misma del conocimiento científico. No es extraño que los libros de textos científicos estén repletos de diferentes tipos de representaciones. Las imágenes en ciencia movilizan un tipo particular de saberes y demandan formas específicas de apropiarse de estos. Esta apropiación está condicionada por nuestra capacidad de “ver lo que ven los científicos”; en este sentido, no es lo mismo apreciar una obra de arte que una representación científica.

La evolución biológica ha sido un tema de especial atención en la enseñanza de las ciencias naturales, particularmente de la biología. El pensamiento evolutivo es indispensable para la formación de una actitud crítica; su correcto entendimiento ha sido el blanco de muchos esfuerzos y algunos tropiezos. Sobre los tropiezos, hubo uno en particular que ha acarreado una serie de malos entendidos, y tiene ver con una cuestión visual: *La marcha del progreso*. Se reconoce que en la cultura occidental están presentes imágenes sobre el tema que promueven ideas equivocadas. Particularmente *La marcha* se ha mantenido a pesar de que varios teóricos nos advirtieron de los problemas que ésta podría acarrear; dicha representación materializa varios de los obstáculos que se han identificado en el aprendizaje de la teoría evolutiva.

La presente tesis es una propuesta para tratar con ideas equivocadas sobre la teoría evolutiva y utiliza como punto de partida distintas imágenes (representaciones visuales) de la evolución biológica. La intervención didáctica articula en distintos momentos y con distintas actividades imágenes particulares del proceso evolutivo, *La marcha del progreso* es el punto de partida. Las imágenes permitieron identificar obstáculos en el aprendizaje, problematizar ideas, desarrollar ideas nuevas y valorar aprendizajes.

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	4
DEDICATORIAS .....	6
RESUMEN.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	10
IDEAS QUE ENMARCAN ESTE TRABAJO .....	12
La cuestión visual en la educación.....	15
Imágenes problemáticas sobre evolución .....	18
De representaciones a obstáculos en la enseñanza .....	20
Sobre la intervención.....	22
Enseñar con y desde las imágenes.....	23
PRIMERA PARTE.....	26
CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN Y CONFUSIÓN .....	27
Evolución: lo que se acepta de la teoría .....	28
Una aceptación que tiene historia.....	31
Generaciones sin fundamentos sobre evolución.....	32
Confusión: lo que no se comprende de la Teoría.....	33
Confusión que obstaculiza .....	35
Algunas reflexiones previas .....	36
Reflexión.....	39
Los obstáculos: una confusión con niveles .....	39
El problema de las creencias científicas.....	40
¿Y los obstáculos epistemológicos? .....	41
CAPÍTULO II: REPRESENTACIÓN Y EVOLUCIÓN .....	43
Un mundo de imágenes.....	43
Atravesar muros.....	44
Evolución en imágenes .....	45
Iconos del pensamiento evolutivo en la historia.....	46
Otros referentes visuales al pensar la evolución.....	49
Imágenes de la evolución en México .....	52
“EL” ícono de la evolución: La Marcha del Progreso.....	53
“EL” ícono de la evolución es “EL” problema.....	55
SEGUNDA PARTE .....	57
CAPÍTULO III: ENSEÑAR EVOLUCIÓN CON IMÁGENES.....	58
Imágenes, más que simples adornos.....	58
Aprender a mirar, un acto de normalización.....	59
Expresar y desarrollar ideas con imágenes .....	61

Actividades propuestas para expresar y desarrollar ideas sobre evolución.....	63
Actividad de inicio o planteamiento de problemas.....	64
Actividad de identificación de otras formas de explicar.....	64
Actividades de estructuración de conocimiento .....	66
Actividades <i>de generalización</i> o cierre.....	69
Consideraciones técnicas sobre la propuesta en práctica de las actividades.....	70
Sobre el abordaje.....	71
<b>CAPÍTULO IV: PENSAR LA EVOLUCIÓN CON IMÁGENES .....</b>	<b>73</b>
Dibujar obstáculos (Primera parte).....	73
¿Qué y cómo expresa una idea en su dibujo?.....	74
¿Cómo y qué interpreto de los dibujos?.....	76
Alternativas visuales para pensar en la evolución (Segunda parte).....	86
Ver ideas distintas.....	86
Una imagen “árida”.....	88
Soporte visual en las descripciones.....	88
Modelos visuales personales (Tercera parte).....	89
<b>CAPÍTULO V: IMAGINARIOS SOBRE EVOLUCIÓN REMASTERIZADOS</b>	
<b>(DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES) .....</b>	<b>98</b>
Reflexión sobre mi práctica docente .....	102
<b>PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA.....</b>	<b>104</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>118</b>
<b>MATERIAL ADICIONAL DE APOYO .....</b>	<b>123</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. BOCETO DE UN DIAGRAMA QUE SE RAMIFICA, DIBUJADO POR CHARLES DARWIN EN SUS CUADERNOS DE NOTAS (1837), QUE MUESTRA LAS RELACIONES EVOLUTIVAS SUPUESTAS ENTRE DISTINTOS GRUPOS.....	46
FIGURA 2. DIEGO VALADÉS (1579): LA GRAN CADENA DEL SER.....	47
FIGURA 3. CHARLES BONNET (1764): SCALA NATURAE .....	47
FIGURA 4. “ALEGORÍA DEL ÁRBOL DE LA VIDA”, FECHADA EN 1653 Y FIRMADA POR EL PINTOR IGNACIO DE RIES.....	48
FIGURA 5 ANTHROPOGENIE (1874), ERNST HAECKEL .....	48
FIGURA 6. EJEMPLO DE CLADOGRAMA.....	49
FIGURA 7. EJEMPLO DE IMAGEN DE ESTRUCTURAS HOMÓLOGAS.....	50
FIGURA 8. EJEMPLO DE IMAGEN DE LOS <i>EMBRIONES DE HAECKEL</i> .....	50
FIGURA 9. EJEMPLO DE IMAGEN DE <i>ARCHEOPTERYX</i> .....	50
FIGURA 10. EJEMPLO DE IMAGEN DE PINZONES DE DARWIN .....	50
FIGURA 11. EJEMPLO DE IMAGEN DE <i>LAS POLILLAS</i> .....	50
FIGURA 12. EJEMPLO DE IMAGEN DE SECUENCIA DE CABALLOS .....	50
FIGURA 13. EJEMPLO DE IMAGEN DE LA MARCHA DEL PROGRESO .....	51
FIGURA 14. EJEMPLO DE IMAGEN DE LA SECUENCIA DE CABALLOS EN EL LIBRO 6º AÑO DE PRIMARIA DE LA SEP. ....	52
FIGURA 15. EJEMPLO DE IMAGEN DE <i>ESTRUCTURAS HOMÓLOGAS</i> EN EL LIBRO 6º AÑO DE PRIMARIA DE LA SEP.....	52
FIGURA 16. EJEMPLO DE IMAGEN DE <i>LA MACHA DEL PROGRESO</i> EN UNA MONOGRAFÍA .....	53
FIGURA 17. EJEMPLO DE IMAGEN DE LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE EN UNA MONOGRAFÍA.....	53
FIGURA 18. ILUSTRACIÓN DEL LIBRO <i>MAN’S PLACE IN NATURE</i> DE THOMAS HENRY HUXLEY (1863) .....	53
FIGURA 19. VERSIÓN EXTENDIDA DEL DIBUJO DE RUDOLF ZALLINGER (1965) .....	54
FIGURA 20. VERSIÓN RESUMIDA DEL DIBUJO DE RUDOLF ZALLINGER (1965) .....	54
FIGURA 21. EVOGRAMA DE LA EMERGENCIA DE LA ESPECIE HUMANA .....	67
FIGURA 22. PROPUESTA DE REPRESENTACIÓN DE ALUMNA.....	90
FIGURA 23. PROPUESTA DE REPRESENTACIÓN DE ALUMNO.....	90
FIGURA 24. PROPUESTA DE REPRESENTACIÓN DE ALUMNA.....	91
FIGURA 25. PROPUESTA DE REPRESENTACIÓN DE ALUMNO.....	91
FIGURA 26. REFLEXIÓN HECHA POR UNA ESTUDIANTE RESPECTO A LA IMAGEN DE LA MARCHA DEL PROGRESO.....	98



Tomado de *Potentes, prepotentes e impotentes* (p. 33), por Salvador, Joaquín (Quino).  
Editorial Penguin Random House, México.

## IDEAS QUE ENMARCAN ESTE TRABAJO

Esta primera parte resulta de un ejercicio por esclarecer las principales ideas a partir de las cuales sustentó mi tesis, y llevar a la mesa el proceso de construcción de la misma. Es un ejercicio personal que sirve de ayuda también para mis lectores dado que expongo mis intenciones, intereses, líneas de investigación que seguí, y quizá en algunos momentos las motivaciones. Espero que esto permita situar a aquél que me está leyendo.

Como primer punto quiero aclarar que esta tesis fue desarrollada dentro de un programa de maestría que tiene como principal objetivo fortalecer el ejercicio docente (el qué y cómo hacemos para que un estudiante aprenda) en aulas de nivel medio superior. Aquí planteo una primera consideración sobre cómo fortalecer el ejercicio docente: debemos alejarnos de la visión tradicional de la educación y pensar nuestro quehacer desde una visión constructivista.

Pensar el proceso de enseñanza-aprendizaje desde una visión constructivista implica cambiar el verbo “transmitir” por “construir”, lo cual determina una imagen distinta del estudiante. La primera considera al estudiante como una vasija vacía que se llena de conocimiento; es mucho más fácil trabajar con un *estudiante vasija* porque el docente resulta ajeno a los múltiples factores que se ha comprobado que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y lo único que hace es pararse frente a un grupo a intentar transmitir lo que sabe. La segunda imagen, “construir”, dibuja a un estudiante como una mezcla de barro cuya forma final no estará definida sino hasta que con el sol adquiera firmeza. Comparado con el *estudiante vasija*, el trabajo con el *estudiante de barro* es más elaborado y sin duda requiere un compromiso mayor. Pensar a un *estudiante de barro* implica considerar de qué está hecho, cómo y qué forma se le quiere dar; y así el ejercicio docente moldea estudiantes, moldea personas.

En ocasiones pareciera que algunos docentes se oponen a este cambio, sostienen que “durante su experiencia han comprobado que lo que funciona es el trabajo a la antigua” (Anónimo, comunicación personal, agosto de 2019), apelan a la tradición. El cambio da miedo, requiere de “salir de la zona de confort” y hacer las cosas de una manera distinta, dejar atrás el “como

se ha venido haciendo”. La discusión eterna entre si debemos apostar a la experiencia o a la innovación. ¿Y si mejor apostamos a la innovación basada en la experiencia?

Me es fácil tejer redes entre temas que en apariencia están distantes, lo hago todo el tiempo, a veces podría ser contraproducente, lo cierto es que me resulta imposible no hacerlo. Lo menciono porque así surgió esta tesis, de un entretrejo de temas. Un primer enlace viene de este paso de “transmitir” a “construir”, que me parece es un cambio de paradigma a partir de la lectura del libro *La estructura de las revoluciones científicas* de Thomas Kuhn (1962). Desde mi lectura, un cambio de paradigma es superar la tradición, teniendo presente qué si y qué no sirvió de esa tradición. Un cambio de paradigma sería innovar desde la experiencia. La educación tradicional está tan normalizada que cuesta trabajo salir de la zona de confort, pareciera que en ocasiones nos rehúsamos al cambio; lo peor de todo es que muchas veces los estudiantes forjan ese proceso de normalización al formar parte de éste y no ser conscientes de ello. Kuhn escribió: “los estudiantes de ciencias aceptan teorías por la autoridad del profesor y de los textos, no a causa de las pruebas” (p.133).

El proceso de normalización de la educación tradicional está dominado por esta disposición inicial del estudiante de aceptar algo como verdadero sin tener pruebas como justificación. Es aquí donde se entrelaza también la consideración que Luis Villoro hace sobre el conocimiento en *Crear, saber y conocer* (1996). Villoro sostiene que el conocimiento tiene niveles, siendo la creencia el más bajo; cuando un estudiante no tiene argumentos para justificar una afirmación se encuentra en el nivel de creencia. La educación tradicional es pobre en este sentido, puesto que cuando un estudiante acepta algo como verdadero sin cuestionar al docente o al libro que está leyendo, para examinar y hacer suyos o rechazar los argumentos que lo sostienen, se trata de una *vasija* llena de creencias.

No importa que las creencias sean verdaderas, lo cual ocurre la menor de las veces, porque son insuficientes para desarrollar un pensamiento crítico -el cual en la actualidad es una demanda a nivel mundial-, puesto que éste supone una actitud de duda respecto a lo que se dice sobre el mundo, sin importar de qué fuente provenga. La aspiración de la educación debe ser no únicamente enseñar para opinar sobre un determinado tema, sino también brindar

conocimiento de ese tema. Para Villoro esta distinción es muy clara, y a mi parecer encaja perfectamente con una visión constructivista de la educación. Saber sobre algo implicaría aportar razones que justifiquen una afirmación de ese algo, por otro lado, y en un nivel más elevado, conocer implica una relación más estrecha y personal con lo que se conoce, supone una experiencia, una capacidad para predecir escenarios y dotar de significado expresiones variadas de lo que se está conociendo.

Ahora bien, considero que en la enseñanza de la ciencia hace falta un cambio de paradigma más, la concepción que se tiene acerca de la ciencia misma. De entrada, no podemos enseñar ciencia sin ser conscientes de qué concepción tenemos de ella. Por un lado, una concepción idealizada (tradicional) plantea a la ciencia como ajena a cualquier interés que no sea el de conocer la realidad tal cual es. Por otro lado, una concepción constructivista reconoce a la ciencia como sujeto de las influencias particulares del sujeto que conoce, del lugar y del momento. Curiosamente me parecen muy similares las visiones de la educación con las de la ciencia ¿será que la educación siempre ha tenido a la ciencia como referente inmediato?

En *Una introducción a los estudios de la ciencia y la tecnología* de Sismondo (2010) es posible reconocer cómo los científicos hemos pasado de una concepción fundamentalista-positivista hacia una concepción semántica del conocimiento científico. La primera correspondería a la educación tradicional, la segunda a una noción constructivista de la educación. Una noción que es central en estas distintas concepciones sobre el conocimiento científico es si la ciencia parte de cero o si existe detrás un bagaje teórico; si la ciencia revela o construye.

*Grosso modo*, en una visión fundamentalista se considera que la ciencia revela hechos captados por un sujeto con motivos genuinos de conocer su entorno, ajeno a cualquier agente externo. Por el contrario, la visión constructivista de la ciencia sitúa a un sujeto específico que conoce dentro de contextos particulares y con herramientas particulares que dotan de significado aquello que está conociendo. Además, concebir a la ciencia como una construcción implica situarse en contextos sociales, políticos y económicos específicos.

El primer capítulo -Observación- del libro *Patrones de descubrimiento. Una investigación sobre los fundamentos conceptuales de la ciencia* de Hanson (1958), da un paso crucial para promover una noción constructivista de la ciencia al sostener que hay un ir y venir entre teoría y observación. Desde esta perspectiva la ciencia revela construyendo un determinado fenómeno: siempre hay un estado previo que precede un estado avanzado de conocimiento.

Por lo anterior sostengo que tener una visión constructivista de la ciencia implicaría tener también una visión constructivista de la educación. Entonces un primer paso para mejorar nuestro ejercicio docente es aplicar estas perspectivas a nuestras reflexiones sobre cómo enseñamos ciencia y cómo la aprenden los estudiantes. Y es a partir de esta reflexión que traigo a la mesa las representaciones visuales.

### **La cuestión visual en la educación**

En *La estructura de las revoluciones científicas*, Kuhn escribe:

Al mirar el contorno de un mapa, el estudiante ve líneas sobre un papel, mientras que el cartógrafo ve una fotografía de un terreno. Al examinar una fotografía de cámara de burbujas, el estudiante ve líneas interrumpidas que se confunden, mientras que el físico ve un registro de sucesos subnucleares que le son familiares. Sólo después de esas transformaciones el estudiante se convierte en habitante del mundo de los científicos, ve lo que ven los científicos y responde de la misma forma que ellos. (Kuhn, 1962, p. 177)

El párrafo anterior nos da una idea de la importancia fundamental de las representaciones visuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por un lado, el “mapa” y una “fotografía de cámara de burbujas” son conocimientos científicos presentados visualmente, los cuales se hallan disponibles generalmente en libros de texto que los estudiantes utilizan; por su parte, las “transformaciones del estudiante” se refieren a la apropiación de conocimiento (aprendizaje) para poder interpretar correctamente dichas representaciones.

La ciencia comunica sus conocimientos a través de representaciones visuales. Pauwels (2006) sostiene que muchas veces lograr una representación visual es la esencia misma de la actividad científica. En el artículo *La verdad en imágenes* (Perini, 2005) la autora defiende que la ciencia tiene la capacidad para presentar afirmaciones sobre el mundo de manera visual. Esa capacidad puede ser traducida mediante las herramientas tecnológicas que la ciencia utiliza para, por ejemplo, ver proteínas, células, el comportamiento de algo a través de modelos computacionales, entre muchas otras visualizaciones.

En realidad, vivimos en un mundo dominado por imágenes. Mitchell (1994) sostiene en *Teoría de la imagen* que, con el denominado *giro pictórico* durante la década de los 90, “la imagen ha adquirido un carácter que se sitúa a mitad de camino entre lo que Thomas Kuhn llamó <<paradigma>> y una <<anomalía>>, apareciendo como un tema de debate fundamental en las ciencias humanas” (p. 21), lo cual muestra necesario reflexionar sobre la cuestión de la representación visual.

En nuestro día a día estamos inmersos en una cultura visual científica. Todo el tiempo interactuamos con diferentes tipos de representaciones visuales: tablas, gráficas, modelos por computadora, ilustraciones, fotografías, dibujos, etc. Sin embargo, muchas veces no se poseen los referentes teóricos y habilidades para interpretar correctamente una imagen. Luc Pauwels (2006) denomina este proceso como *visualización*, que significa una apropiación de conocimientos que son la base para comprender procesos a través de los cuales los científicos elaboraron determinadas representaciones.

John Debes (1968) denominó a este proceso como *alfabetización visual* (visual literacy), que implica dotar de competencias, lograr que el estudiante para que sea capaz de discriminar e interpretar las acciones, objetos y/o símbolos visibles que encuentra en su entorno. Recientemente Inés Dussel y Daniela Gutiérrez incorporan en *Educación la mirada: políticas y pedagogías de la imagen* (2006) más elementos a esta alfabetización visual, principalmente involucran reflexiones sobre el uso de discursos visuales en las aulas.

Las imágenes, entendidas en su sentido material, circulan en algún formato e interactúan con algún tipo de público. Abramowski (2009) destaca cuatro puntos a considerar en esta reflexión: 1) la polisemia de las imágenes, 2) el poder, 3) la relación ver-saber y 4) el vínculo de las imágenes con las palabras.

En este trabajo sostendré que la ciencia se puede enseñar y aprender a través de imágenes, partiendo de que son parte del discurso científico y tienen un papel fundamental en la construcción de conocimiento científico. En la educación se usan para cumplir muchas funciones. Vega (2002) identifica las cuatro siguientes: 1) ilustrar observaciones sistemáticas, 2) sugerir generalizaciones a partir de elementos conectados, 3) presentar instrumentos científicos y sus experimentos y 4) facilitar la presentación de clasificaciones y sistematizaciones de fenómenos naturales. A la anterior lista yo agregaría: atraer la atención. Me parece que para un estudiante es mucho más atractivo un libro de texto que tiene imágenes que otro que carece de ellas. Somos animales visuales por excelencia.

La cultura visual científica en la que estamos inmersos nos dota de referentes visuales para pensar, comprender y comunicarnos a través de un lenguaje visual. Varios conceptos en ciencia son entendidos y referenciados mediante modelos expresados en imágenes, por mencionar algunos ejemplos: la doble hélice, el modelo atómico de Bohr, la teoría heliocéntrica, la molécula del benceno, entre muchos otros.

Sin embargo, existe una confianza, me atrevo a decir ingenua, respecto a aquellas representaciones visuales producidas por la ciencia. Como docentes y estudiantes partimos de una fuerte suposición y disposición ante la ciencia, se suele calificar a lo que la ciencia dice y/o hace como verdad absoluta. Una verdad que se enmarca en conceptos como objetividad, neutralidad y realidad. Daston y Galison en su texto *La imagen de la objetividad* (1992) reportan que gran parte de la confianza en las imágenes producidas por la ciencia recae en la capacidad que tiene el sujeto de dotar de objetividad aquellas representaciones de la realidad; los autores muestran el devenir de la objetividad y cómo ésta trabajó de acuerdo a cánones establecidos socialmente sobre lo que significa objetividad.

La meta aquí no es el rechazo de la objetividad de las imágenes sino más bien la de situar cada imagen bajo sus propios parámetros de objetividad. Como espectadores visuales debemos entonces dudar de todo tipo de imágenes, sin importar que provengan de ámbitos científicos. Como escribe Villoro (1996), debemos “aspirar a conocer” una imagen, lo cual sin duda implica tener la capacidad para interpretarla, estar alfabetizados visualmente, poder visualizar y comprender o cuestionar los modelos y teorías sobre los que se basan las representaciones gráficas o visuales. En este punto viene a cruzarse el tema a tratar en la presente tesis: la evolución biológica.

### **Imágenes problemáticas sobre evolución**

Si buscamos en *google* la palabra *evolución* y nos vamos a la sección de imágenes, aparecen más de 200 formatos distintos de presentar *La marcha del progreso*, imagen calificada por Stephen Jay Gould en *La vida maravillosa* (1989) como ícono canónico fácilmente captado y visceralmente entendido. La imagen muestra literalmente un desfile de homínidos, o como Richard Dawkins lo describe “una fila de desgarrados antepasados simiescos que se yerguen progresivamente... tras los pasos del hombre como la última palabra de la evolución” (2008, p.22).

La propuesta de Burri y Dumit en “*Social Studies of scientific imaging and visualization*” (2008) es una aproximación para abordar el estudio del discurso científico desde lo visual. Es adecuada para distinguir los momentos en que una imagen, en este caso *La marcha del progreso*, sale desde su sitio de producción para viajar hasta el espacio público. Los autores destacan tres momentos: producción, interacción e implementación para explorar las trayectorias de las imágenes científicas desde su producción y desarrollo, hasta su incorporación dentro de las vidas e identidades individuales, grupales e institucionales, así como en diferentes esferas sociales.

Es posible ubicar la producción de *La marcha del progreso*. La imagen que se popularizó en los medios fue publicada en un número especial sobre la evolución humana de la revista *Time*

*Life* en 1965. Dicho número contenía la ilustración de Rudolph Zallinger, cuyo título original es *El camino hacia el Homo sapiens*. Existen una versión completa y otra resumida de la imagen, las cuales se mostraba lo que se conocía hasta ese momento sobre la evolución de la especie humana. Fue la segunda la que tuvo mayor impacto, cuya peculiaridad es que muestra una clara línea ascendente.

Aunque Zallinger incorporó a la representación otros elementos que indujeran una interpretación más informada, como la escala temporal (la cual muestra una distancia cronológica), su apropiación en la cultura popular estuvo acompañada de discursos equivocados. Algunos ejemplos de estos errores son: mostrar la evolución como sinónimo de progreso lineal; que la evolución produce organismos mejores o más evolucionados; que el ser humano es un fin evolutivo en sí mismo. Estos discursos que se apropiaron de la imagen e incluso la modificaron para explicitar o agregar ciertos aspectos son extremadamente ubicuos. Kevin Blake remarca que después de la advertencia que Gould nos hizo en *La vida maravillosa* (1989) –hace poco más de treinta años–, la práctica de utilizar a *La marcha del progreso* como imagen de evolución continúa (Blake, 2018).

Si bien la producción de *La marcha del progreso* data de 1965, en realidad representó en la cultura popular una materialización de un pensamiento mucho más antiguo. En *Árboles de Darwin*, de Erica Torrens (2018), se muestra cómo ha habido una búsqueda constante por representar visualmente el proceso evolutivo desde tiempos de Darwin, quizá incluso desde antes. En realidad, *La Marcha del progreso*, tiene su símil en la Gran cadena del Ser de Aristóteles, una representación totalmente contraria a la que Darwin utilizó para explicar el proceso evolutivo (un diagrama ramificado).

*La Marcha del progreso* persiste en los medios y forma parte del imaginario colectivo para explicar lo que es evolución (afirmación que sustentaré en el presente trabajo). El proyecto *Cultura visual científica: análisis de las prácticas representacionales en la enseñanza de la evolución biológica de 1921 al México actual* dirigido por Erica Torrens, mostró que efectivamente hay muchas imágenes que coinciden en formato de presentación y discurso

con *La Marcha del Progreso* presentes en distintos recursos educativos (libros de texto y monografías escolares) y culturales (murales artísticos y exposiciones museísticas).

Trabajar con estas representaciones es clave para identificar y tratar pedagógicamente ideas incompletas o equivocadas que puedan tener los estudiantes a partir de su contacto y educación con estas imágenes. Estudiar la imagen trae a la mesa conceptos que resultan clave para entender la evolución, en particular la teoría evolutiva. No es posible hoy enseñar biología si no es desde una perspectiva evolutiva; sin embargo se ha reportado que el público general termina la educación básica sin haber aprendido lo elemental de biología evolutiva (Smith, 2010). En un reciente estudio se siguen reportando numerosas ideas equivocadas que giran en torno a conceptos centrales como: selección y adaptación, herencia, intencionalidad, individuos vs poblaciones, insularidad, especiación, tiempo profundo, y taxonomía (Harms y Reiss, 2019).

### **De representaciones a obstáculos en la enseñanza**

Hasta este punto he mencionado que, desde una perspectiva constructivista de la ciencia, las representaciones visuales científicas nos ayudan a entender cómo ocurre la apropiación del conocimiento científico y el papel fundamental que desempeñan en la comunicación social de la ciencia. Particularmente con el ejemplo de *La Marcha del Progreso* es posible identificar que en realidad la imagen presenta sólo los aspectos visibles de concepciones particulares sobre el mundo. En *Visto o no visto* de Peter Burke (2001), el autor rescata un pasaje de Jacob Burckhardt (1818-1917) para defender el uso de imágenes como objeto de la historia: “las imágenes... objetos a través de los cuales podemos leer las estructuras de pensamiento y representación de una determinada época” (p.13).

Nuevamente en *Árboles de Darwin*, Torrens nos muestra que debajo de cada representación hay una determinada concepción sobre el proceso evolutivo. El proceso se ha representado históricamente de diferentes maneras: lineal (la marcha), ramificada (árboles, cladogramas) y en forma de redes, entre otros. Cada representación se basa en consideraciones históricas,

ontológicas y epistemológicas particulares. Mi intención no es discutir al respecto, lo que en realidad me interesa es mostrar cómo podemos utilizar las representaciones visuales en el aula para tratar y discutir conceptos clave en evolución biológica.

En este punto se entrelaza otro concepto fundamental para esta tesis: el obstáculo. El concepto tiene en realidad un tinte completamente histórico sobre el devenir de la ciencia. Gaston Bachelard lo aborda en *La formación del espíritu científico* (1993) como una unidad de análisis fundamental para entender el progreso de la ciencia. El autor sostiene que en la formación del espíritu científico -que no es otra cosa que una disposición por conocer el mundo desde la ciencia- es posible ubicar tres etapas: concreta, concreta-abstracta y abstracta. Es en la superación de estas etapas que nos encontramos con obstáculos, con barreras que llevan al progreso a un momento de estancamiento.

Bachelard reconoce que el abuso de imágenes puede ser un obstáculo, y en efecto, una imagen se puede salir de control cuando es abiertamente polisémica, es sacada de contexto, trae consigo mensajes equivocados, o no tiene un texto que guíe su interpretación; puntos que son clave en la pedagogía de la imagen (Abramosky, 2009). Estos problemas materializan un obstáculo porque, de acuerdo al autor, se piensan que son objetos explicativos de manera inmediata, lo cual no siempre es así; es más, no es así a menos que se compartan códigos, lenguajes, teorías en las que se basa la representación.

Leonardo González-Galli (2011) rescata el concepto de Bachelard para explicar cómo existen ideas equivocadas persistentes en la enseñanza-aprendizaje del tema de la evolución que representan obstáculos. Propone tres formas de pensar del estudiante que lo ejemplifican pues compiten con el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural: la teleología de sentido común, el razonamiento centrado en el individuo y el razonamiento causal lineal. Dichos obstáculos pueden ser materializados en las representaciones visuales, particularmente *La Marcha del Progreso* visibiliza todos (lo cual mostraré con la presente tesis). Jean-Pierre Astolfi sostiene que “las representaciones aparecen como manifestaciones sucesivas, bajo envolturas variables y bajo los mismos modos de pensamiento profundos” (1999, p. 157).

Sabemos de esta condición a la hora de enseñar, la cuestión es cómo abordarla. En este trabajo adopto la postura de Astolfi referente a los obstáculos, considerando que no son debidos a la ignorancia o ausencia de conocimiento sino una configuración bien arraigada de ideas previas que operan al momento de intentar ofrecer una explicación alternativa. La idea es que tanto docentes como alumnos sean capaces de distinguir, cada uno por medios diversos, los obstáculos para actuar en consecuencia dirigiendo contenidos, propósitos y formas en el ejercicio docente y la construcción y reconstrucción del conocimiento.

### **Sobre la intervención**

He intentado exponer las distintas perspectivas teóricas a partir de las cuales planteé el problema de conocimiento. Sin embargo, este es un trabajo que pretende sumar más a reflexiones prácticas que teóricas. En realidad, el mismo programa de maestría direcciona las tesis a la implementación de secuencias didácticas, y es en este sentido que ahora expongo brevemente cómo pensé proponer dicha intervención, y particularmente las actividades que la componen o las componen, porque adelanto que no fue un solo formato de intervención .

Una perspectiva teórico- pedagógica que encaja perfectamente con las antes mencionadas es la *teoría del aprendizaje significativo* (que recarga su peso en la noción de ideas previas en el aprendizaje) de David Ausubel, autor de la conocida frase en educación “De todos los factores que influyen en el aprendizaje, el más importante consiste en lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese en consecuencia” (Ausubel citado por Novak, 1988, p. 25). De hecho, esta idea se ha convertido en una constante, presente en los escritos sobre intervenciones didácticas. Por ejemplo, es común leer en ellos: “actividades para exploración de ideas previas”<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A mi juicio, muchas veces se utiliza la noción de ideas previas sin una justificación genuina respecto al problema de conocimiento que se pretenden abordar.

La cuestión medular es trabajar con ideas previas que sean erróneas, pues son éstas las que representan creencias, que resultan de acuerdo con Villoro (1996) el nivel más bajo de conocimiento. Sin embargo, a pesar de ser erróneas se puede obtener provecho de estas creencias, puesto que toda fuente de error es un terreno fértil de aprendizaje. Piaget sostenía que “un mismo sujeto puede disponer, sin dificultad, de sistemas heterogéneos de interpretación del mundo, a veces lógicamente contradictorios entre sí” (Piaget citado en Astolfi, 1999, p.165). Estos sistemas heterogéneos son entramados de creencias, saberes y conocimientos, y es de la capacidad de percibir la falta de congruencia entre sistemas de creencias propias o ajenas que surge la posibilidad de detectar el denominado *conflicto cognitivo* y de construir nuevo conocimiento.

Desde un aspecto más metodológico utilicé la propuesta de Neus Sanmarti sobre *El diseño de unidades didácticas* (2000) para configurar, desde la didáctica, las actividades a desarrollar. A partir de este texto retomo los cuatro momentos para la elaboración de secuencias de actividades: momento de exploración; de evolución de los modelos iniciales; de síntesis y estructuración del conocimiento; de aplicación y transferencia. Esta consideración fue hecha a partir de la propuesta de Pérez y colaboradores para la enseñanza del tema de la evolución (Pérez, Gómez y González, 2018).

### **Enseñar con y desde las imágenes**

Este es un trabajo que trata sobre imágenes acerca del tema de la evolución biológica. Como docentes nos lleva a la cuestión de por qué, cómo y qué imágenes utilizar en la enseñanza. Parte de la idea es problematizar ciertas imágenes en la enseñanza de un tema particular. De acuerdo con el departamento de educación y entrenamiento del estado de Victoria (2018), en Australia:

los estudiantes aprenden como los creadores eficaces de textos visuales, utilizan una gama de opciones semióticas visuales (toma de significados) que incluyen símbolos, líneas, vectores y tamaños para expresar acciones e ideas, para representar a los

participantes (los personajes o las cosas/objetos vistos), la naturaleza de los eventos y las circunstancias (p. n/a)<sup>2</sup>.

De acuerdo con la aproximación propuesta por el departamento antes mencionado, los símbolos, dentro de los cuales cabrían también los íconos, son usados para representar ideas o conceptos. Dado que *La marcha del progreso* es considerada un ícono (en el sentido de representación ampliamente compartida) del proceso de la evolución, una primera hipótesis que sostengo es: si le pedimos a los estudiantes que representen el proceso evolutivo, entonces dibujarán *La marcha del progreso*.

En la propuesta del departamento de educación del gobierno de Victoria “viewing”, (alfabetización visual), demanda un lenguaje visual común entre docente y estudiante. En este sentido, problematizar una imagen es un primer paso hacia ese lenguaje visual común que tienen quienes pueden darle algún sentido a *La marcha del progreso*. El docente podría entonces preguntar: ¿qué nos dice?, por ejemplo. Con la presente tesis se pretende ofrecer un ejercicio de alfabetización visual sobre el proceso evolutivo, que se abordará en los capítulos *Enseñar el tema de la evolución biológica con imágenes* y *Aprender el tema de la evolución biológica con imágenes*.

Merece la pena trabajar con imágenes no sólo por su poder mediático, sino también porque las imágenes son objeto de interpretación. Esta consideración viene de la lectura de textos sobre hermenéutica, los cuales originalmente abordaban la problemática de la interpretación fiel de un texto. Uno de los grandes problemas de *La marcha del progreso* viene justamente de un problema de interpretación, pues el significado dado a dicha imagen normalmente está muy alejado de las intenciones que ésta tiene en círculos científicos. Cuestiones como las intenciones del autor, lenguaje del texto, significados que da el intérprete y la circulación del texto son abordados desde la hermenéutica. Si partimos de la premisa de Schleiermacher (1768-1834) (Beuchot, 2016), de que cualquier expresión del ser humano puede ser

---

<sup>2</sup> La cita aparece en el programa de educación visual del Departamento de Educación y Entrenamiento del Gobierno del Estado de Victoria, Australia. Disponible en: <https://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/english/literacy/readingviewing/Pages/litfocusvisual.aspx>

interpretada puesto que las interpretaciones se refieren a todo aquello que deba ser comprendido, las imágenes son un texto de la humanidad. Además, las imágenes son también detonantes de creatividad, y ésta es fundamental en el enseñar y aprender.

## **PRIMERA PARTE**

Presentación del problema

## CAPÍTULO I: EVOLUCIÓN Y CONFUSIÓN

*<<Conocerse a sí mismo>> y conocer nuestro lugar en el mundo vivo  
conlleva ante todo el conocimiento de nuestro origen biológico.  
Solo este conocimiento puede ayudarnos a abordar los grandes  
problemas éticos y políticos con que nos enfrentamos.*

*Mayr, 1998*

Quiero empezar comentando que la idea del título de este capítulo viene de una charla impartida por la Dra. Erica Torrens, para los docentes de bachillerato y secundaria, que intituló *Evolución o confusión*. La charla tenía como objetivo mostrar cuáles han sido los errores conceptuales predominantes en la educación y la cultura sobre el tema de la evolución biológica. Mi intención de cambiar la “o” por una “y” es para resaltar que el tema de la evolución ha estado presente en el escenario mexicano; sin embargo su presencia no asegura una correcta apropiación, es decir, hay enseñanza de la teoría evolutiva pero también mucha confusión sobre ésta y poca claridad entre el público no especialista.

Con el título pretendo resaltar la distinción que Gelman y Rhodes (2012) hacen entre aceptar y comprender la teoría evolutiva. Por un lado, la *aceptación* se refiere a la aprobación de la teoría evolutiva como "el mejor relato científico actual de los fenómenos pertinentes basado en las pruebas empíricas disponibles" (Smith & Siegel, 2004, p. 553); por otro lado, la *comprensión* implica conocer los principios clave y sus implicaciones. Los autores señalan que son problemas distintos, pues “aceptación por sí misma no implica la comprensión, y la comprensión por sí misma no implica la aceptación” (Gelman y Rhodes, 2012, p. 4, en Rosengren, et. al.).

Es así que con el presente capítulo pretendo esbozar, *grosso modo*, qué se *acepta* (o que se aceptó) del pensamiento evolutivo y, enseguida, qué no se comprende, por lo general, en el ejercicio de enseñanza-aprendizaje, lo cual corresponde a la *comprensión* del tema y es

también el punto de partida de la presente tesis, puesto que mi intención es contribuir a la comprensión del tema en el aula.

### **Evolución: lo que se acepta de la teoría**

De acuerdo con Mayr (1976) la teoría evolutiva puede ser entendida considerando cinco hechos y tres inferencias. Hechos: 1) las poblaciones tienen a crecer exponencialmente; 2) la mayoría de las poblaciones alcanzan un tamaño estable y se mantienen constantes a través del tiempo; 3) los recursos son limitados; 4) no todos los individuos de la población son idénticos; y 5) aquellas características que los hacen diferentes son heredadas. Inferencias: 1) no toda la descendencia de los seres vivos llega a la edad reproductiva debido a la competencia por recursos naturales; 2) aquellos individuos cuyas características les confieren una ventaja sobre los otros en una situación ambiental particular sobreviven y se reproducen, es decir, la sobrevivencia es azarosa; y 3) la especiación resulta luego de la acumulación y aumento, a través del tiempo, de la frecuencia de alelos ventajosos en una población.

A partir de las premisas anteriores se han ido discutiendo, en diferentes partes del mundo y desde diferentes perspectivas, los contenidos apropiados para una introducción al tema en contextos escolares. Por ejemplo, Berkman y colaboradores (2008) sostienen que es importante que primero se reconozca que las especies evolucionan, posteriormente, que provienen de un antepasado común, y que se forman de especies existentes para, posteriormente reconocer que la evolución ocurre usualmente de manera gradual y que el mecanismo más importante para que surjan adaptaciones es la selección natural.

En el 2012, el Instituto Nacional de Formación Docente de Argentina presentó a la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura, elementos para abordar elementos ya conocidos sobre evolución, resaltando en éste el papel de la Síntesis Moderna<sup>3</sup> para establecer los lineamientos generales de la Teoría de la Evolución

---

<sup>3</sup> Se conoce como *Síntesis Moderna* a un consenso que se llevó a cabo entre 1930 y 1940, en la comunidad científica, para aceptar la integración de la teoría evolutiva de Darwin con la genética de poblaciones (Futyma, 2009). De acuerdo con Ruse (1979), a partir de la

(Marchisio, et al. 2012). Esto coincide con lo que Ruiz y Ayala (1999) determinan como la delimitación del Núcleo del Darwinismo y que, posteriormente, Alvarez (2015) sostiene como *Conocimientos fundamentales de Biología Evolutiva*, dentro de los cuales se encuentra la selección natural y la variación para, por un lado, dar cuenta de la adaptación y, por otro, dar cuenta del cambio evolutivo ocurrido en el tiempo y de la diversificación evolutiva.

Lo anterior permite reconocer que la Teoría de la evolución ocupa un lugar central en el cuerpo de conocimientos de las ciencias biológicas, y al mismo tiempo que la selección Natural ocupó, y sigue ocupando, un lugar central luego de la Síntesis Moderna (Gould, 2002; Bowler, 2003).

Es por ello que la teoría de la evolución por selección natural de Darwin, de acuerdo con la síntesis moderna, es la teoría que ha dominado los planes y programas de educación básica en México, en ocasiones de manera atinada y en otras de manera muy precaria (Torrens y Barahona, 2017). Actualmente en México el tema aparece en diferentes momentos dentro del currículo de ciencias. En la educación primaria con el propósito de “acercar a la noción de evolución en términos de cambio y adaptación... con base en las evidencias del registro fósil y en la diversidad de los seres vivos actuales” (SEP-2011, p.98); en la educación secundaria, el tema se desarrolla un poco más destacando un poco más el papel de la selección natural como fuente de adaptaciones, esperando que el estudiante identifique:

“el registro fósil y la observación de la diversidad de características morfológicas de las poblaciones de los seres vivos como evidencias de la evolución de la vida... la relación de las adaptaciones con la diversidad de características que favorecen la sobrevivencia de los seres vivos en un ambiente determinado”

(SEP-2011, p.42).

---

genética de poblaciones fue posible explicar disintos fenómenos respecto a disciplinas como la Sintemática, Paleontología, Morfología, Embriología, entre otras. Folguera y González (2012) sostienen que predominaron explicaciones dirigidas a “los mecanismos capaces de generar cambios evolutivos” (p.7), siendo la Selección Natural el mecanismo más reconocido dentro del círculo académico.

Los aprendizajes antes presentados forman parte de conocimientos fundamentales del Modelo de Evolución por Selección Natural (MESN) que resultan de la idea central que establece que las adaptaciones y la diversificación de los sistemas vivos son resultado de un sobrevivencia diferencial (en el tiempo) de la información genética, la cual determina las diferentes características de los sistemas vivos (Gould, 1983). Como docentes esperamos que dicha concepción general sea una premisa conceptual en los conocimientos de biología de los estudiantes.

Esta aceptación general resulta crucial en la formación científica de la población. En la conferencia mundial de la UNESCO titulada “La declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico” celebrada el 1° de julio de 1999, se reconoce que la evolución biológica forma parte de los saberes científicos que han dado lugar a importantes innovaciones que resultan beneficiosas para la sociedad, y además “proporciona a la humanidad enfoques conceptuales y pragmáticos que ejercen una influencia profunda en su conducta y sus perspectivas” (UNESCO, 1999).

Además, la enseñanza de la teoría de la evolución ha sido considerada como fundamental dentro de la cultura general de la población (Ruiz et al. 2012), porque el pensamiento evolutivo moviliza marcos de referencia que explican el mundo, lo humano, el parentesco con otras formas de vida y la transformación de las especies a través del tiempo (Alvarez y Ruiz, 2017). Además, tiene importantes implicaciones para áreas disciplinares más allá de la biología, por lo que entender la evolución resulta necesario para un análisis crítico sobre cuestiones de gran relevancia socio-científica como la eugenesia, el darwinismo social, el racismo, etc. (González, 2017).

En México, a diferencia de nuestros vecinos del norte, no se discute la presencia del tema en la educación. Antonio Lazcano (2005) sostiene que dado que los mexicanos somos hijos de la ilustración somos más tolerantes a la convivencia con ideas científicas, lo cual se refleja en la ausencia de conflictos en la enseñanza de la ciencia en las escuelas. Además, Ana Barahona (2009) remarca que “la enseñanza de la evolución en México... refrenda el estado laico... Lo que se enseña en México es una educación científica y laica, de acuerdo con el

artículo tercero de la Constitución Política, y la Iglesia no debe interferir en este espacio” (Núñez, 2009, p.8).

### **Una aceptación que tiene historia**

Si bien el reconocimiento de la evolución como un hecho de la vida en la Tierra a nivel mundial es evidente, esto no implica que la apropiación sea la correcta o inmediata. En México, las ideas evolucionistas llegaron a finales del siglo XIX. Aunque las ideas fueron ampliamente discutidas por naturalistas y científicos, la visión que más se popularizó provino de personajes como Alfredo Dugés, Alfonso Luis Herrera e Isaac Ochoterena, quienes se mostraron escépticos ante las ideas de Darwin dando preponderancia en realidad a una visión evolutiva progresiva, rápida y lamarckiana (Ochoa en Torrens y Barahona, 2017).

En realidad en nuestro país la teoría de la evolución por selección natural se conoció once años después de la publicación de *El origen de las especies* (1859), y existió una marcada influencia del spencerismo puesto que se admitía la noción de progreso en la evolución social, es decir que “la mayoría de los intelectuales mexicanos de ese momento coincidían con la idea de que la evolución social humana se producía por mecanismos similares a los que dan lugar a la evolución de las especies biológicas” (Ruiz, Noguera y Rodríguez, 2015, p.79).

En el campo de la educación científica en México fue en 1905, con la creación del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes, que se generaron espacios para debatir qué debían saber los estudiantes de educación primaria y secundaria, mediante los congresos de educación. Posteriormente con la escuela socialista se introdujo oficialmente la enseñanza de la evolución con dos fundamentos: 1) impulsar la formación de una visión crítica y científica de los estudiantes mediante la enseñanza del tema de la evolución, y 2) buscar la transformación de la enseñanza de las ciencias naturales con base en un método racional (Torrens y Barahona, 2017).

Posterior a ello, el tema de la evolución biológica ha tenido muchos cambios y/o omisiones en los programas educativos. Por mencionar un ejemplo brevemente, el tema desapareció casi por completo luego de la reformulación del Artículo 3 constitucional después del sexenio de Cárdenas (1940), y no fue sino hasta la reforma de 1975 que reapareció, ya con el aparato

de diseminación de conocimiento a través de los libros de texto gratuitos, siendo las reformas de 1993 y 2006 las que trataron el tema más extensamente en el nivel básico. Torrens y Barahona (2017) señalan que las reformas siguientes a ese periodo significaron un retroceso en temas importantes, como la teoría de Darwin y la evolución humana (Torrens y Barahona, 2017).

### Generaciones sin fundamentos sobre evolución

En los programas de Biología I y II del Colegio de Ciencias y Humanidades (2016), la evolución desempeña un papel fundamental para estructurar los contenidos disciplinarios. De hecho, es considerada como un eje para construir el conocimiento en biología y se propone “desarrollar el pensamiento evolutivo”, pues se apuesta a que así el estudiante será capaz de visualizar “un panorama de la vida en nuestro planeta” que posibilite “comprender la naturaleza y el proceder de la vida”.

Así, al ser la teoría evolutiva la mejor interpretación científica sobre los cambios de las especies a través del tiempo (Dupré, 2006), un propósito general de la asignatura de Biología es que el alumno “Identifique a la evolución como el proceso por el que los sistemas biológicos cambian en el tiempo y cuyo resultado es la diversidad biológica”, de la cual el ser humano es parte. Por tanto, en la Unidad I de los contenidos temáticos de Biología II es abordado el tema partiendo de la pregunta: ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos? (CCH-UNAM, 2016).

Cada bachillerato tiene en su programa sus “aprendizajes esperados” respecto a cada tema de la biología, en el Colegio de Ciencias y Humanidades, se hace especial énfasis en el tema de evolución. Una de las funciones del Colegio es lograr que los estudiantes adquieran conocimientos básicos en distintas disciplinas que les permita ofrecer interpretaciones sobre el mundo en el que habitan (CCH-UNAM, 2016), y si “se enseña adecuadamente la teoría evolutiva en los niveles preuniversitarios, se podrá dar a los alumnos una cultura general en el tema, con la que puedan contextualizar sus ideas alternativas” (Sánchez, 2000, p. 170).

Sin embargo, si comparamos el programa de Biología para nivel secundaria actual con aquel anterior a la última reforma del siglo XX, el tema de la evolución era tratado de manera más extensa. El tema *Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo* era abordado a partir

de cuatro subtemas: Ideas preevolucionistas, Las primeras ideas (el fijismo), Darwin y la selección natural, y Evolución, diversidad y adaptación (Sánchez, 2000). Actualmente, en el programa para educación secundaria del 2011 (SEP, 2011) el tema se restringe al Bloque I *La biodiversidad: resultado de la evolución*, abordado en el subtema: “Importancia de las aportaciones de Darwin”, donde se busca resaltar evidencias a partir de las cuales Darwin explicó la evolución de la vida, y la relación entre la adaptación y la sobrevivencia diferencial de los seres vivos. Esto “deja a los estudiantes que cursan (cursaron) este nivel educativo sin los conocimientos necesarios para entender el lugar del hombre en la naturaleza y su historia evolutiva” (Torrens y Barahona, 2017, p.109); es decir, que como docentes nos enfrentamos a una generación con pocos o nulos fundamentos sobre evolución.

### **Confusión: lo que no se comprende de la Teoría**

Un gran número de poblaciones encuestadas en distintos países tienen una mínima o nula comprensión de la teoría evolutiva (Alters y Nelson 2002; Evans 2005). En México, de acuerdo a una encuesta realizada en 2014, 52.3% de los encuestados tiene ideas creacionistas sobre el origen de la vida y el Universo, mientras que el 40.6% está convencido que los seres vivos han evolucionado en la Tierra; por otro lado, sólo un 30% opinó que el tema debe enseñarse en las escuelas; sin embargo, de ese grupo, 48.4% está convencido de que el proceso es guiado por un ser supremo, y sólo el 32.7% respondió que la evolución biológica se explica mediante el proceso de selección natural (Ruiz, 2016).

Ruiz (2016) sostiene así que “en México no sólo no podemos hablar todavía de que la población general conoce la teoría de la evolución y la comprende aunque sea de forma básica, sino que incluso hemos de aceptar que nuestro país presenta un rezago importante en cuanto a educación científica se refiere” (Ruiz, 2016); en parte porque, de acuerdo con Torrens (2018) “la teoría evolutiva no ha sido una parte esencial de la enseñanza de la biología en México”.

¿Por qué hay tanta confusión? Harms y Reiss (2019) reportan que el poco entendimiento ha sido atribuido a factores cognitivos, epistemológicos, religiosos y emocionales. Primero, porque los conceptos de la teoría de la evolución demandan un nivel de abstracción elevado; segundo, tiene que ver con entender del quehacer científico y la naturaleza de la ciencia, particularmente a la hora de distinguir entre hechos y teorías; tercero, porque la creencias

religiosas compiten con la explicaciones científicas, y en varios países el creacionismo se enseña de manera formal -no es el caso de México, al menos no en el curriculum oficial-. Por último, la confusión sobre la teoría evolutiva se explica también por su estrecha relación con cosmovisiones religiosas lo que provoca una actitud negativa hacia aprender y enseñar el tema (Rosengren, Brem, Evans y Sinatra; 2012). Estos factores atraviesan la comprensión y la actuación de tres agentes educativos centrales: los estudiantes, los docentes, y el currículo (Harms y Reiss, 2019).

¿Qué es eso que confunde tanto? Gould (1983) sostenía que el argumento de la teoría evolutiva no era difícil en sí mismo; sin embargo, varias investigaciones muestran lo contrario. Smith (2010) reporta una extensa lista de ideas erróneas equivocadas que aparecen constantemente en la enseñanza y el aprendizaje del tema. Estas ideas tienen múltiples orígenes y son sostenidas por distintos factores; además, no son independientes; se reafirman por la experiencia y el cómo pensamos. Al respecto, Coley y Muratore (2012) sostienen que “las personas desarrollan naturalmente un sistema conceptual sofisticado que les permite categorizar, razonar y comprender intuitivamente el mundo biológico” (en Rosengren, et al. 2012, p. 23)-, por la instrucción de los docentes, y por la cultura en la que vivimos.

Desde un sentido de la teoría en sí misma, las ideas erróneas que más aparecen están relacionadas con los conceptos de 1) selección y adaptación, 2) intencionalidad, 3) pensamiento poblacional, 4) esencialismo, 5) especiación, 6) tiempo profundo, 7) taxonomía, entre otros (Harms y Reiss, 2019). Es común toparse con ideas de no especialistas como:

“La evolución es un proceso basado en la necesidad”

“La evolución es progresiva, una emergencia de una forma subdesarrollada, que implica un esfuerzo orientado hacia formas superiores”

“La evolución actúa en individuos, no en poblaciones”

“La aptitud evolutiva se refiere a la salud, la fuerza o la inteligencia de un organismo”

“La evolución propone que el ser humano viene del chimpancé”

(Smith, 2010)

### Confusión que obstaculiza

Como docentes nos enfrentamos día a día a estas ideas equivocadas; González-Galli y Meinardi (2017), proponen diseñar nuestras intervenciones identificando y haciendo uso de obstáculos epistemológicos, los que estos autores definen como formas de pensar (confundidas, agregó) que compiten con el modelo que se debe enseñar, según estipula el currículo, en este caso el de evolución por selección natural. Para caracterizar las ideas de los alumnos como “obstáculos”, deben cumplir al menos las siguientes tres características:

1. Transversalidad: tienen cierto grado de generalidad, no están relacionadas sólo con un tópico específico.
2. Funcionalidad: brindan al sujeto un modo de explicar y explicarse ciertos fenómenos del mundo; así tienen cierto poder predictivo.
3. Conflictividad: <<compite>> (ocupa el lugar de) con los modelos científicos que pretendemos enseñar en la explicación de los mismos fenómenos.

(González-Galli y Meinardi, 2017, p. 465).

Es así que González-Galli y Meinardi (2015) proponen que existen al menos tres obstáculos en el aprendizaje del Modelo de Evolución por Selección Natural: 1) Teleología de sentido común, 2) Razonamiento centrado en el individuo y 3) Razonamiento causal lineal. El primer obstáculo se refiere a considerar que todas las estructuras y procesos biológicos están orientados a un propósito; el segundo se refiere a considerar que los procesos biológicos ocurren sólo a nivel individual; por último, el razonamiento causal lineal considera que todo fenómeno tiene una causa única temporal que le precede.

Por su parte, Gelman y Rhodes (2012) consideran que pensar “que las especies son absolutas, y no probabilísticas”, “que la variabilidad es solo superficial”, “que los cambios tienen lugar en individuos, no en poblaciones”, “que la evolución es progresiva”, representan, también obstáculos (obstáculos esencialistas) en el entendimiento de la teoría. Estas ideas equivocadas tienen sus cimientos en al menos dos creencias equivocadas, la primera es que ciertas categorías son reales y no construcciones humanas, y la segunda que la “esencia” es la fuerza causal que hace ser a las cosas lo que son. Estas ideas se pueden abordar desde cinco consideraciones esencialistas: 1) inmutabilidad, 2) límites rigurosos, 3) homogeneidad dentro

de la categoría, 4) causas inherentes a los individuos, y 5) la existencia de una categoría ideal (Gelman y Rhodes en Rosengren, et al. 2012).

Estos obstáculos dificultan que como docentes logremos que un estudiante comprenda que en realidad los fenómenos naturales suelen tener varias causas concurrentes y no solo una, que los cambios en los sistemas biológicos no son necesariamente progresivos ni regresivos, y que por lo tanto los cambios no suponen una mejora, y que tampoco conducen a un fin ya establecido previamente (González-Galli y Meinardi, 2017). Dichos obstáculos, además, son fuentes de confusión puesto que tienen una gran permanencia en el pensamiento del público, salen a relucir con ideas equivocadas que persisten y además son muy resistentes al cambio, pues permanecen a pesar que se critiquen y se intente desmontarlos en el aula. Algo interesante de notar es que las ideas erróneas generalmente no están aisladas, sino que constituyen estructuras, esquemas, marcos, teorías personales o sistemas de ideas que presentan una relativa coherencia interna, puesto que responden a esquemas causales simples para explicar ciertos acontecimientos. Se habla incluso de cierto grado de universalidad en estas ideas (Del Pozo, 2013).

### **Algunas reflexiones previas**

*Descendencia con modificación* es quizá la frase más atinada para definir evolución, frase que Charles Darwin (1859) utilizaría, y que se aleja de conceptos difíciles de entender con nitidez como especie, mecanismo, progreso, dirección, etc. Son conceptos que hoy en día siguen llevando a densas discusiones y frágiles consensos. El hecho es que los sistemas vivos dejan descendencia, la cual dista mucho de ser idéntica a su ascendencia. Los biólogos no dudamos de ello (o al menos eso se espera). En realidad, la discusión más acalorada está en llegar a un acuerdo sobre cómo y en qué escala ocurre esa modificación, dados los recientes aportes de disciplinas como la embriología, la epigenética y la ecología, entre otras.

El hecho no se discute, actualmente los biólogos aceptamos una serie de supuestos teóricos que nos dotan de una perspectiva histórica al estudiar y comprender el devenir de los sistemas biológicos. La *Síntesis Moderna* (1930-1950) es el referente inmediato para ubicar aquellas acepciones generales que conforman los principios de la teoría evolutiva en las aulas y que reconoce a la selección natural como el principal mecanismo capaz de producir adaptaciones.

La idea central es que las adaptaciones y la diversificación de los sistemas vivos son resultado de una sobrevivencia diferencial (en el tiempo) de la información genética, la cual determina las diferentes características de los sistemas vivos. La teoría evolutiva “es un marco general que organiza nuestra visión del fenómeno de lo viviente, con especial énfasis en su historia” (López, 1987, p. 44) que aporta explicaciones que todavía hoy se están construyendo, pero que dotan de un significado muy profundo al pensamiento humano, “que nos aleja de un animismo primitivo... (y de) prescindir de los fantasmas, los espíritus y los dioses que servían para explicar, en épocas anteriores, todos los fenómenos naturales” (Dupré, 2006, p. 180).

Es así que fomentar el pensamiento evolutivo se posiciona como un punto central en la enseñanza de las Ciencias de la vida dado que actualmente toda la biología construye su conocimiento partiendo de los cimientos de la Teoría evolutiva, es decir, partiendo de una visión histórica de la vida en el planeta. Sin embargo, el escenario actual no es nada alentador, muchos de los temas que engloban una perspectiva evolutiva han sido omitidos en la enseñanza de las ciencias naturales en México. Por ejemplo el tema de evolución humana ha sido completamente borrado de los libros de texto de sexto de primaria luego de la reforma del 2009 (Torrens y Barahona, 2017). No es de extrañar entonces que en la cultura popular predomine la lesiva idea de que “los seres humanos somos la especie más evolucionada”, una idea con pretensiones alarmantes y desalentadoras, que nos aleja del conocimiento sobre nuestro lugar en el mundo.

Las buenas noticias son que se está trabajando mucho en el asunto. Innumerables trabajos se publican actualmente sobre cómo vencer esos obstáculos. He notado al respecto que muchas de las discusiones se centran, por un lado, en aspectos que tienen que ver con la naturaleza misma del conocimiento científico, con especial énfasis en la filosofía e historia, y por otro, desde la condición psicológico-cognitiva de quien aprende; siendo desde aquí que se articulan intervenciones didácticas. Con este trabajo, pretendo sumar una mirada más socio-cultural, partiendo de la consideración social que Villoro (1996) hace respecto al conocimiento, que si bien el conocer es un acto personal, también está determinado por un saber colectivo. Y son los tres obstáculos antes mencionados sobre los que apunto mi mirada, por lo tanto, los que dirigen las intenciones de mis intervenciones en el aula.

De modo que me interesa exponer una reflexión resultado de leer a Villoro, puesto que me parece un ejercicio clave para poder llegar a hacer una propuesta para desentramar obstáculos a la comprensión de la teoría evolutiva en el aula.

## Reflexión

### Los obstáculos: una confusión con niveles

El aprendizaje presenta niveles, no es lo mismo decir que creemos en algo, a decir que sabemos algo, o que conocemos algo (Villoro, 1996). En el aprendizaje se ponen en jaque estos niveles porque se ponen en duda creencias falsas a partir de los cuales los alumnos han construido determinados “saberes”. Generalmente son las creencias las que se contraponen, porque son las que predominan en el bagaje de información que guía nuestros juicios.

Cuando un estudiante *cree* algo, puede realizar afirmaciones al respecto como si ese algo fuera verdadero, lo está dando por hecho sin tener evidencias. Esto se corresponde con una actitud positiva a aceptar una acepción general (Villoro, 1996). Se trata del estado primario del conocimiento, y es promovido constantemente por la enseñanza tradicional, porque el estudiante la mayoría de las veces no discute lo que el profesor le dice o lo que lee en los libros de texto. En general el estudiante supone (y espera) que lo que lee y escucha de una “autoridad intelectual” sea verdadero; es fácil reconocer una creencia cuando el estudiante afirma que “x cosa es cierta porque el profesor lo dijo”, o cuando dice “yo creo que x es cierto porque lo leí en tal libro”.

El hecho es que, aunque la creencia sea verdadera, lo cual ocurre la menor de las veces, no es suficiente, resulta sólo el primer paso para conocer. Aquí vale la pena resaltar que lo que digamos como docentes y la producción que tengamos de materiales educativos (cuidando la información que plasmamos en ellos) tendrá una implicación directa en el fomento de creencias verdaderas o equivocadas. Esto explica por qué parte de los esfuerzos de la educación científica se han enfocado a desarrollar actitudes positivas hacia la ciencia, puesto que las inclinaciones y/o sentimientos acerca de un asunto determinan en parte el aprendizaje que se haga de ello (Espinosa y Román, 1993).

Ahora bien, “todo saber implica creencia, pero no toda creencia implica saber” (Villoro, 1996, p.15), lo que posiciona en otro nivel a los saberes, puesto que no es posible saber algo sin creerlo, pero para que una creencia sea un conocimiento la creencia tiene que ser verdadera. Villoro (1996) sostiene que para poder decir que sabemos algo es indispensable “contar con razones suficientes que justifiquen la creencia”. No basta con que por pura

coincidencia la creencia se corresponda con la realidad, si la persona no tiene fundamentos, su creencia, aunque sea verdadera, no es un saber.

Refiriéndome nuevamente a la enseñanza tradicional, con lograr que los estudiantes repitan tal cual se les dijo o leyeron en un libro científico, no podemos decir que el alumno ya sabe. Aunque el alumno repita fielmente enunciados, fórmulas, representaciones, etc., que se correspondan con un conocimiento científico, si no cuenta con razones que justifiquen dichos enunciados, sólo estará memorizando hechos. De acuerdo con Bloom (1948) y la jerarquización de aprendizajes, el alumno estará en el nivel conceptual, es decir, que recuerda los conocimientos. *Saber* implica tener fundamentos, es una creencia verdadera y justificada, sin embargo, representa un conocimiento limitado.

*Saber* es entonces una condición para llegar a un estado de apropiación del conocimiento, el *conocer*, el cual estará determinado por la capacidad de integrar los saberes a experiencias directas o indirectas de un objeto o hecho, resulta ser una construcción personal y no de transmisión (Villoro, 1996), como ha promovido la enseñanza tradicional. El fundamento de la educación con enfoque constructivista es que reconoce que el acto de *conocer*, aunque está condicionado por saberes colectivos, es un acto personal. Conocer representa una capacidad del sujeto para “responder a ciertas preguntas acerca de lo conocido” (Villoro, 1996, p. 203).

#### El problema de las creencias científicas

Sí las creencias equivocadas son difíciles de erradicar, la tarea se vuelve más laboriosa cuando tratamos con las creencias erróneas de tipo “científico”. Éstas son especialmente difíciles y peligrosas, porque detrás de una creencia científica equivocada o denominada erróneamente como científica hay una condición más fuerte, la autoridad de la ciencia y la fe ciega que puede producir. Y es que aceptar el sello de la ciencia —en los medios es común encontrarse con la frase “científicamente comprobado” — es cargar con un argumento de autoridad que inmediatamente predispone al receptor a aceptar el ununciado o la creencia como verdad comprobada<sup>4</sup>.

---

<sup>4</sup> No hay autoridad sin alguien que la reconozca. La ciencia produce sellos que califican a un conocimiento como confiable: la objetividad y neutralidad, por mencionar algunos. Estos sellos de confiabilidad resultan muy atractivos para quien aprende, difícilmente son discutidos por el público lego y se dan por hecho.

Resulta interesante que en el campo de los conocimientos científicos existen muchas creencias que en su momento fueron defendidas por la ciencia y que en la actualidad son erróneas. En 2015 el portal de noticias RT News publicó “15 mitos científicos que nos seguimos creyendo”, en el cual se enlistan algunos de los mitos “científicos” más populares. Por mencionar un ejemplo: *Las neuronas no se regeneran*, una idea que resonó mucho y al parecer se fijó en el imaginario científico del público lego; sin embargo, se sabe desde los años 90 que el cerebro tiene la capacidad de regeneración por neurogénesis. Las creencias se comparten, perpetúan y se justifican cuando llevan consigo el sello de la ciencia. Se suelen aceptar más fácilmente puesto que en el imaginario lego “la ciencia dice verdades sobre el mundo”, el público deposita ciegamente su confianza. La confianza en la ciencia no es justificable puesto que ésta se encuentra en desarrollo constante y en búsqueda de nuevas o mayores evidencias para sostener o refutar ideas; sin embargo, el peligro está en que el público no se actualiza al ritmo del desarrollo científico. Esto es así puesto que el impacto mediático de la ciencia es menor comparado con el de la cultura popular, y aunque en la actualidad esto está cambiando, y ahora pareciera más fácil ver, oír y escuchar directamente a los autores de las ideas, son muy discutibles las maneras de comunicación que la propia ciencia ha ido estableciendo.

El peligro está, entonces, en utilizar desmedidamente y sin justificación el sello de la ciencia, un sello que implica otorgar una autoridad ciega, y que representa un poder simbólico al momento de ponderar creencias, es decir, en el momento de calificar nuestras propias creencias como verdaderas o falsas.

¿Y los obstáculos epistemológicos?

Si bien la evolución biológica es un tema que atraviesa múltiples dimensiones de la vida humana, no deja de ser un tema “científico”; por lo cual acarrea ideas equivocadas sobre sí y sobre la naturaleza de la ciencia. Smith (2010) sostiene que muchas de estas ideas se relacionan estrechamente con cómo la ciencia construye conocimiento.

Bachelard sostenía que el establecimiento del conocimiento científico ha pasado por una serie de etapas a lo largo de la historia, y ha sido en el trance de éstas que el progreso se ha visto

“estancado”, a éste impedimento le llamó obstáculos epistemológicos. Los obstáculos representan un núcleo de consideraciones epistemológicas, filosóficas, ontológicas e históricas que dificultan el progreso del conocimiento científico, y que convergen en el sujeto involucrado en el proceso; por lo tanto, están atravesadas por una condición psicológica previa, que es resultado a su vez de dichas consideraciones. Autores como Astolfi (1994) han tomado este concepto para transportarlo al aula, considerando que al tratar dichos obstáculos será posible llegar al “corazón de los aprendizajes científicos” (p. 206).

Entonces los obstáculos pertenecen, y son resultado de un ciclo epistémico –por llamarlo de alguna manera- propio de una época, y se traducen como formas de pensamiento que se expresan en una gama variada de ideas previas, las cuales pueden pertenecer a creencias, saberes o conocimientos. Estas formas de pensamiento se distinguen de acuerdo con González-Galli y Meinardi (2017) por su transversalidad, funcionalidad y conflictividad. Éstos son un referente para el ejercicio docente en el área de la didáctica de las ciencias naturales.

## CAPÍTULO II: REPRESENTACIÓN Y EVOLUCIÓN

### Un mundo de imágenes

Infinidad de imágenes sobre variados temas de ciencia circulan en la cultura visual popular, las cuales promueven, defienden y extienden un discurso, e invisibilizan otros. El discurso visual —utilizar imágenes como argumento (Perini, 2005)— atraviesa fronteras y alcanza lugares a la velocidad de un parpadeo. Cada parpadeo es una vuelta a la página, una lectura de una realidad presentada visualmente. La ciencia nos ofrece representaciones del mundo que estudia (de una realidad), representaciones que muchas veces se ven materializadas en imágenes y que son la esencia misma del conocimiento científico (Pauwels, 2006). Estas imágenes presentan verdades por medio de las cuales “la autoridad objetiva de la ciencia y la tecnología” se persuade al público (Burri & Dumit, 2008, p.299).

Hoy, más que antes, entendemos el mundo y expresamos ideas de éste desde lo visual. Las prácticas de visualidad humana se han potenciado con el uso de tecnología; ya desde la década de los años 90 Mitchell (1994) nos advertía que la humanidad estaba teniendo nuevas experiencias denidas a una nueva forma de construir realidades. Desde una perspectiva constructivista de la ciencia, la naturaleza de las cosas no está disponible sin las representaciones, siendo éstas las que “dan forma a sus objetos de estudio” (Sismondo, 2012, p.68), que se materializan en imágenes (entendidas como cualquier presentación en dos o tres dimensiones sensible a la vista humana), las cuales, la mayoría de las veces funcionan como evidencia (Perini, 2005). Este creciente impulso de lo visual en la ciencia dirige la mirada científica para mostrar cómo son las cosas, incluso aquellas que no se ven realmente (Golinski, 2005).

En sentido amplio, las representaciones visuales parten de modelos científicos, los cuales pueden distinguirse en físicos y teóricos. Los primeros se remiten a aquellos objetos físicos concretos, es decir que poseen una base material susceptible de ser captada por el humano; los segundo, los modelos teóricos, se refieren a entidades abstractas (Toon, 2012). Sin importar si el referente es abstracto o material, las representaciones se traducen en una amplia

variedad de formatos visuales (imágenes): tablas, gráficas, diagramas, modelizaciones, dibujos, ilustraciones, fotografías, entre otras (Perini, 2005).

### Atravesar muros

Lo que en un principio fue considerado como mero adorno de las publicaciones científicas, como una inscripción que se transformaba en diagramas o imágenes (Woolgar y Latour, 1986), ahora es entendido como un tipo de lenguaje utilizado por los científicos que “involucra tanto la persuasión como la creación de significado” (Golinski, 2005, p.146). La ciencia, o mejor dicho, el conocimiento científico, viaja en imágenes, atraviesa las paredes de los laboratorios para alcanzar lugares, en apariencia, escondidos a la mirada. Es en este viaje que las imágenes estabilizan los sistemas teóricos que representan (Burri y Dumit, 2008); tanto así, que si en sus múltiples trayectorias las imágenes se preservan en el tiempo y en el espacio, se dice que poseen un gran poder persuasivo (Latour, 1986, citado en Golinski, 2005).

Latour ha sugerido que “el papel de las imágenes científicas puede entenderse centrándose en su movimiento a través del tiempo y el espacio” (Latour 1986 citado en Golinski, 2005, p.147). Es desde esta consideración que Burri y Dumit (2008) proponen los tres momentos antes mencionados (*producción, interacción e implementación*) para entender el rol de las representaciones visuales científicas en la construcción de significados, alimentadas por el “deseo de ver la verdad” del público (Burri y Dumit, 2008, p.299).

A grandes rasgos, el momento de estudio de la producción (*production*) se enfoca en entender cómo y quiénes establecen las diferentes formas de producir una imagen; la interacción (*engagement*) se enfoca en evaluar el papel instrumental de una imagen para producir conocimiento científico; la implementación (*deployment*) se refiere al uso de las visualizaciones científicas en diferentes esferas sociales (Burri y Dumit, 2008). Por su parte, Golinski (2005) propone que las representaciones visuales pueden ser estudiadas empíricamente desde 1) los escenarios en que son utilizadas, los cuales abarcan desde el propio laboratorio hasta las revistas y los libros de texto que las emplean; y 2) la función que

tienen, que puede “reconstruirse investigando los fines persuasivos a los que están destinadas y explorando cómo las interpretan realmente quienes las ven” (p.146).

Entonces, si pensamos en las imágenes utilizadas en la educación científica, como ejemplo básico en aquellas que están presentes en los libros de texto, se espera que hayan pasado por el escrutinio científico y que formen parte de un cuerpo de conocimientos sólido. Son imágenes que han salido de los muros de los laboratorios. En este sentido, Ludwik Fleck (1935) fue de los primeros en reconocer que las imágenes cumplen un rol fundamental en la percepción de un determinado fenómeno científico (Lorenzano, 2009), y de su papel en la construcción de “estilos de pensamiento” y un “colectivo de pensamiento” (Lorenzano, 2008).

Anteriormente Kuhn (1962) había señalado que los libros de texto, poniendo énfasis en la interpretación de una imagen científica, desempeñan un rol fundamental en el proceso de normalización de la ciencia, es decir, en “la actividad en que, inevitablemente, la mayoría de los científicos consumen casi todo su tiempo” (Kuhn, 1962, p.26). En realidad en la educación científica se cuenta con un enorme compendio de representaciones visuales puesto que se ha demostrado que las imágenes son dispositivos cognitivos eficaces y que presentan conceptos mejor que sólo el texto (Anderson y Dietrich, 2012). Ayudan a la comprensión.

### **Evolución en imágenes**

La ciencia está llena de metáforas visuales, las cuales son representaciones simplificadas de estructuras para estructuras teóricas y conceptuales. “Respecto a la evolución, tanto la teoría como su popularización está llena de metáforas visuales” (Torrens, 2010, p. 295). La representación de la teoría evolutiva está íntimamente ligada con las representaciones del sistema natural, es decir, con la clasificación de los sistemas vivos en relación con sus semejanzas (Voss, 2010). Torrens y Barahona (2016) sostienen que después de la publicación de *El Origen de las Especies* los naturalistas comprendieron que “el orden natural es un

reflejo de la historia evolutiva de los organismos” (p.320) y por ello, y a partir de Darwin, el “sistema natural se volvió sinónimo de sistema genealógico” (p. 320).

La idea que Darwin promovió fue la de comunidad de descendencia , que se popularizó con el único diagrama presente en su famoso libro de 1859 y casi un siglo después con su ahora famoso diagrama del cuaderno de notas B (Figura 1). En ambos casos se trata de un diagrama ramificado “cuyo tronco único representa el antepasado común de todos los seres vivos, las ramas muertas simbolizan a las especies o linajes extintos y la miríada de ramas verdes a las especies que viven en la actualidad” (Torrens y Barahona, 2016, p.321). Sin embargo, han habido otras formas de representar las relaciones entre los sistemas vivos, las cuales son un reflejo de la particular manera de concebir, desde una determinada teoría, las afinidades entre los sistemas vivos, que necesariamente tienen tintes evolutivos (Torrens, 2018).

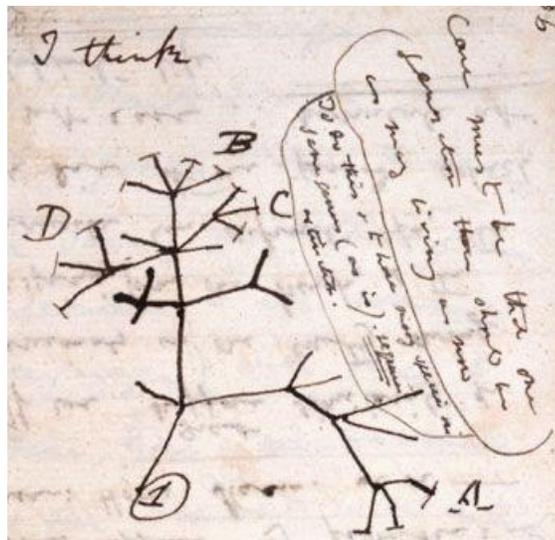


Figura 1. Boceto de un diagrama que se ramifica, dibujado por Charles Darwin en sus cuadernos de notas (1837), que muestra las relaciones evolutivas supuestas entre distintos grupos.

### Iconos del pensamiento evolutivo en la historia

En la actualidad las clasificaciones de los sistemas vivos se hacen en función de sus relaciones de ancestría-descendencia (Llorente, 2002). A lo largo de la historia de la biología

hemos presenciado diferentes propuestas de clasificación de los organismos que han tenido impacto en la representación de la teoría evolutiva. El árbol es la representación emblemática; sin embargo se pueden distinguir otras dos: las series (o líneas) y las redes. Para los fines prácticos de esta tesis, me interesa resaltar en el uso de las series y los árboles.

La línea (o serie) es quizá la metáfora más antigua. Esta propuesta muestra una organización de los sistemas vivos e inertes de acuerdo con su complejidad; fue Aristóteles quien forjó dicha concepción que fue popularizada por los escolásticos medievales y los neoplatónicos. Tal concepción tuvo su versión materializada en la obra de Diego Valadés (1579): *La gran cadena del ser* (Figura 2). La obra se soportaba en ideas religiosas, y era un reflejo de la concepción de fijeza e inmutabilidad de las especies, acorde con el *Plan de creación*. Dicha concepción tuvo su versión del mundo natural en la *Scala Naturae* (Figura 3), de Charles Bonnet (1764) (Torrens y Barahona, 2016). Una versión actualizada visualmente de dicha concepción es la *Marcha del progreso*, imagen de que más adelante se hablará con mayor profundidad.



Figura 2. Diego Valadés (1579): La gran cadena del ser



Figura 3. Charles Bonnet (1764): Scala Naturae

La otra metáfora que me interesa mencionar es la del *árbol*, la cual como “símbolo ocupa un lugar muy importante en la tradición iconográfica europea” (Figura 4) (Torrens y Barahona,

2016, p.330), pero que en la biología tuvo auge con Earnst Haeckel, quien comenzó a “construir genealogías para los organismos” a finales del siglo XIX y quien representó la evolución mediante árboles reales. Quizá su árbol más famoso sea aquel que representa la evolución del ser humano, de su libro *Anthropogenie* (1874) (Figura 5). El problema del uso del “árbol de la vida” como metáfora científica es que su interpretación se encuentra sumamente arraigada en ideas religiosas (desde el siglo IX), las cuales presuponen: “arriba lo más cercano al Cielo, representando lo bueno, lo superior, lo más evolucionado, mientras que abajo lo cercano al Infierno, representando lo malo, lo primitivo y lo menos evolucionado” (Torrens y Barahona, 2016, p. 330).



Figura 4. “Alegoría del árbol de la vida”, fechada en 1653 y firmada por el pintor Ignacio de Ries

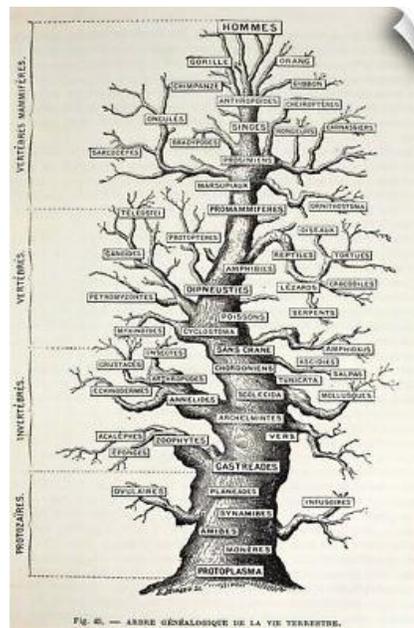


Figura 5 Anthropogenie (1874), Ernst Haeckel

A partir de Willi Henning —quien fundó la sistemática filogenética en la década de los 60 y estableció las bases para la construcción de genealogías de especies y taxones— el término de “árbol de la vida” en la biología se refiere estrictamente a que “las relaciones genealógicas y filogenéticas que pueden ser representadas por un gran árbol evolutivo” (Torrens, 2010, p. 139), dado que todos los organismos del planeta se encuentran relacionados genéticamente. De acuerdo con el método de construcción de árboles empleado, podemos identificar dos tipos de *dendrogramas* (cualquier representación gráfica en forma de árbol): cladogramas y

fenogramas. Tanto los cladogramas como los fenogramas agrupan organismos de acuerdo a características de semejanza y diferencia, sin embargo los fenogramas no toman en cuenta la historia evolutiva, sino que se rigen por la mayor o menor semejanza entre los grupos. Los cladogramas (Figura 6) son las representaciones más sencillas de los árboles filogenéticos y están compuestos por especies evolutivas y sucesos de especiación (Llorente, 1994, citado en Torrens, 2010).

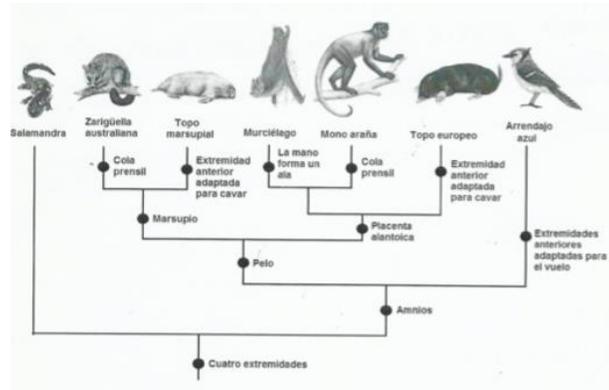


Figura 6. Ejemplo de Cladograma

#### Otros referentes visuales al pensar la evolución

Si bien los diagramas de árboles filogenéticos son fundamentales para el trabajo de la ciencia moderna, y se han utilizado de manera extensa para comunicar y razonar sobre la diversidad de especies (Matuk y Uttal, 2012), no son los únicos referentes visuales para pensar en la evolución. Wells (2000) sostiene que, además de los árboles evolutivos, en los libros de texto de biología aparecen otros ejemplos muy utilizados, que sin duda tienen su soporte visual, entre ellos señala los siguientes: 1) Estructuras homólogas (Figura 7), 2) Embriones de Haeckel (Figura 8), 3) el *Archaeopteryx* (Figura 9), 4) los pinzones de Darwin (Figura 10), 5) la polillas (Figura 11), 6) secuencia de caballos (Figura 12), y 7) la serie de la Marcha del progreso (Figura 13).

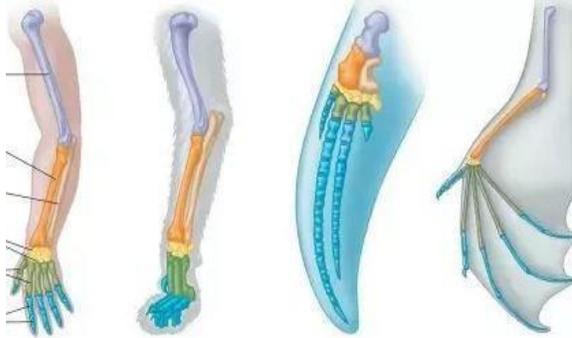


Figura 7. Ejemplo de imagen de Estructuras homólogas

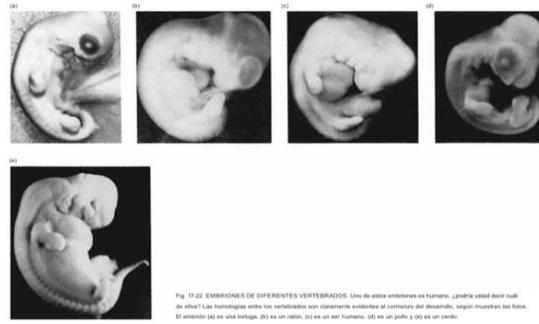


Fig. 17-22 EMBRIONES DE DIFERENTES VERTEBRADOS. Uno de estos embriones es humano. ¿pueda usted decir cuál de ellos? Las homología entre los vertebrados son claramente evidentes al comienzo del desarrollo. Intento mostrar las líneas. El embrión (a) es una tortuga, (b) es un gato, (c) es un ser humano, (d) es un puerco y (e) es un vaca.

Figura 8. Ejemplo de imagen de los Embriones de Haeckel

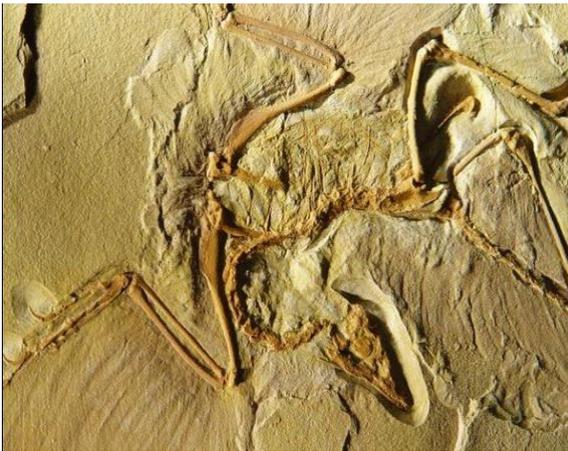


Figura 9. Ejemplo de imagen de Archeopteyx

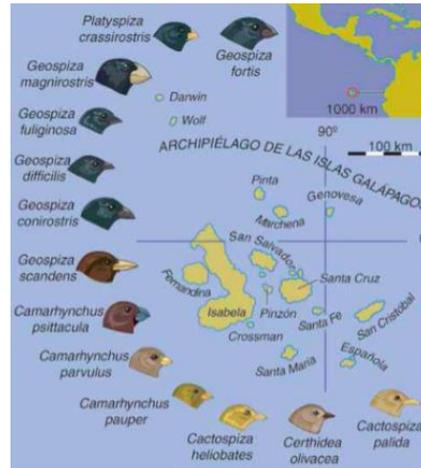


Figura 10. Ejemplo de imagen de Pinzones de Darwin

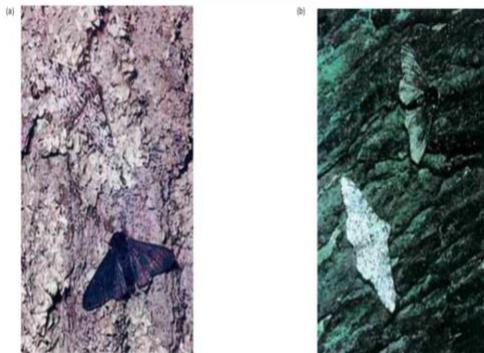


Figura 11. Ejemplo de imagen de Las Polillas

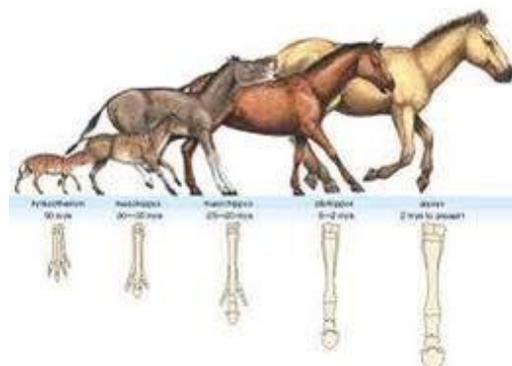


Figura 12. Ejemplo de imagen de Secuencia de Caballos

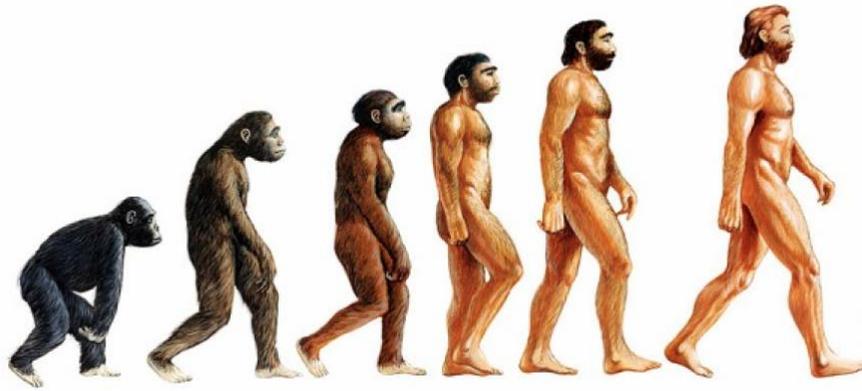


Figura 13. Ejemplo de imagen de *La Marcha del Progreso*

En su mayoría, las imágenes mostradas suelen aparecer en los libros de texto de Biología como evidencias de la evolución.

A continuación presento de manera general qué pretende resaltar cada imagen, sin entrar en el debate de lo que es considerado como evidencia, ni comentar si dichas representaciones tienen validez científica. 1 *Estructuras homólogas*, resalta el clásico ejemplo de la comparación entre estructuras anatómicas que guardan su similitud en diferentes especímenes dado que comparten un ancestro. 2 *Embriones de Haeckel*, se presentan los clásicos dibujos que Haeckel realizó para mostrar que embriones de diferentes clases de vertebrados eran aparentemente similares en estadios tempranos y la diferencia se iba marcando conforme se iban desarrollando, la idea de que la ontogenia recapitula la filogenia. 3 *Archaeopteryx: el estado intermedio*, se presenta un fósil calificado como el estado intermedio entre un ave y un dinosaurio, lo cual resalta la transición entre especies distintas. 4 *Pinzones de Darwin*, resalta las observaciones directas que Darwin hizo en las islas Galápagos para remarcar que los diferentes picos de las aves son resultado de los diferentes tipos de alimentación, lo cual describe la rápida especiación. 5 *Polillas de Darwin*, el clásico ejemplo del cambio de color de las polillas como resultado de una presión selectiva (la constante depredación de las aves). 6 *Línea de los caballos*, el ejemplo que encaja perfecto dado que se conocen los fósiles de ancestros del caballo actual, lo cual permite presentar su evolución de manera gradual. 7 *La Marcha del Progreso*, está merece un espacio reservado, el cual se encuentra al final de este capítulo.

## Imágenes de la evolución en México

En México, con el proyecto *Cultura visual científica: análisis de las prácticas representacionales en la enseñanza de la evolución biológica de 1920 al México actual (2017-2018)*<sup>5</sup> se recabaron numerosas imágenes utilizadas sobre el tema, muchas de las cuales no sólo se usan en escenarios educativos, sino también en espacios de exposición más amplios, lo cual es de suma importancia porque da una idea del número de miradas potenciales a persuadir. A continuación presento algunas de estas imágenes.

Las imágenes seleccionadas fueron elaboradas en tiempos distintos, lo importante es que siguen presentes en la cultura mexicana. Su presencia da una idea del imaginario colectivo visual de la población. La cuestión interesante es que su presencia puede mantener o reavivar discursos que consideramos, o esperamos, superados. Torrens y Villela (2018) sostienen que “numerosas representaciones del proceso de la evolución biológica en materiales educativos mexicanos presentan narrativas en conflicto, así como errores conceptuales, información obsoleta, estereotipos y prejuicios étnicos y de género” (p. 445). Todos estos tipos de errores se pueden hallar en la *Marcha del Progreso*.

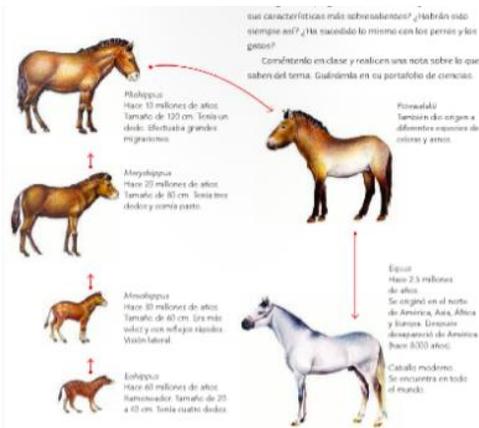


Figura 14. Ejemplo de imagen de la *Secuencia de caballos* en el Libro 6º año de primaria de la SEP.



Figura 15. Ejemplo de imagen de *Estructuras homólogas* en el Libro 6º año de primaria de la SEP

<sup>5</sup> El proyecto corresponde con uno del Programa de Apoyo a Proyectos de Innovación e Investigación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, dirigido por la Dra. Erica Torrens en el año 2017. De éste se recopilaron numerosas imágenes de fuentes como materiales educativos, como libros de texto y monografías escolares, museos y murales artísticos.

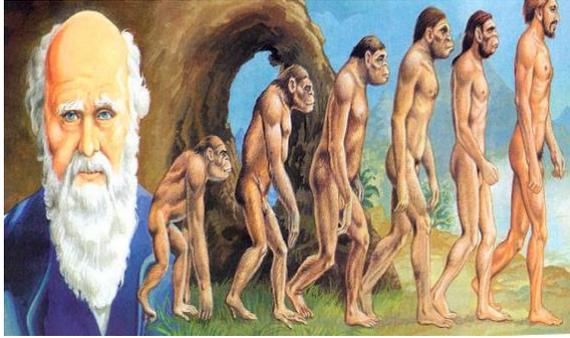


Figura 16. Ejemplo de imagen de *La Marcha del Progreso* en una monografía

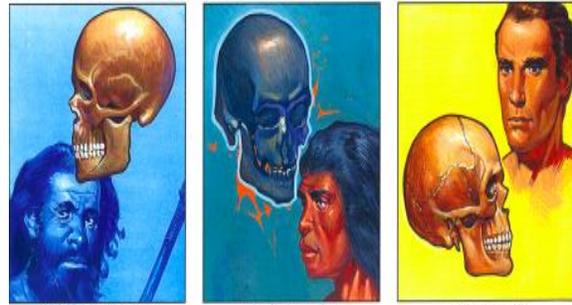


Figura 17. Ejemplo de imagen de la *evolución del hombre* en una monografía

### “EL” ícono de la evolución: La Marcha del Progreso

*La Marcha del Progreso* sigue siendo el ícono más difundido de la evolución. Ninguna otra imagen sobre la evolución ha estado tan presente en la cultura popular durante tantas décadas. La primera versión fue hecha por Huxley en 1863 (Figura 18) e ilustraba las similitudes entre simios y la especie humana; sin embargo la imagen que se instaló profundamente en el imaginario colectivo, y de la cual Gould nos advertía tener cuidado, fue la ilustración resumida de la evolución del hombre realizada por Rudolph Zallinger para la serie *Early Man* de Time Life Books (1965), donde se presentaba evidencia fósil de 25 millones de años de la evolución humana.

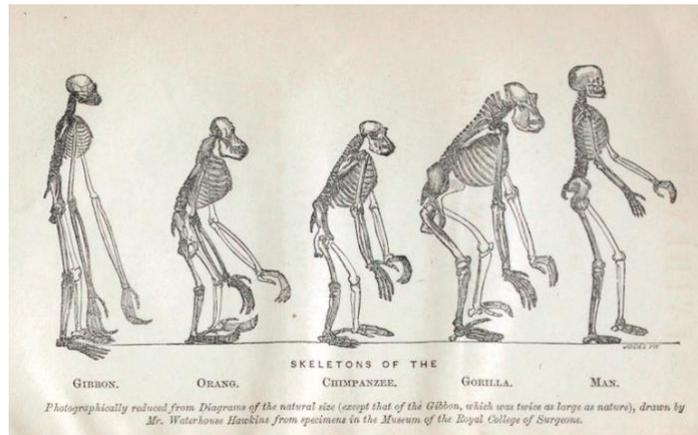


Figura 18. Ilustración del libro *Man's place in nature* de Thomas Henry Huxley (1863)

Esta famosa imagen tuvo dos versiones: una larga y otra corta. En la primera (Figura 19) aparecen quince ejemplares de primates que se creía formaban parte de la historia evolutiva de la humanidad; el rango temporal de ese proceso de hominización —es decir, del conjunto de transformaciones por las cuales unas especies adquieren características de homínino. La

segunda (Figura 20) es un resumen, aparecen sólo seis de los quince tipos de primates y corresponden con las tres primeras de la escala evolutiva (izquierda) y las tres del final (derecha), seis especies a partir de las cuales es posible identificar con claridad esa línea ascendente.

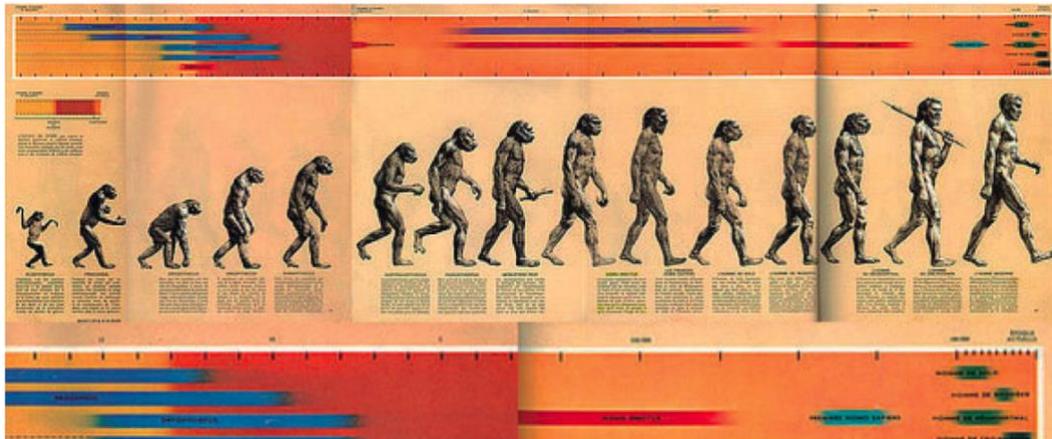


Figura 19. Versión extendida del dibujo de Rudolf Zallinger (1965)

“La marcha del progreso es la representación canónica de la evolución: una sola imagen que es inmediatamente captada y visceralmente comprendida por todos” (Gould, 1989), una imagen que refuerza una “visión confortable de la inevitabilidad y superioridad del hombre” (Ibid., p. 17), una imagen que materializa y vuelve inmortal la más antigua metáfora de la serie: la gran cadena del ser.

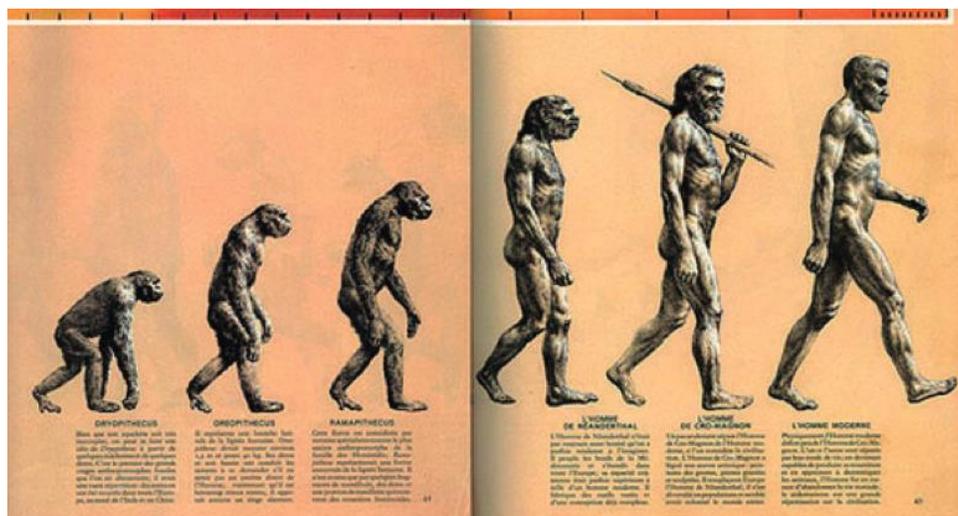


Figura 20. Versión resumida del dibujo de Rudolf Zallinger (1965)

Un gran error conceptual que subyace a esta imagen es pensar que evolución significa progreso, progreso dirigido a un fin (cita); pensar que “la función del pasado era producir nuestro presente” (Dawkins, 2008, p.22). La imagen (en su versión larga) presenta información obsoleta porque, desde la disciplina de la biología evolutiva, los primeros cuatro primates no son considerados antepasados de la especie humana, y el séptimo, *Paranthropus*, aún no se esclarece del todo su lugar, sigue siendo un callejón sin salida (Torrens y Vilella, 2018). La imagen sigue promoviendo la idea estereotipada del “hombre blanco” como el pináculo de la evolución, estereotipos que desde 1799 con Charles White eran utilizados para sostener que el hombre europeo (“blanco”) resultaba ser la forma “más evolucionada del hombre”:

¿Dónde encontraremos, como no sea en el europeo, esta cabeza noblemente arqueada, la nariz prominente y el mentón redondeado y saliente? ¿Dónde esta variedad de rasgos y esta plenitud de expresión... estas mejillas rosadas y estos labios de coral? (White, 1799, citado en Gould, 1989).

Además, como bien señala Dawkins (2008) “siempre es el hombre y no la mujer” quien aparece abanderando la evolución.

### **“EL” ícono de la evolución es “EL” problema**

*La Marcha del progreso* es el problema de la presente tesis por ser una fuente de confusión sobre las ideas evolutivas del gran público. Es una fuente que descansa en el poder de persuasión, porque se ha preservado en el tiempo y en el espacio (Latour y Woolgar, año), y en la actualidad es promovida constantemente en la cultura visual popular mundial. Basta con hacer una búsqueda electrónica rápida en el navegador con la palabra *evolución*, para dar con más de 100 formatos distintos de *La Marcha*.

La imagen materializa los tres obstáculos epistemológicos que González-Galli y Meinardi (2017) identifican en el aprendizaje de la evolución por selección natural: teleología de sentido común, razonamiento centrado en el individuo y razonamiento causal lineal. Esto es así por los elementos visuales que aporta la imagen: 1) el desfile, 2) la progresión, 3) unicidad, 4) inicio-fin.

El razonamiento causal lineal está soportado por *El desfile*. *El desfile*, o marcha, es el elemento esencial, un organismo detrás de otro que siguen una línea. Una línea cuya lectura es acorde con la forma convencional de leer un texto (izquierda a derecha), es decir que lleva una dirección, que nos acerca a un fin, desde un pasado a un presente. El *inicio-fin* es el elemento que articula el segundo obstáculo (teleología de sentido común) con el anterior, que se enlaza con la dimensión temporal de *El desfile*, puesto que nos muestra con una figura primaria (primate) y una última (el hombre) la noción de finalidad, de un propósito. Dicho propósito descansa en el otro elemento, *la progresión*, el cual utiliza el aumento del tamaño como centro de la mirada. La adquisición de la postura erguida y el aumento del cráneo, dibujan una línea ascendente del proceso. Por último, el razonamiento centrado en el individuo se justifica con la *unicidad*, la cual está presente con un solo ejemplar de los que se suponen son los antepasados. Defiende la idea de que es el individuo (y no la población) quien evoluciona, elemento crucial (pensamiento poblacional) para entender la evolución por selección natural.

Podemos considerar que en realidad es difícil visualmente desenredar los obstáculos. La Marcha del progreso es un discurso visual que promueve muchas de las ideas equivocadas sobre evolución que resultan en obstáculos.

## **SEGUNDA PARTE**

Propuesta para abordar el problema

## CAPÍTULO III: ENSEÑAR EVOLUCIÓN CON IMÁGENES

### Imágenes, más que simples adornos

Algunas imágenes han ayudado a construir significados, y algunos significados, en este sentido, se han construido con el soporte de las imágenes. Una infinidad de cuestiones surgen respecto a este ir y venir entre significado - imagen - significado, pero Abramowski (2009) nos alienta a pensar el papel de las imágenes no únicamente analizando su contenido intrínseco, es decir en lo que dicen, sino también desde lo que éstas desatan en las experiencias de quienes las miran. La mayoría de las veces los docentes las utilizan en su ejercicio como meros adornos de su discurso, ya sea textual o auditivo, como un elemento secundario. Parte de esta consideración de las imágenes en segundo plano, se debe, de acuerdo con la misma autora, a que en Occidente la escuela ha prestado mucha más atención a la cultura letrada. Así es fácil notar que en los libros de texto las imágenes cumplen una función ilustrativa, subordinadas a las palabras. Pero las imágenes pueden hacer más que eso, son muy importantes en nuestra sociedad. Una imagen “permite mostrar cosas que de otro modo no pensaríamos sin ellas, despierta sentimientos de tristeza, de ternura, de rabia y al mismo tiempo nos proporcionan información” (Gallardo, 2014, p. n/a).

La información observable es importante para comprender las realidades cotidianas de la vida escolar (Prosser, 2007) y vale la pena tener presente: 1) su poder, 2) su relación con las palabras (imagen-texto) y 3) su relación ver - saber. Su poder, entendido desde las reacciones que éstas despiertan, porque además de ser vehículos de transmisión de ideas, valores o emociones, las imágenes movilizan conocimientos, generan atracción, rechazo, afectos o sensaciones. La primacía de las imágenes en el aprendizaje resulta de su potencial para activar la atención y las emociones en quienes las observan (Abramowski, 2009).

Abramowski (2009) nos recuerda que, si bien muchas veces las palabras no bastan para expresar lo que una imagen sí puede hacer, en muchas otras ocasiones las palabras “hacen hablar a las imágenes”, auxiliando al entendimiento y la comprensión. Las palabras y las imágenes están intrincadas, se responden mutuamente. Mantienen un vínculo, en el que las palabras pueden restringir o aligerar las interpretaciones, los significados. La relación ver -

saber nos plantea preguntas como ¿qué tanto nuestros saberes configuran nuestras miradas? ¿Qué vemos cuando miramos? ¿Solo vemos lo que sabemos?

Nuestros saberes configuran nuestras miradas, pero una experiencia visual puede cuestionar nuestros saberes y desestabilizarlos (Abramoswki, 2009); en su sentido más esperanzador, llevar a aprender a mirar de otros modos, a cuestionar los discursos visuales que nos establece una determinada cultura, y a cuestionar el “imaginario normalizado”. Podemos volver el acto de mirar, un recurso de crítica de estándares, un acto político (Reguillo en Dussel, I. y Gutiérrez, D. 2006).

Entonces, ¿Cómo entender la función que desempeña una imagen? ¿Sobrevaloramos o menospreciamos su poder? Golinski (2005) nos propone entender la función de una imagen “investigando los fines persuasivos a los que están destinadas y explorando cómo las interpretan realmente quienes las ven” (p.146); este trabajo y el presente capítulo pretende aportar distintas actividades para explorar los significados y modos de ver determinadas imágenes sobre evolución, bajo el marco antes mencionado.

### **Aprender a mirar, un acto de normalización**

*Ver* es un acto físico, ver con una intención es *mirar*. Mirar es articular la vista con un (hacia un) objetivo. “Necesitamos mirar para certificar, para curiosear, para descubrir, para encontrar en lo mirado nuestro deseo o para desvelar verdades” (Guix, 2011, p. n/a). La mirada es, y está determinada por, un acto social; y como todo “lo social”, es culturalmente construido. Mirar es un acto de normalización. En este sentido “la imagen no es un artefacto puramente visual, puramente icónico, ni un fenómeno físico, sino que es la práctica social material que produce una cierta imagen y que la inscribe en un marco social particular” (Dussel, 2006, p.280).

El marco social (cultural) que crea (o adopta) a una imagen estabiliza su significado. La cultura de la imagen aporta a la imaginación (las imágenes creadas en la mente) que tenemos de la sociedad y de la naturaleza. Aprendemos a mirar desde los estereotipos, formas e íconos

provistos por la cultura en la que vivimos, determinando así la forma que tenemos de pensarnos y de pensar a los demás. Es así que educar la mirada se vuelve un acto político y ético, en el que como docentes debe estar siempre presente el cómo pensamos (y usamos) las imágenes en relación con la “cultura contemporánea, con la pluralidad de las voces y de modos de representación que tienen las sociedades” (Dussel, 2006, p. 285).

En la educación científica, Kuhn (1962) nos muestra un ejemplo de cómo el proceso de ciencia normal (normalización) determina la vista entrenada del científico (la mirada del científico):

Al mirar el contorno de un mapa, el estudiante ve líneas sobre un papel, mientras que el cartógrafo ve una fotografía de un terreno. Al examinar una fotografía de cámara de burbujas, el estudiante ve líneas interrumpidas que se confunden, mientras que el físico ve un registro de sucesos subnucleares que le son familiares. Sólo después de esas transformaciones el estudiante se convierte en habitante del mundo de los científicos, ve lo que ven los científicos y responde de la misma forma que ellos (Kuhn, 1962, p. 177)

El acto de llegar a “ver lo que ven los científicos” representa el acto último de normalización de la mirada, en donde una serie de saberes y disposiciones alrededor de la imagen están en juego. En la mirada “científica”, ciertamente los saberes previos (carga teórica, de acuerdo con Hanson, 1958) determinan en gran medida la capacidad de dotar de significado a eso que se ve, pero también la memoria visual (dominada por imágenes) acerca de un determinado fenómeno determina la habilidad de localizar y usar referentes visuales para significar.

El término *alfabetización visual* (visual literacy) hace referencia a esta “habilidad de leer, escribir y crear imágenes visuales” (Harrison, s.f.); fue acuñado en 1969 por John Debes para referirse a:

un grupo de competencias visuales que un ser humano puede desarrollar viendo y al mismo tiempo teniendo e integrando otras experiencias sensoriales. El desarrollo de estas competencias es fundamental para el aprendizaje humano normal. Cuando se

desarrollan, facultan a una persona visualmente alfabetizada para discriminar e interpretar las acciones visibles, objetos, símbolos, naturales o hechos por el hombre, que encuentra en su entorno. A través del uso creativo de estas competencias, es capaz de comunicarse con los demás. Mediante el uso apreciativo de estas competencias, es capaz de comprender y disfrutar de las obras maestras de la comunicación visual (Debes, 1969, p.14).

Dicho concepto involucra el cómo pensamos (visual thinking), cómo aprendemos (visual learning) y cómo comunicamos (visual communication) desde lo visual. Es decir, en la incorporación de imágenes en el pensamiento consciente para la atribución de significados mediante el uso de formas, colores, líneas y componentes (visual thinking). En la elaboración de imágenes con propósitos educativos y en cómo se utiliza la información visual para aprender (visual learning). Y en el uso de símbolos visuales para expresar ideas y llevar significados a otros (visual communication) (Trumbo, 1999).

La alfabetización visual científica es, entonces, el acto de aprender y enseñar a mirar imágenes en la ciencia, un acto que guía las interpretaciones frente a lo visual. Un acto en el que la interpretación resulta luego de que el estudiante -en el ejercicio de aprender- (y el docente también-en el ejercicio de enseñar-) integra a su pensamiento las evidencias visibles para crear significado. Este ejercicio se ve enriquecido, y condicionado, agregaría, por las influencias culturales en la comunicación visual (Trumbo, 1997). Este ejercicio demanda, por tanto, que tanto estudiantes como profesores tengan una terminología compartida y especializada que describa el significado, así como un metalenguaje visual (Cloonan, 2011).

### **Expresar y desarrollar ideas con imágenes**

Como he mencionado líneas arriba, se usan imágenes para aprender ciencia y “mientras aprendemos sobre ciencia, visualizamos los conceptos en imágenes” (Trumbo, 1999, p.417). En el aprender con imágenes en la ciencia (alfabetización visual científica) está involucrada, o es resultado de, la familiarización (apropiación) de íconos y sistemas simbólicos que

forman parte de un vocabulario especializado dentro de las disciplinas científicas y la interpretación del significado asociado a una representación particular (Trumbo, 1999).

La propuesta curricular del Gobierno Australiano resulta innovadora en la incorporación de la alfabetización visual como parte de los métodos que buscan mejorar la enseñanza. Dicha propuesta parte del reconocimiento de la necesidad de la construcción de un lenguaje común entre docentes y estudiantes (metalenguaje) para hablar con precisión y coherencia sobre cómo se hace el significado de determinados textos visuales (imágenes) (State Government of Victoria, Australia, 2019). Y es desde esta idea que fueron pensadas las distintas actividades que abordaré líneas abajo, pero antes quiero mencionar algunas consideraciones del metalenguaje en la alfabetización visual.

En la propuesta del Gobierno Australiano se sostiene que los estudiantes aprenden como creadores eficaces de textos visuales, utilizando una amplia gama de opciones semióticas visuales (para atribuir significados), entre las cuales se incluyen, íconos, símbolos, líneas, vectores y tamaños para expresar acciones e ideas, para representar a los participantes (los personajes o las cosas/objetos vistos), la naturaleza de los eventos y las circunstancias. Para este ejercicio, he prestado atención a los íconos puesto que, al igual que los símbolos, pueden ser usados como atajos para representar ideas o conceptos; pueden utilizarse también para presentar conceptos e información en diagramas, gráficos, líneas de tiempo y otras formas de textos de información visual (State Government of Victoria, Australia, 2019). Sin duda la elección de íconos viene a ser justificada en el conocimiento cultural y social compartido del significado visual que se les atribuye (Kress, 2010).

Es desde esa perspectiva que a continuación pretendo presentar mi propuesta de actividades en el tema de la evolución biológica para el bachillerato. El énfasis de utilizar imágenes se enmarca, además, en que la alfabetización visual se construye con un entrenamiento visual, la experiencia como espectador de quien aprende a ver. Desde el primer momento que una persona empieza a ser educada está expuesta a un sinfín de imágenes, a partir de las cuales se habitúa a y apropia de referentes visuales. Los referentes visuales pueden ser aquellas imágenes que son usadas frecuentemente (Casakin & Kreitler, 2012). Estos referentes se

exponen desde la educación formal, por ejemplo, en los libros de texto y materiales educativos, o desde la educación no formal, por ejemplo, en exposiciones de museos educativos, documentales, medios de comunicación masiva, entre otros. Es en este proceso de habituación y apropiación de referentes visuales que se les atribuye significados, generalmente están basados en creencias, las cuales competirán a la hora de interpretar.

Ahora, ¿qué imágenes sobre evolución podrían resultar referentes visuales? ¿Cómo ubicamos esos referentes visuales que forman parte del imaginario científico del estudiante? ¿Cómo conocemos los significados que son atribuidos a dichos referentes? Torrens y Barahona en *El tema de la evolución en los libros de textos mexicanos (2017)*, ofrecen un panorama sobre qué esperar respecto a aquellos referentes que se han instaurado en la cultura sobre el pensamiento evolutivo en México. Y es de hecho *La marcha del progreso* la imagen que persiste y resiste, y que ha resultado un obstáculo en el aprendizaje de evolución porque conlleva inevitablemente a creencias erróneas. La imagen está presente en el imaginario popular, al menos desde la década de los años 70, pero ¿es un referente visual para los estudiantes?

Mi respuesta apresurada es que sí, que *La marcha del progreso* es un referente visual de los estudiantes para pensar en el proceso evolutivo. Esto es problemático porque dicha representación materializa al menos tres obstáculos epistemológicos: razonamiento centrado en el individuo, pensamiento causal-lineal, y progresividad de sentido común; lo cual se traduce en una infinidad de ideas equivocadas sobre la evolución biológica.

#### Actividades propuestas para expresar y desarrollar ideas sobre evolución

A continuación presento una serie de actividades que se centran en el uso de imágenes particulares sobre evolución, las cuales formaron parte de mis intervenciones en el aula. Se seleccionaron y plantearon considerando los distintos tipos de actividades propuestos por Sanmarti (1997): 1) *de inicio o planteamiento de problemas*, que buscan la expresión de ideas previas; 2) *de identificación de otras formas de explicar*, “orientadas a favorecer que el estudiante pueda identificar nuevos puntos de vista en relación con los temas objeto de estudio” (p.14); 3) *de estructuración de conocimiento*, “que favorezcan que el alumnado

explícite qué está aprendiendo, cuáles son los cambios en sus puntos de vista” (p.15); y 4) *de generalización* o cierre, donde se apliquen las concepciones revisadas.

#### Actividad de inicio o planteamiento de problemas

La primera actividad la intitulé *¿Cómo represento el proceso evolutivo?* y tiene la intención de indagar ideas previas y la explicitación de representaciones. Se le solicita al alumnado que elaboren su propia representación de cómo piensan que ocurre el proceso evolutivo; la tarea es dibujar su propia representación. La intención de solicitar un dibujo está fundamentada en que, por un lado, los dibujos “pueden responder a la demanda de una representación idealizada de un tipo de fenómeno, o de una representación naturalista o realista de un espécimen individual” (Golinski, 2005, p. 147). Esta idealización respondería al establecimiento de una determinada representación como la dominante y constantemente presente en el imaginario colectivo. Por otro lado, si un estudiante realiza un dibujo es una forma de buscar evidencias del modo de “aprender a ver”; los dibujos responden a una “hiperrealidad que da forma visual a cosas que no se ven normalmente... trata del proceso de negociación y selección por parte de los estudiantes de lo que es importante incluir y hacer visible en sus representaciones” (Kress, et al. 2001, p. 140). Vale mencionar que el dibujo irá acompañado de la descripción de su creador para “dar una lectura del dibujo”. Adicionalmente, los resultados sirven para responder la pregunta ¿cuáles son los referentes visuales para pensar sobre la evolución biológica?

#### Actividad de identificación de otras formas de explicar

La actividad *Varias imágenes, varias ideas*, corresponde con una de *Identificación de otras formas de pensar*, con el objetivo de, por un lado, aportar a los estudiantes otros elementos visuales para pensar el proceso evolutivo, por otro lado, utilizar a la historia de la ciencia como un recurso para reconocer que muchas de las ideas erróneas se corresponden con determinadas formas de pensar y representar la evolución a lo largo de la historia. Esta actividad se relaciona con el *momento de evaluación del progreso* y tiene como objetivo introducir nuevas variables (otras opciones semióticas) que lleven a discutir el fenómeno del

proceso evolutivo, lo que da una base para identificar otras formas de observar y de explicar un determinado fenómeno (Sanmartí, 2000).

Las imágenes que elegí para que sirvan como *otras opciones semióticas* fueron: *La gran cadena del ser* (Figura 2), *El pedigree del hombre* (Figura 5) y un cladograma (Figura 6). Las tres imágenes presentan diferentes “miradas” del proceso evolutivo, y se corresponden con un momento particular de la historia de la ciencia. Campanario (2000) sugiere que la historia de la ciencia es un recurso a partir del cual se puede lograr que los estudiantes reconozcan que muchas de sus ideas previas son muy parecidas a antiguas problemáticas o debates que se llevaron a cabo entre las comunidades de científicos, que se suponen superadas, pero que en realidad resultaron cruciales para desarrollar un cambio conceptual<sup>6</sup>.

La actividad está guiada por la propuesta de Trumbo (1997) sobre *El proceso de crítica en la comunicación visual*, la cual resalta tres momentos: descripción, interpretación y evaluación. Dicha propuesta tiene como fin facultar a los estudiantes para que examinen su ejercicio de crítica visual a través de preguntas. El primer momento (descripción) “es simplemente un recuento de las pruebas visibles” (p.17), a partir de preguntas como: ¿de qué trata esta imagen? ¿quién y qué hay/está en esta imagen? ¿quiénes son los principales participantes - personajes, o cosas/objetos - vistos? ¿qué está sucediendo? ¿qué están haciendo los diferentes participantes/objetos? ¿Dónde y cuándo y por qué está sucediendo esto? (State Government of Victoria, Australia, 2019). Posteriormente, la interpretación (segundo momento) tiene por objeto “invitar a los estudiantes a incorporar su perspectiva o filosofía personal en la discusión, al tiempo que se examinan la variedad de otros puntos de vista que son posibles” (Trumbo, 1997, p.18). Esto se logra en el momento en el que se

---

<sup>6</sup> De acuerdo con Lucariello (2010) existen un amplio consenso en la educación sobre el indispensable papel del cambio conceptual para que se produzca un aprendizaje, basado en la existencia de concepciones alternativas o erróneas sobre un determinado tema. Posner et. al. (1982) sugieren que existe una estrecha relación entre el modo en que las ideas cambian en la historia de la ciencia (según Kuhn) y el modo en que las ideas cambian durante el aprendizaje individual. González (2011) sostiene que en una versión más difundida sobre el Cambio Conceptual se refiere al reemplazo de las concepciones alternativas por otras diferentes.

posiciona a una imagen en el entorno y la cultura en que fue fabricada - “La única manera de entender realmente lo que significa o implica el uso de un color, estilo de ilustración, tipo de letra, ícono o estilo fotográfico en particular, es averiguar su origen y las influencias que llevan a su selección”- (p.19). Este momento se encuentra ligado con la evaluación, que involucra verificar una imagen, confirmar la veracidad de una idea. Las preguntas que guían estos momentos son: ¿Tiene un significado simbólico, político y cultural que no se ajusta a la intención? ¿Puede ser mal interpretado?

En todo momento el objetivo es “insistir en el componente problemático del conocimiento” (Campanario, 2000, p. 371) (los obstáculos) a través de las representaciones. Para esto me apoyo de un cuadro comparativo que resalta las diferencias entre dichas representaciones, y de hecho el ejercicio de crítica visual puede servir para que el estudiante se introduzca en el proceso de investigación como modo de verificar una determinada idea, lo cual forma parte de la formación o construcción del anhelado pensamiento crítico (Trumbo, 1997).

#### Actividades de estructuración de conocimiento

La primera actividad se denomina *Elementos para interpretar un evograma* y corresponde también con el *momento de evaluación del progreso*; además, corresponde también con un momento de fijación o transferencia (o de cierre), que de acuerdo con Sanmarti (2000) está orientado a transferir las nuevas formas de ver y explicar a situaciones nuevas y más complejas. Esta actividad tiene la intención de mostrar un caso particular (la evolución de la especie humana Figura 20) en el cual se pueda hacer explícito lo aprendido hasta el momento. La intención de utilizar un evograma (un diagrama que transmite información sobre la evolución de un grupo de organismos y sus características particulares) es que son “útiles para mostrar a los estudiantes la lógica, la fuerza y la comprobabilidad de las hipótesis evolutivas” (Berkeley.edu, 2020). Visualmente la imagen muestra mucha información; sin embargo, cada elemento que compone el evograma presenta aspectos particulares a resaltar (véase descripción en la Figura 21). La idea es realizar el ejercicio de la actividad anterior (*el proceso de crítica en la comunicación visual*), dirigido por mí. En este sentido la actividad es un ejercicio de interpretación dirigido. En este ejercicio, de acuerdo con Mutak (2012),

“los espectadores construyen dinámicamente el significado” en lugar de recibirlo de una manera pasiva directamente de la representación, donde cada sentido atribuido al elemento visual (significación) deviene una comparación y coordinación de la información presentada en dicha representación (Mutak, 2012, p. 121).

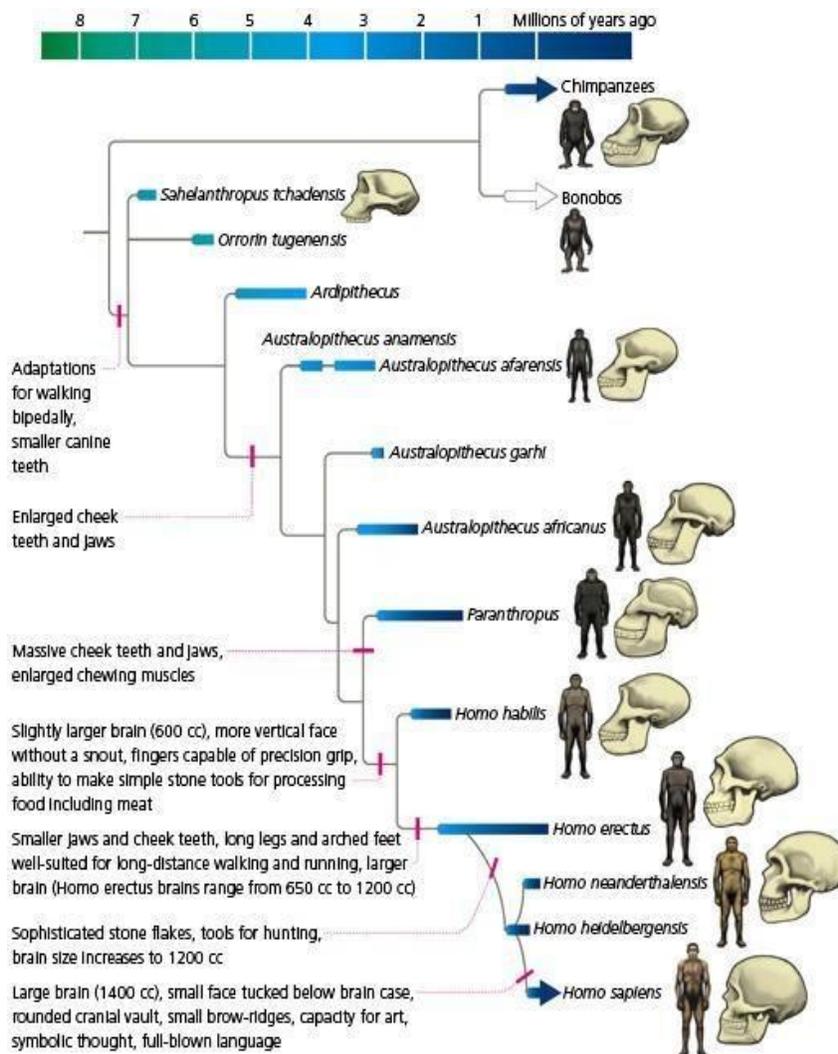


Figura 21. Evograma de la Emergencia de la especie humana

### Descripción:

La propuesta visual parte de dos hechos: 1) los seres humanos son primates y 2) los primates son mamíferos. No se tiene el objetivo de ahondar en las consideraciones sobre taxonomía sino resaltar aspectos particulares: 1) los humanos son una especie de simio, 2)

“no se debe esperar que el antepasado común extinto de dos formas de vida se vea como un perfecto intermediario”, 3) desentrañar el mito del hombre-mono, sosteniendo que no existe un registro fósil de los comportamientos atribuidos a éste, pero el balance de la evidencia disponible apoya la hipótesis de que el ancestro homínido era terrestre y bípedo. Visualmente ¿cómo se presenta? A continuación presento los elementos visuales hacia los cuales se dirige la atención:

- Dendrograma: La conformación de los distintos elementos presentados descansan en un diagrama en forma de “árbol”, un tipo de representación gráfica que organiza los datos en subcategorías que se van dividiendo en otros hasta llegar al nivel de detalle deseado.
- Línea de tiempo: En la parte superior de la imagen se presenta una barra azul dividida por tonalidades y por números, para resaltar el tiempo en millones de años.
- Barra de tiempo: Las barras gruesas de color azul que se intensifican, que acompañan los nombres de las especies presentadas, representa el tiempo que cada especie permaneció en la tierra.
- Flecha de actualidad: A diferencia de las barras, las flechas denotan actualidad, presencia en la tierra.
- Señalización rosa: Los elementos rosas, en línea y barra, presentan el momento en el tiempo en cual emergió una determinada característica (acompañada con un texto). Indica el orden hipotético de la aparición de dichos rasgos.
- Reconstrucciones pictóricas: Todas las especies presentadas vienen con una representación de cómo se piensa que pudieron haberse visto.
- Soporte fósil: A un lado de cada reconstrucción viene un cráneo, para ilustrar la diferencia morfológica.

Por otro lado, la actividad *Escarabajos* (en anexo) retoma el ejemplo clásico de las “Polillas de Darwin” y pretende presentar un caso distinto al de la emergencia del ser humano, además de focalizarse en el concepto de Selección Natural. En el ejercicio se presentan tres escenarios a los estudiantes en los que la población de escarabajos está cambiando; la consigna consiste en que el alumno realice una descripción de los escenarios “en términos evolutivos” (es decir,

utilizando sus conocimientos sobre evolución) prestando atención a las imágenes. Si bien podría tratarse de una actividad tradicional, el fin es resaltar dos aspectos del aprendizaje del estudiante: 1) que preste atención a los elementos de las imágenes, 2) y que relacione éstos con sus conocimientos sobre evolución.

#### *Actividades de generalización o cierre*

Las siguientes actividades, si bien pretenden funcionar como una conclusión o búsqueda de reflexiones sobre un determinado tema, tienen la intención de recabar información sobre qué se obtuvo como resultado del proceso de enseñanza, para tener elementos para evaluar si las imágenes ayudan a concretar un aprendizaje. Aunque los objetivos estén dirigidos hacia una intención de investigación, los ejercicios en sí son elaborados por los estudiantes, para que expresen sus ideas finales.

Considerando lo anterior, definí tres actividades: 1) ***Lo que pienso sobre evolución***, 2) ***Mi propuesta de cómo representar el proceso***, y 3) ***Meme evolutivo***. La primera consiste que los alumnos plasmen en una bitácora grupal sus ideas sobre evolución luego de haber abordado el tema; la segunda, es una propuesta personal de cómo cada uno considera que se representa mejor el proceso evolutivo (es una actividad de evaluación pre y post intervención).

Por último, con la actividad ***Meme evolutivo*** se integran tres factores en el ejercicio: imagen, significado y emoción. El ejercicio solicita al alumno elaborar un *meme* cuyo tópico sea la evolución. Los elementos explícitos serán la imagen que cada uno utilice para hacer referencia al contenido, y el texto que dará pistas sobre lo que entiende. La emoción (causa o no risa), es un elemento oculto puesto que el objetivo no es fomentar la risa, pero un *meme* (en la cultura pop digital) logra su objetivo cuando logra que alguien se ría. La risa (emoción positiva) será entonces una forma para valorar el aprendizaje, puesto que para que un *meme* cause risa es necesario entender todos los referentes que plasma.

## Consideraciones técnicas sobre la propuesta en práctica de las actividades

Las actividades se llevaron a la práctica y luego analizadas. En el apartado de conclusiones se ofrece una reflexión sobre la conveniencia de incorporarlas a una secuencia didáctica general. A continuación presento las observaciones de los distintos modos y tiempos de aplicación, así como aspectos generales a considerar.

**Tabla 1**  
Puntos generales de las actividades

Tipo de Actividad	Actividad	Objetivos (En función del docente)
<i>De inicio o planteamiento de problemas</i>	<b><i>¿Cómo represento el proceso evolutivo?(A1)</i></b>	Identificar ideas previas de los alumnos  Problematizar La Marcha del progreso  Discutir ideas equivocadas sobre evolución
<i>De identificación de otras formas de explicar</i>	<b><i>Varias imágenes, varias ideas (A2)</i></b>	Presentar otras maneras de ver a la evolución  Ofrecer elementos para discutir una imagen  Comparar visiones sobre del proceso evolutivo
<i>De estructuración de conocimiento</i>	<b><i>Elementos para interpretar un evograma (A3)</i></b>  <b><i>Escarabajos (A4)</i></b>	Explicitar que la especie humana es resultado del proceso evolutivo  Ofrecer elementos entender (interpretar) una imagen
<i>De generalización o cierre</i>	<b><i>Lo que pienso sobre evolución (A5)</i></b> <b><i>Mi propuesta de cómo representar a la evolución (A6)</i></b> <b><i>Meme Evolutivo (A7)</i></b>	Identificar si hubo un cambio en sus ideas previas

**Tabla 2**  
 Aplicación de actividades  
 (La `X` señala las actividades que fueron aplicadas)

<b>Grupo (orden cronológico)</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>A6</b>	<b>A7</b>	<b>Observaciones</b>
1	X	X	X		X			Grupo propio
2	X	X	X					Grupo prestado
3	X	X				X		Grupo propio/tema no formaba parte del programa
4				X		X	X	Grupo propio
5				X		X	X	Grupo propio

### Sobre el abordaje

Si bien la secuencia de actividades con cada grupo fue distinta, pues no con todos se presentaron las mismas actividades (ver Tabla 2), las intenciones eran las mismas. Ante la ausencia de determinadas actividades se realizaron actividades alternativas que no fueron reportadas en esta tesis puesto que se alejaban de las intenciones de investigar el uso de ciertas imágenes sobre evolución. A continuación presento brevemente el abordaje con cada grupo.

Grupo 1. Las primeras actividades pensadas para la intervención fueron 1, 2, 3 y 5; por lo cual se aplicaron en el primer grupo de trabajo con un tiempo, si bien restringido por el plan y programa de la materia, “suficiente”, es decir, que cierta libertad puesto que yo era el encargado durante todo el semestre. Esto permitió anotar el tiempo que el grupo tardaban en realizar determinadas actividades, siendo las 1 y 2 las que mayor tiempo requerían.

Grupo 2. Dado que el tiempo para la intervención era limitado, y tomando en consideración que hubo una aplicación previa, este grupo no realizó la actividad 5. Como actividad de cierre realicé una discusión grupal sobre los puntos abordados.

Grupo 3. Si bien este grupo estaba a mi cargo durante todo el semestre, correspondía a la materia de Biología 3 en la cual el tema de evolución que no es parte del programa. Abordé el contenido al final

del semestre como un tema de repaso e introductorio para Biología IV. Considerando el tiempo asignado, omití las actividades 3 y 5, e incorporé la actividad 6.

Grupos 4 y 5. El trabajo con estos grupos fue a distancia (por la pandemia). Las dinámicas de intervención demandaban un trabajo muy distinto. La intervención estuvo pensada en dos partes, en la primera mi rol era dominante, y la segunda demandaba un trabajo casi individualizado con las actividades. Para la primera parte utilicé dos actividades, una expositiva en la que elaboré una presentación *Ideas equivocadas sobre evolución*, y una actividad de exploración de ideas que consistió en un formulario: *En el video mencionó varios errores comunes a la hora de entender el tema de la evolución biológica, ¿tu tenías o tienes algunas de esas ideas? ¿cuál? Ahora ¿qué piensas al respecto?* Posteriormente la segunda parte estuvo centrada en el trabajo individual de los alumnos, fue por lo cual incorporé las actividades 4 y 7.

## **CAPÍTULO IV: PENSAR LA EVOLUCIÓN CON IMÁGENES**

En el capítulo anterior justifiqué y presenté distintas actividades utilizando diferentes imágenes sobre la evolución biológica. A continuación presentaré cómo es que los estudiantes interactuaron con dichas imágenes, y cómo estas influyeron en sus ideas sobre evolución. El análisis está en función de la organización de las actividades propuestas en la intervención, con la intención de revelar si existió un progreso con respecto a sus ideas previas. Es así que este capítulo tiene el objetivo de mostrar que las imágenes pueden ayudar a: 1) indagar ideas previas, 2) desarrollar ideas nuevas, y 3) concretar un aprendizaje y valorarlo.

La primera parte (indagar ideas previas) corresponde a un análisis visual de los dibujos de los estudiantes, lo que implica una interpretación descriptiva de las imágenes para identificar algún obstáculo. Schroeder (2006) sostiene que este tipo de análisis ofrece a los investigadores un método interdisciplinario, para entender y contextualizar imágenes desde una visión centrada en aspectos culturales. Me interesa resaltar el aspecto cultural, puesto que parto de la idea de que la cultura influye en o determina imaginarios sobre un determinado tema, o incluso los determina, en algunos casos. Desde un análisis visual “podemos encontrar verdades y convenciones sociales que dan forma a las representaciones y comunicación” (Harvie, p.25) para pensar, en este caso, sobre la evolución biológica.

La segunda parte (desarrollar ideas nuevas) tiene el objetivo de analizar cómo respondieron los estudiantes ante otras alternativas visuales para representar la evolución, y cómo éstas se situaron como referentes para cuestionar su primera representación. Esto ayudará a responder si efectivamente diferentes alternativas visuales ayudan a pensar de otras formas sobre la evolución biológica. Por último, en la tercera parte muestro cómo resultaron las ideas sobre el tema al finalizar la intervención, utilizando las reflexiones y propuestas visuales de los estudiantes.

### **Dibujar obstáculos (Primera parte)**

Los siguientes dibujos son materializaciones de las imágenes que vienen a la mente del estudiante cuando piensa sobre el proceso evolutivo. ¿Qué y cómo dicen algo sobre el pensamiento del estudiante? ¿Es posible identificar algún obstáculo? Para responder a esto, el análisis presenta dos ejercicios de interpretación: 1) ¿Qué y cómo expresan una idea? y 2) ¿Cómo y qué interpretó? Si bien ambos son ejercicios de interpretación, el primero se refiere a lo que el estudiante intenta expresar, y el segundo a qué interpreto de aquello que expresa.

¿Qué y cómo expresa una idea en su dibujo?

Para este análisis tomé en consideración tres aspectos: 1) elementos visuales auxiliares, 2) construcción de un relato, y 3) recurrencia a referentes típicos (“icónicos”).

#### 1. Elementos visuales auxiliares

Los estudiantes aprenden como creadores eficaces de textos visuales, utilizando una amplia gama de alternativas semióticas visuales (para atribuir significados) (State Government of Victoria, Australia, 2019). En este caso, para significar el proceso evolutivo en su dibujo recurrieron a elementos visuales como las flechas, el reloj, el tamaño y las formas.

El elemento más recurrente en la mayoría de los dibujos fue el uso de la flecha, una o varias veces. Las líneas se utilizan en las imágenes para indicar el movimiento y la dirección; y pueden ser naturales, formadas por objetos en la imagen, o líneas artificiales creadas por el autor (State Government of Victoria, Australia, 2019). La intención en la composición de la mayoría de los dibujos es mostrar una dirección.

Otro elemento fue el reloj, el cual es convencionalmente utilizado como ícono del tiempo. En el dibujo D22 se nota que en el ícono del reloj se ve remarcado el curso de las manecillas con círculos, lo cual intenta representar un tiempo muy amplio. En el dibujo D42 el reloj es el elemento central, dentro del cual están incorporados distintos eventos de la evolución de la vida en la Tierra. Por lo tanto, el ícono en los dibujos opera con su uso convencional, el paso del tiempo.

La forma y el tamaño son elementos que vienen acompañando la mayoría de los dibujos, particularmente aquellos en los que quien dibuja no está “muy entrenado” en el ejercicio. En los dibujos D10, D22, D25 y D33 la secuencia lineal que sigue su relato visual sugiere que la adquisición de una forma es parte del proceso evolutivo, lo cual viene acompañado del aumento del tamaño.

## 2. Construcción de un relato

Si bien el dibujo tiene la intención de contarnos algo (lo cual se puede tomar como un relato), hago referencia a la construcción de un relato en función de la incorporación de escenarios en la composición del dibujo. La mayoría de estos dibujos vienen acompañados de un texto más elaborado (el cual analizo en la siguiente sección), en el que se ofrece un relato a modo de explicación, el cual se sustenta en los escenarios presentados.

Por ejemplo, en los dibujos D14 y D15 los autores presentan dos escenarios distintos y contrastantes, para simular un antes y un después del proceso evolutivo; de hecho, en el dibujo D15 se presenta una transición (que se lee de abajo hacia arriba) entre ambos escenarios. Por otro lado, los dibujos D32 y D26 están compuestos por escenas cuya función es auxiliar al texto que las acompaña, para explicar cómo ocurre el proceso.

Los dibujos D1, D2, D8, D11, D17, D20, D30, D38 y D40, si bien no son escenarios que intenten acompañar un relato, si presentan dos escenas, un antes y un después del proceso. En estos casos, a excepción del D1, la lectura visual es de izquierda (pasado) a derecha (presente).

## 3. Referentes “icónicos”

Antes mencioné que utilizaría la idea de representaciones icónicas como aquellas imágenes más utilizadas en la enseñanza, y quizá popularmente más conocidas por su expansión en ámbitos fuera de lo educativo. Siguiendo lo anterior, muchos de los dibujos tuvieron como inspiración o se auxiliaron de algunos de estos íconos previamente mencionados en el capítulo 2: las polillas de Darwin, la evolución del caballo, entre otros. En los dibujos en los que se recurrió a los íconos no se presenta como tal la representación, si no, en la mayoría una

versión “resumida”. Lo interesante es que, de éstos íconos, los estudiantes resaltan o se enfocan en algunos aspectos, que quizá tenían un mejor “soporte visual”, por ejemplo la idea de una marcha o casos concretos como la evolución de las jirafas y el caballo.

Como era de esperarse, los dibujos D7, D9, D12, D13 y D16 recurren a la muy mencionada *Marcha del Progreso*. Se aprecian múltiples versiones, pero siguen la misma idea. Visualmente, es en estos dibujos en el que la *Marcha* es el elemento central; sin embargo, en dibujos como los D9, D10, D18 y D39, el ícono viene incorporado como elemento auxiliar en la composición.

Los siguientes casos que voy a mencionar se presentaron en una ocasión y se refieren a ejemplos icónicos, y representan la esencia de sus dibujos. En los dibujos D30 y D45 utilizaron el ícono de las *Jirafas de Lamarck*. Ahí los estudiantes se enfocaron en el tamaño del cuello, como unidad de cambio en el proceso. El dibujo D40 recurrió al ícono del *Caballo* y centra su atención en la reducción del número de dedos. Los dibujos D21 y D24 hacen alusión a Darwin, el primero presentó a los *Pinzones de Darwin*, y el segundo a *Darwin* explícitamente. El dibujo 26 utilizó el ejemplo de *Las polillas de Darwin*, y lo presenta a modo de relato visual; el D35 lo hace de manera similar, pero con el ejemplo de Margulis de la *Endosimbiosis*. Por último, el dibujo D44 presenta algo muy parecido a un *Árbol evolutivo*.

También estuvieron presentes referentes de la cultura pop: las caricaturas de *Pokemón* (D28), y *Digimón* (D44). Ambas caricaturas tienen como eje central el tema de la evolución, desde perspectivas no muy acertadas. El dibujo D28 utiliza como ejemplo de evolución un pokemón en particular, mostrando sus “evoluciones”; por su parte, en el dibujo D44 únicamente se utiliza un elemento de la caricatura el “digihuevo” (que simboliza, en la caricatura, el motor de la evolución), simulando la raíz del otro elemento que incluyó, el árbol evolutivo.

¿Cómo y qué interpreto de los dibujos?

El objetivo principal de esta interpretación, que es en realidad un objetivo de investigación de este trabajo, es identificar obstáculos a la hora de aprender sobre el tema de la evolución

en la asignatura de Biología. Como mencioné previamente los obstáculos resultan de un cúmulo de ideas previas, generalmente erróneas, que dificultan el aprendizaje de un determinado tema; por lo tanto, antes de pasar a hacerlos explícitos, el ejercicio de interpretación está centrado en rastrear ideas erróneas. El rastreo será a partir de la consideración de lo siguiente: aspectos visuales explícitos, influencias y el texto.

El primer punto que quiero resaltar es que existe una confusión al utilizar otros conceptos para referirse a la evolución biológica. En el dibujo D2 es evidente que la estudiante utiliza como sinónimo de evolución a la metamorfosis, puesto que presenta a una oruga y a una mariposa unidas por una flecha; la descripción que acompaña el dibujo reafirma la confusión: “se nota cómo una pequeña oruga puede ir cambiando... y adaptándose al mundo y lograr transformarse en algo totalmente diferente”. Otro caso, es pensar en la evolución como un suceso de transformación sin precedente; el dibujo D11 presenta un antes y un después con dos personajes que no se encuentran relacionados, sin embargo, la flecha entre ambos sugiere que un organismo unicelular se puede volver un flamenco. La cita textual es: “como cuando los flamings eran simples organismos unicelulares y ahora son majestuosos”. En los dibujos D4 y D36 se confunde a la evolución con el ciclo de vida, la autora presenta la germinación de una semilla hasta la producción de una flor.

La idea equivocada de que “venimos de los monos” se hizo presente en varios dibujos: D1, D6, D17, D31 y D43. Es evidente dado que en todos los dibujos mencionados aparece un mono y un hombre que están conectados por una flecha; algunas de las oraciones que acompañan a los dibujos son “provenimos del mono”, “hemos evolucionado del mono” y “el hombre pasó por mutaciones y procesos de adaptación para lograr lo que somos hoy en día, desde un mono”.

Las ideas erróneas que se deducen de los dibujos de la *Marcha del Progreso*, en múltiples versiones, son las mismas. Entre ellas, la idea de que la evolución llevó inevitablemente a la aparición de la especie humana. Las siguientes oraciones lo hacen más explícito: “y ya después... formando al ser humano” (D9), “paso por mutaciones y procesos de adaptación

para lograr lo que somos hoy en día” (D12) y “pasamos de ser una bacteria a lo que somos hoy” (D39).

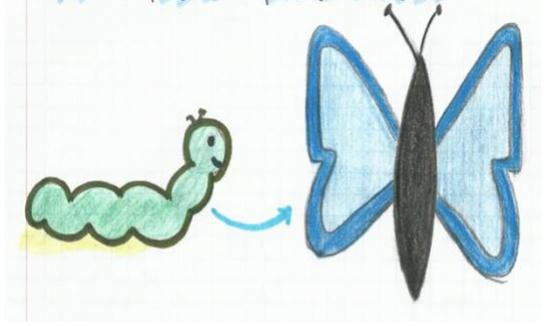
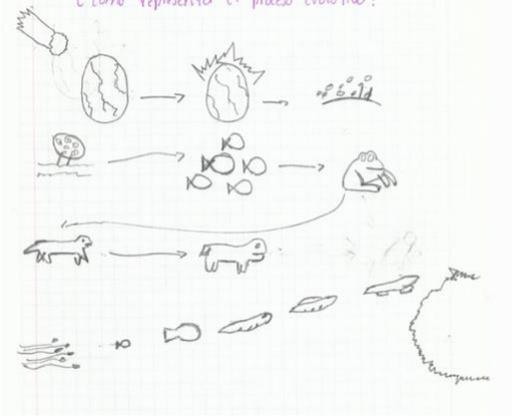
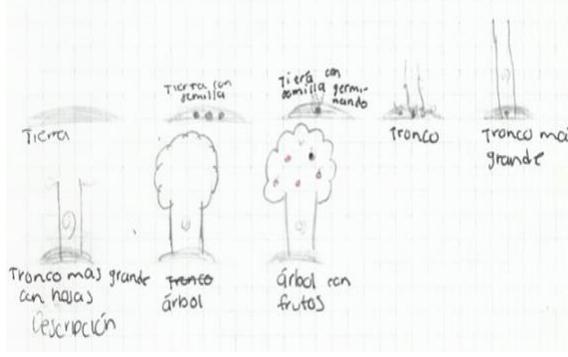
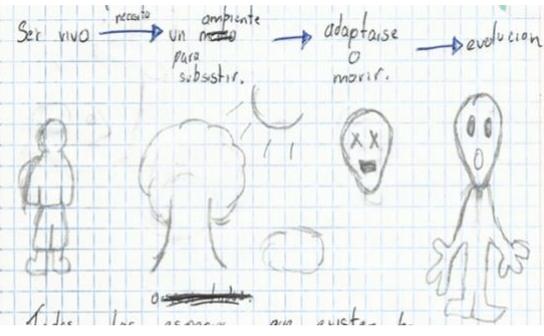
De manera similar, el uso de las flechas sugiere la creencia de que la evolución conduce a un fin. En la mayoría de los dibujos están presentes, y si prestamos atención a los textos es posible identificar que la idea equivocada asociada al “fin” es que hay una intención. Por un lado, de manera general se sostiene que la evolución lleva siempre a “mejoras al usuario”, aumenta la complejidad (D34), “lleva a la pluricelularidad” (D23), implica pasar de una vida acuática a una terrestre (D3, 19 y 33). Por otro lado, referente a la evolución exclusivamente de la especie humana, se piensa que los fines son la comodidad, la inteligencia-razonamiento, satisfacción de necesidades, y la tecnología; deducciones hechas a partir del texto que acompaña a los dibujos. Únicamente para el caso de la tecnología como fin se cuenta con soporte visual, es decir, con algún elemento que hiciera alusión a la tecnología (D6, 18 y 22).

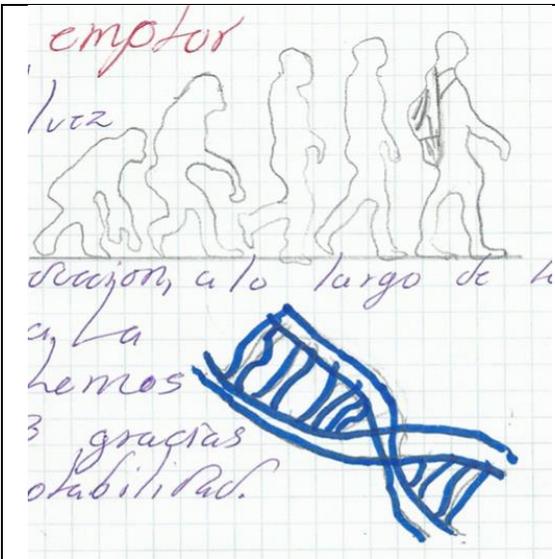
Las flechas que conectan a los sujetos del dibujo en un solo sentido sugieren que los alumnos piensan que hay una sola historia evolutiva para todas las especies. Ningún texto expresa la idea de antepasados comunes, en realidad el acomodo sugiere un orden resultado de “un camino evolutivo” particular. Este es otro aspecto evidente: los alumnos no distinguen las diferencias entre ancestro directo, uno antiguo y un antepasado compartido; tales son los casos ya mencionados de “venimos del mono”. Otro ejemplo en el dibujo D30 que sostiene que un antepasado directo de las aves es un dinosaurio.

Predomina también la idea de que la evolución ocurre en individuos y no en poblaciones, lo cual es evidente puesto que, a excepción del dibujo D32, en todos se representa el cambio en un ejemplar (un individuo). Por ejemplo, en el dibujo que está influenciado por la caricatura de *Pokémon* (D28) se comete este mismo error; la caricatura promueve una noción de la evolución en la que ocurre en individuos, los hace más fuertes y es un evento guiado por la necesidad. En el mismo sentido, el dibujo que está influenciado por el ejemplo de *las jirafas de Lamarck* (D45) remarca la idea de necesidad como un acto consciente: “los seres vivos necesitan adaptarse”.

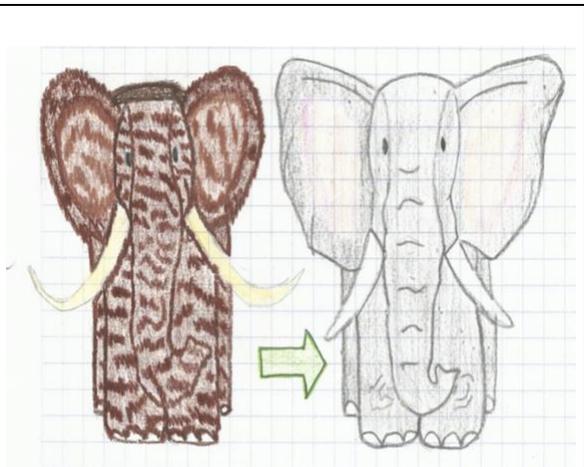
**Tabla 3**

Dibujos elaborados por los estudiantes

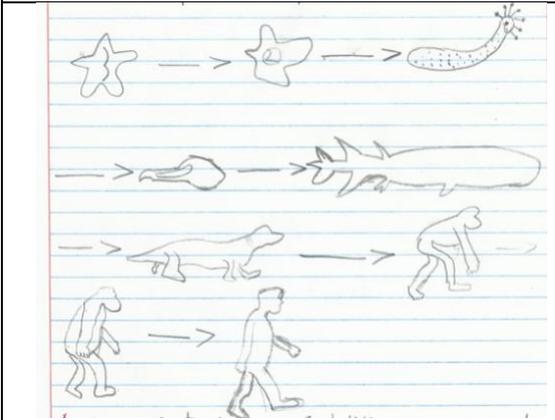
 <p>D1</p>	 <p>D2</p>
 <p>D3</p>	 <p>D4</p>
 <p>D5</p>	 <p>D6</p>



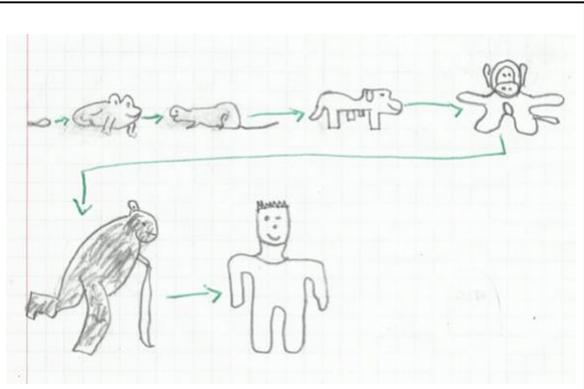
D7



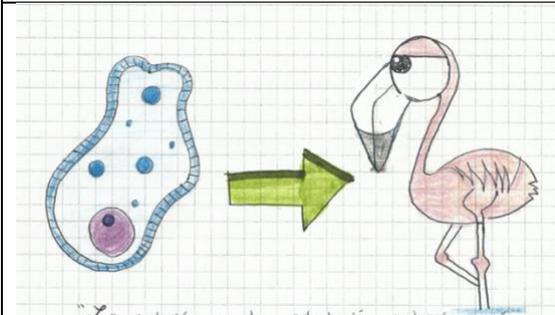
D8



D9



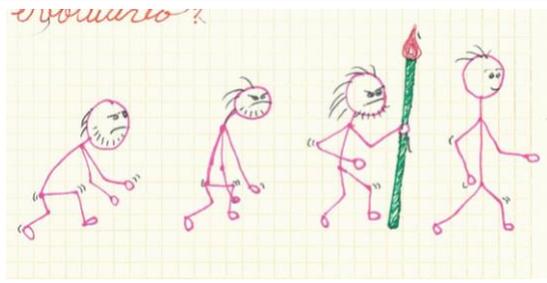
D10



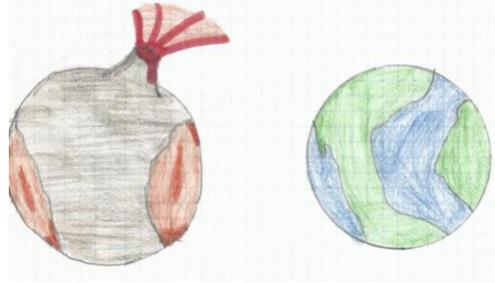
D11



D12



D13



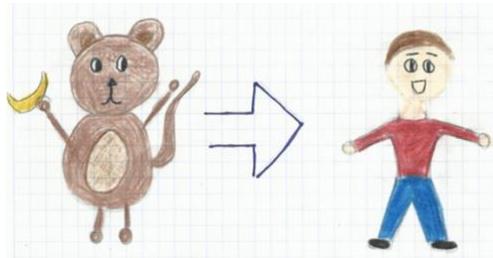
D14



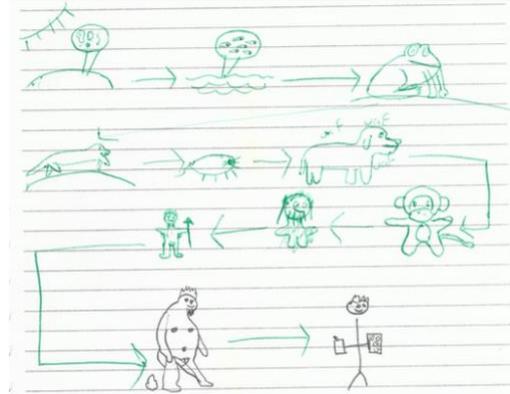
D15



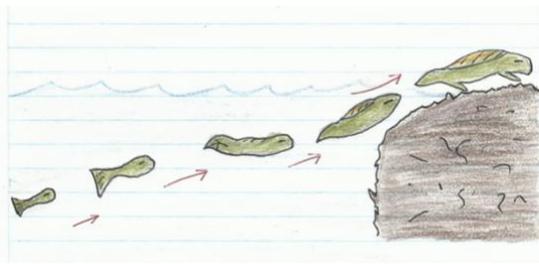
D16



D17



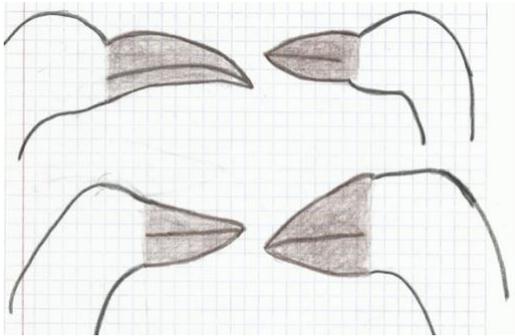
D18



D19



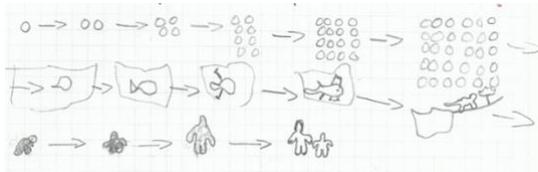
D20



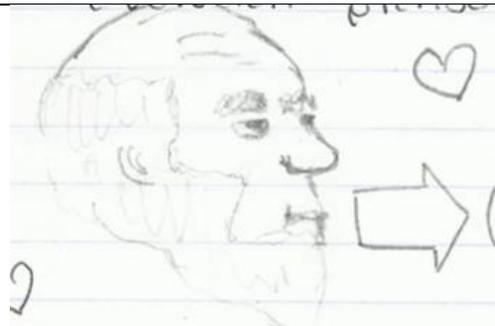
D21



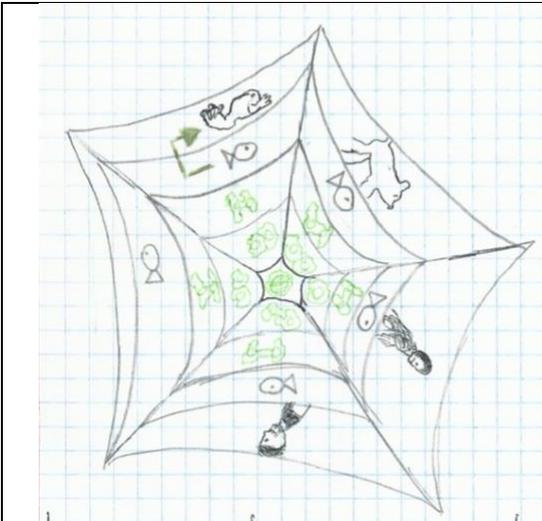
D22



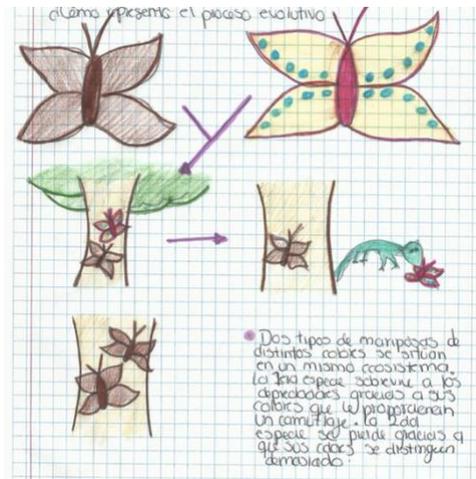
D23



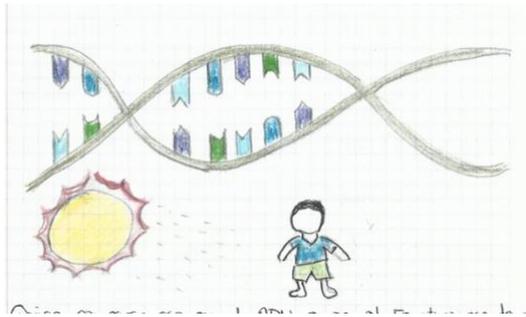
D24



D25



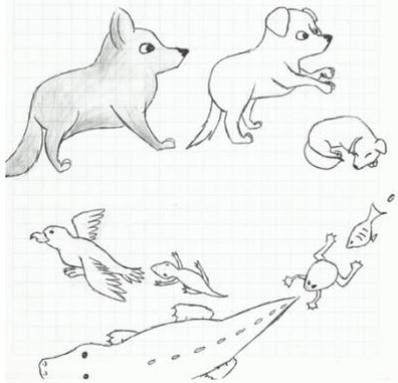
D26



D27



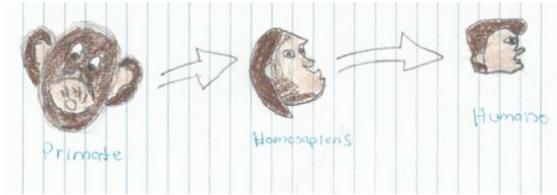
D28



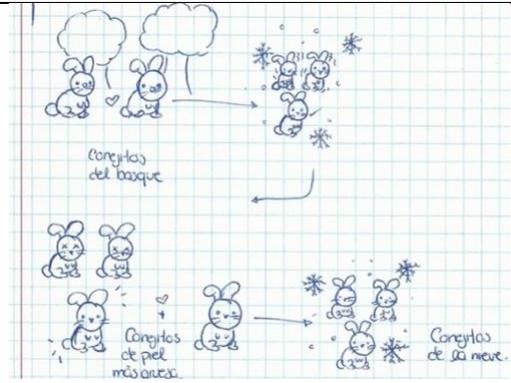
D29



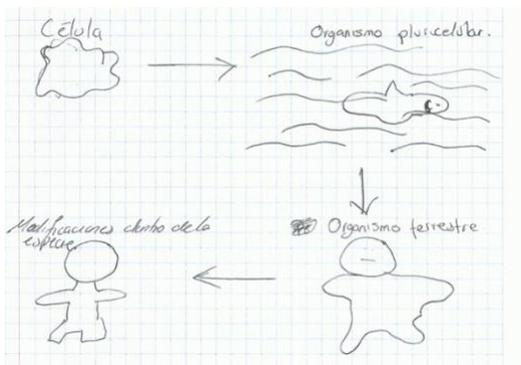
D30



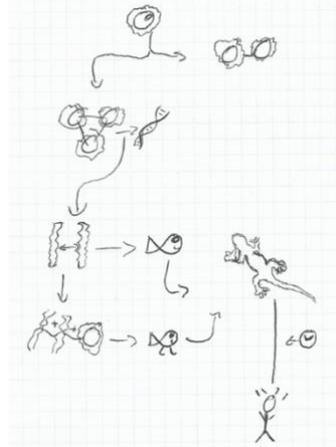
D31



D32



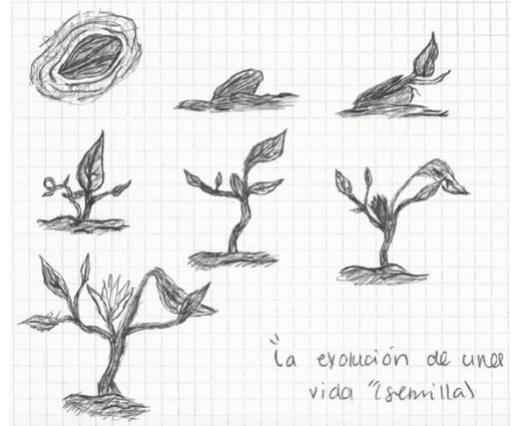
D33



D34



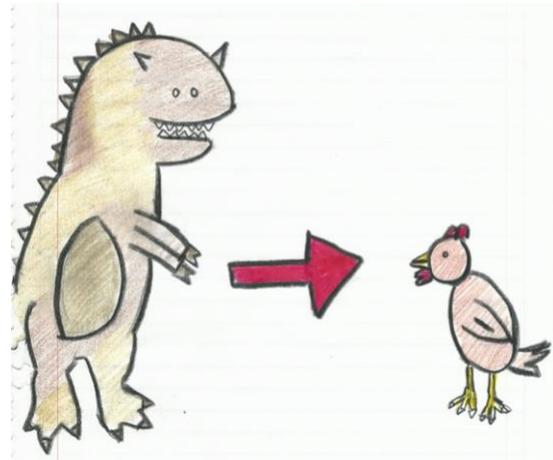
D35



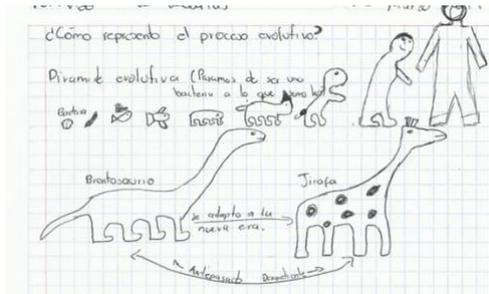
D36



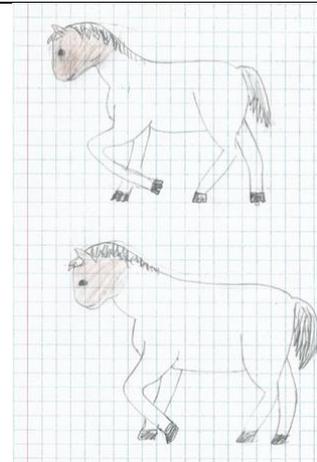
D37



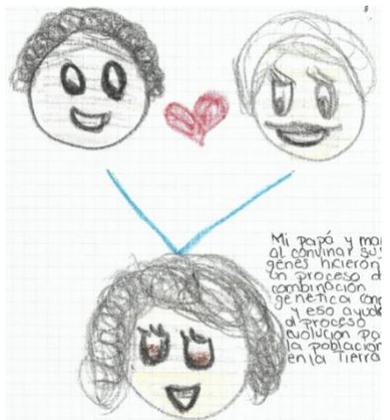
D38



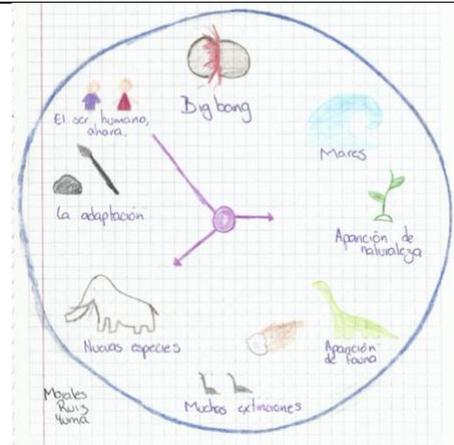
D39



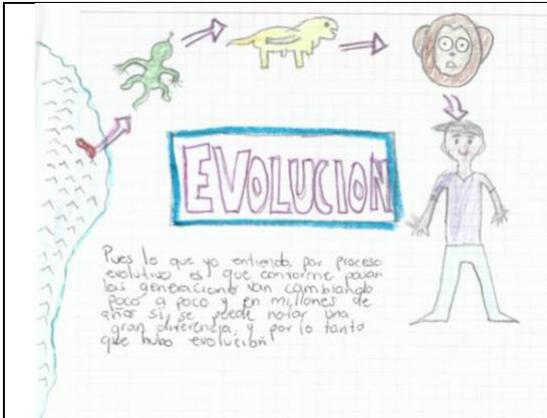
D40



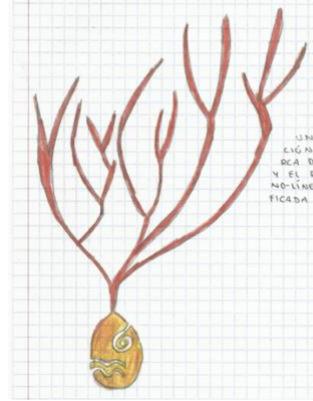
D41



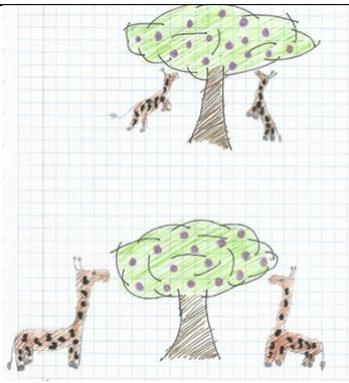
D42



D43



D44



D45

### Alternativas visuales para pensar en la evolución (Segunda parte)

Para esta sección serán considerados los resultados obtenidos en las actividades: *Varias imágenes*, *varias ideas*, *Elementos para interpretar un evograma* y *Escarabajos*. Todas ofrecen otro tipo de imágenes para pensar en el proceso evolutivo ¿son capaces de promover ideas nuevas? ¿cómo lo hacen? Intentaré responder siguiendo el mismo ejercicio de interpretación y considerando mis observaciones realizadas durante las actividades.

Ver ideas distintas

Con la actividad *Varias imágenes*, *varias ideas* se le presentaron a los alumnos tres formas a las que subyacen distintas perspectivas del proceso evolutivo a lo largo de la historia. Para abordar los resultados consideré dos cosas: 1) cuáles fueron los elementos en los que

prestaron atención y 2) qué ideas asociaban con ellos. Las imágenes utilizadas para esta actividad se presentaron en el capítulo anterior.

La primera imagen fue *La gran cadena del ser* (Figura 2). Los elementos que captaron la atención de los alumnos fueron 1) la separación con líneas horizontales, 2) arriba (el cielo), 3) abajo (el infierno) y 4) la figura de Dios. Dichos elementos fueron considerados únicamente como aspectos para ofrecer una descripción, sin embargo, en los equipos de trabajo rápidamente fue externada la idea de que “no se trataba de una propuesta científica”. Los estudiantes mencionaban que de dicha imagen podían deducir ideas como: que estar arriba significaba mayor importancia y perfección; por lo tanto, que existía una clara jerarquización de grupos basados en esos criterios, y que el posicionar a Dios a la cabeza suponía un estancamiento evolutivo. Es decir, el trabajo con esta imagen resultó productivo en muchos aspectos puesto que: 1) inmediatamente los alumnos externaron que no aceptan el relato de la Génesis (a pesar de que conocían el texto o el relato, lo cual nos puede decir que han crecido con algunas ideas religiosas) como una explicación de la evolución, 2) por tanto, podemos suponer que aceptan la teoría evolutiva, 3) reconocieron elementos visuales para pensar que es equivocado utilizar el relato bíblico del Génesis como una explicación científica.

La segunda imagen fue un árbol evolutivo elaborado por Haeckel (Figura 5). Los alumnos resaltaron 1) la raíz, 2) disposición arriba y abajo, 3) las ramas y 4) el árbol en conjunto. Es interesante que al mencionar en la clase quién era Haeckel y qué hacía, los estudiantes tuvieron una actitud de aceptación sobre la propuesta y de hecho movilizaron otro tipo de ideas, con cargas “más científicas” (por decirlo de alguna manera). Salieron conceptos como origen común asociado a la raíz, relaciones de parentesco asociado a las ramas, nivel de complejidad asociado a la disposición arriba y abajo, y la evolución como un proceso ramificado representable por un árbol. A diferencia de la imagen anterior, me atrevo a decir que ésta fomentó más afinidad hacia las ideas presentadas, por lo tanto 1) movilizó conceptos y 2) demandó a los estudiantes elaborar explicaciones que articularan dichos conceptos.

Por último, del cladograma (Figura 6) presentado no hubo elementos visuales por separado que atrajeran la atención de los estudiantes, o al menos no lo hicieron explícito. Sin embargo, con esta imagen se utilizaron conceptos más “densos” como: características taxonómicas y homologías. Es interesante notar que aunque se utilizaron otros conceptos las explicaciones sobre el proceso ya no diferían tanto de las anteriores.

#### Una imagen “árida”

Con la actividad *Elementos para interpretar un evograma* se les presentó la imagen de la emergencia de la especie humana. En el capítulo anterior se expusieron cuáles eran los elementos para dirigir el ejercicio de interpretación de los estudiantes: dendrograma, la línea de tiempo, barra de tiempo, flecha de actualidad y la señalización rosa (que apuntaba a características particulares). Sin embargo, aunque los estudiantes prestaron atención a dichos elementos, los cuales tenían sentido para ellos, al momento de intentar ofrecer una explicación que unificara todos, fue muy complicado.

Si comparamos con las imágenes anteriores utilizadas anteriormente, el evograma resultó una imagen que demandaba de ellos un nivel cognitivo mayor. De hecho, la imagen del árbol de Haeckel tuvo una mejor recepción porque ofrecía un elemento conocido (el árbol), a diferencia del evograma que resultó ajeno. Esto inmediatamente cambió los roles de protagonismo durante la clase: la participación de los alumnos se volvió pasiva y a la espera de dotar de sentido la imagen. Por eso podría llamársele imagen árida. Si bien la discusión no fue alrededor del evograma, sí trajo a colación ideas equivocadas para discutir, principalmente: que “venimos del mono”.

#### Soporte visual en las descripciones

La actividad *Escarabajos* demandaba de los estudiantes una “descripción evolutiva”, es decir que utilizaran conceptos sobre evolución abordados hasta el momento. Se presentaban tres escenarios en los que dos poblaciones de escarabajos estaban cambiando. Con la descripción se esperaba que el estudiante explicará ¿por qué?, utilizando los elementos visuales presentados en los distintos escenarios para sustentar su explicación.

Con esta actividad, hubo estudiantes cuyas descripciones fueron muy cercanas a lo que se esperaba que expresaran, poniendo mucho énfasis en lo observado. En realidad, la propia actividad ya contaba con tres señalizaciones previas que sin duda ayudaron, por lo tanto se trató de un ejercicio descriptivo dirigido. Además, la actividad ayudó también para recabar información sobre cómo iba el progreso en cuanto al aprendizaje del tema. Se pudo notar que, si bien en las descripciones se utilizaron correctamente conceptos como mutación, variación y población, hubo también quienes mezclaron dichos conceptos con otras ideas erróneas como necesidad y fin determinado.

### **Modelos visuales personales (Tercera parte)**

¿Hubo un progreso en el aprendizaje? ¿Nos dicen las imágenes algo al respecto? ¿Cómo lo hacen? Las actividades *Mi propuesta de cómo representar la evolución* y *Meme evolutivo* tenían como fin ayudar a responder esto, ilustrando un “después de”.

La actividad de la propuesta de cómo representar la evolución era ambiciosa al esperar una representación original del tema por parte de los alumnos; sin embargo, la mayoría, por no decir todos, se decantaron por elegir alguna existente y poner su conclusión textual en ella (Ver Anexo). Por lo cual, a continuación muestro algunos ejemplos que integraron de manera interesante varios elementos visuales.

La Figura 22 es una propuesta es interesante porque incorpora distintos elementos abordados en las clases como: evidencias por homologías, la teoría de la endosimbiosis, y presenta una gran variedad de grupos (biodiversidad como evidencia), desde organismos unicelulares hasta mamíferos marinos. Por su parte la Figura 23 es un desfile, sin embargo, lo interesante es que el chimpancé, el gorila y la especie humana van juntos; además, en el centro del dibujo el alumno incorpora con palabras algunos conceptos.

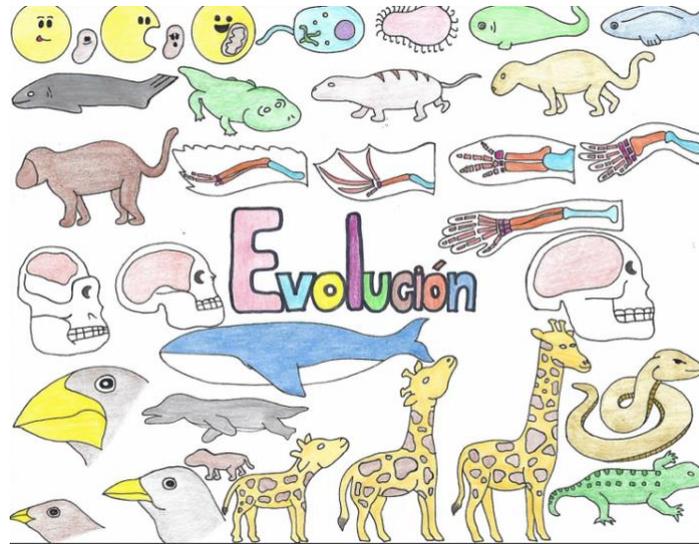


Figura 22. Propuesta de representación de alumna



Figura 23. Propuesta de representación de alumno

En la propuesta de la Figura 24 la alumna incorporó una tortuga (*Chelonoides nigra*), ejemplo típico de Darwin, y algunas plantas pertenecientes a otros periodos, simulando el paso del tiempo “con el caminar de la tortuga” . En la Figura 25, el alumno incorporó el pensamiento religioso con la representación de Dios, contrapuesto con el pensamiento evolutivo con la imagen de Darwin; además, de lado derecho presentó tres caneos con sus respectivas secuencias de ADN como evidencia. El alumno escribe: “en la otra mitad se encuentra Charles Darwin, representando la evolución y contradiciendo las ideas del

creacionismo. Darwin cuenta con trazos más finos y delgados, ya que no necesita esta gran saturación para llamar la atención (ganar credibilidad)” . La propuesta es una reafirmación de su aceptación de la teoría evolutiva sobre las ideas creacionistas.



Figura 24. Propuesta de representación de alumna

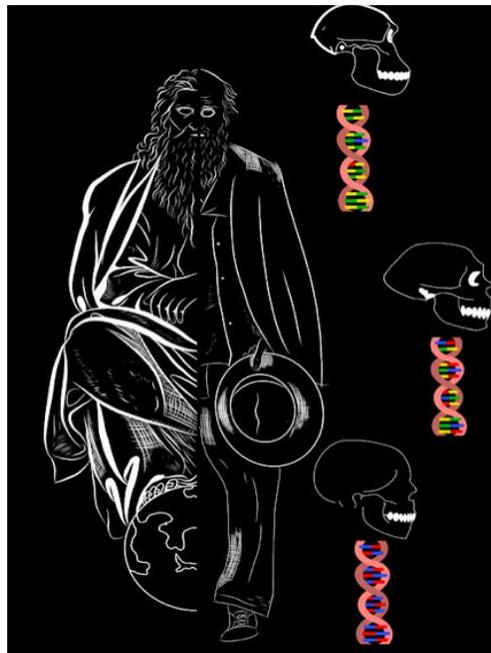


Figura 25. Propuesta de representación de alumno

Desde mi perspectiva estas imágenes sí nos muestran una diferencia positiva respecto a sus ideas previas, porque el inicio y el final son radicalmente opuestos, la propuesta de los estudiantes “después de” son, en cierto sentido, más complejas.

Vale la pena mencionar que aquellos que eligieron una imagen que ya se había abordado en clase, sí dejaron claro lo que no significaba para ellos la evolución, rechazando las ideas de finalidad, intención y dirección por un ente sobrenatural. Sin embargo, hubo casos en que volvieron a poner la imagen de *La Marcha del Progreso*, aunque con descripciones distintas, lo cual es desalentador puesto que un propósito era precisamente rechazarla como opción para presentar el tema ¿Por qué sucedió esto? ¿Tuvo que ver con el ejercicio de enseñanza o un aspecto distinto? (en las conclusiones de esta tesis ofrezco una explicación).

Por otro lado, la actividad *Meme evolutivo* recogió resultados interesantes; primero, porque los productos elaborados trajeron emociones positivas y éstas son necesarias en el aprendizaje; segundo, revelaron que cuando los alumnos son conscientes de las ideas erróneas sobre el tema, son capaces de utilizarlas para elaborar oraciones sarcásticas; y tercero, porque los soportes visuales de dichas oraciones fueron imágenes de la cultura mediática, pero con las que tenían más afinidad, la cual sin duda es resultado de su experiencia como espectadores.

La siguiente Tabla 4 presenta los memes elaborados por los alumnos, con una clave para resaltar de éstos algunos aspectos. En general, los memes enfatizaron alguna idea equivocada y su contraparte, expresaron cierto rechazo a una idea negativa o, lo contrario, afinidad con una idea correcta. Las ideas dominantes fueron la aceptación de la teoría de Darwin y el rechazo al creacionismo de la religión (M4, 5, 7, 15 y 24), y el rechazo de la idea de que “venimos del mono” (M11, 12, 13, 20, 21). Aparecieron también las ideas de que la especie humana no es más evolucionada (M14, 18 y 22), que la selección no es el único mecanismo capaz de explicar la evolución (M8 y 9), que la evolución no es un proceso que ocurre por voluntad (M17), que la evolución no sucede en individuos sino en poblaciones (M2), y que la evolución no conduce a una mejora (M3 y 19). Ideas que hacían explícito que algunos ejemplos de la cultura pop no presentan correctamente cómo es el proceso evolutivo,

rechazando *La Marcha del Progreso* (M13) y rechazando la propuesta de Pokémon (M16), negando así que la metamorfosis sea sinónimo de evolución (M6). Por último, expresaron la idea de que las ideas de Darwin fueron novedosas para su época (M1) y que incluso la población no estaba preparada para ellas (M10).

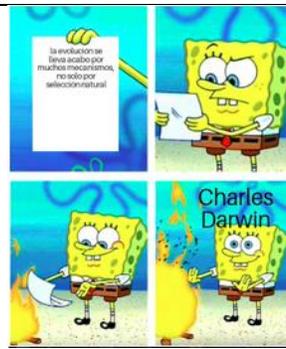
**Tabla 4**

Memos sobre evolución elaborados por estudiantes

 <p>M1</p>	 <p>M2</p>
<p><b>WHEN TU GATO SE DA CUENTA QUE EVOLUCIONAR NO LE DARA PODERES NI SE HARA MAS FUERTE</b></p>  <p>M3</p>	<p>Quando alguien dice que la teoría de la evolución de Darwin es falsa</p>  <p>M4</p>
<p>Quando te dicen que dios creo a los humanos y tu eres darwinista</p>  <p>M5</p>	<p>Quando escuchas a alguien decir que la metamorfosis es evolución.</p>  <p>M6</p>



M7



M8



M9



M10

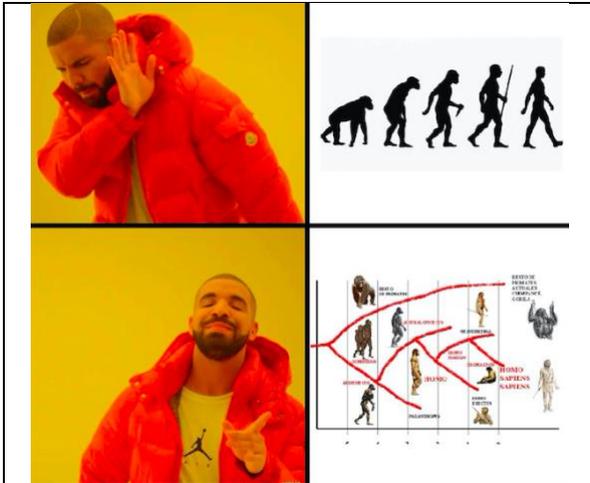


M11

**VAMOS BIÓLOGO DILO OTRA VEZ**



M12



M13



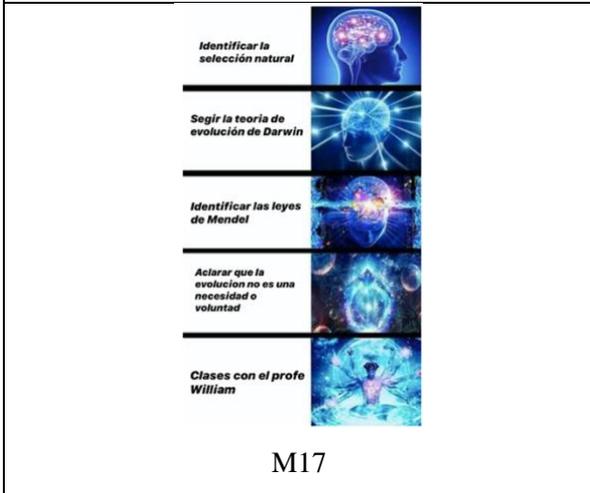
M14



M15



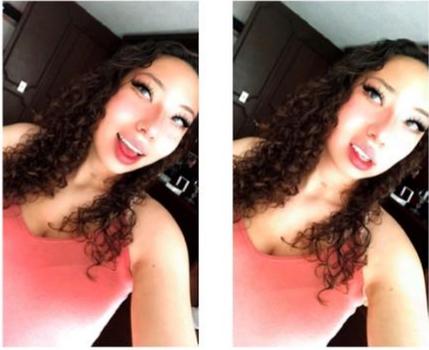
M16



M17



M18

<p style="text-align: center;"><b>Evolución</b></p> <div style="text-align: center;"> <p><b>Expectativa</b></p>  <p><b>Realidad</b></p>  </div> <p style="text-align: center;">M19</p>	<p>Yo bien felipe y con tenis contestando en mi examen de evolución que venimos del mono</p> <hr/> <p>Mi cara al ver que reprobé</p>  <p style="text-align: center;">M20</p>
<p>Mi cara cuando aprendí que no descendemos del mono y que la evolución no siempre tiende al progreso.</p>  <p style="text-align: center;">M21</p>	<p>Yo cuando escucho a mi profesor de secundaria hablando de Evolución      II Also me cuando empieza a decir que le evolución es una teoría, que evolucionamos del chimpancé y que somos una especie más evolucionada que el resto.</p>  <p style="text-align: center;">M22</p>
 <p style="text-align: center;">M24</p>	<p>Creer que la evolución fue gracias a la adaptación de las especies</p> <p>Creer que un ser divino creó todo lo que existe</p>

## CAPÍTULO V: IMAGINARIOS SOBRE EVOLUCIÓN REMASTERIZADOS (DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES)

Las siguientes oraciones fueron formuladas por distintos estudiantes con los cuales trabajé en clase: “Anteriormente solía tener las ideas de que existían especies más o menos evolucionadas, al igual que tenía la idea de que la evolución se basaba en hacer más fuertes a las especies con el tiempo”, “Pensaba que nuestro antepasado era el chimpancé y los monos en general”, “Yo creía que realmente veníamos 100% del chimpancé”, “Tenía la idea errónea de que hay organismos más evolucionados que otros”. Las afirmaciones presentan un panorama particular en torno a ideas equivocadas que los mismos estudiantes reconocen que tenían. Esto plantea un terreno fértil para construir nuevas ideas que concuerden con una visión acertada sobre el tema dado que hacer explícitas las propias ideas a partir de las cuales articulamos un significado es un primer paso en un ejercicio metacognitivo. Peterfalvi (2001) sostiene que al tratar con obstáculos es necesaria una *vigilancia metacognitiva*, es decir, tomar conciencia de los obstáculos que configuran nuestro pensamiento para poder regularlos.

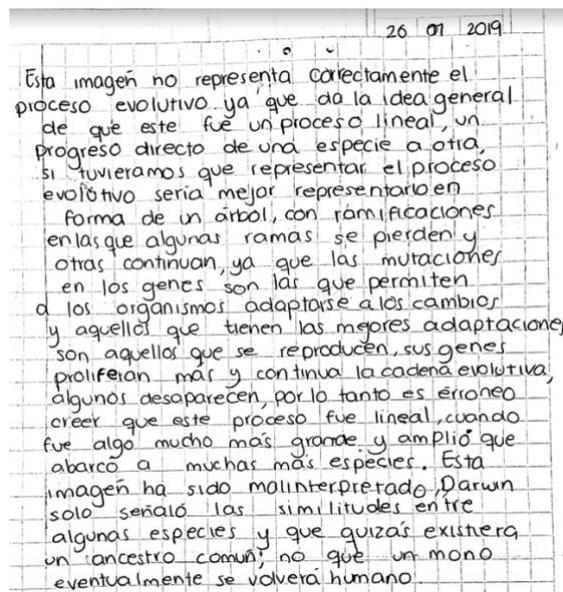


Figura 26. Reflexión hecha por una estudiante respecto a la imagen de La Marcha del Progreso

Los dibujos de los estudiantes ayudaron a hacer explícitas sus ideas equivocadas sobre el proceso evolutivo. Ante la recurrente imagen de *La Marcha del Progreso* los alumnos podían reconocer que se trataba de una idea equivocada; la representación fue calificada por muchos estudiantes como la peor imagen sobre evolución (Figura 22). Gómez (2008) sostiene que es importante prestar atención a otros registros semióticos (como los dibujos) en las explicaciones, puesto que “puede permitir a los alumnos generar representaciones donde las ideas van siendo institucionalizadas en otro tipo de representaciones” (p.95).

Con las actividades pretendí expandir las opciones visuales sobre el proceso evolutivo, abordando conceptos como taxonomía, selección natural, filogenia, adaptaciones, pensamiento poblacional e intencionalidad, los cuales son clave para un correcto entendimiento del tema (Harms y Reiss, 2019). Son conceptos que al ser mal comprendidos promueven el robustecimiento de obstáculos epistemológicos como los propuestos por González y Meinardi (2017): razonamiento centrado en el individuo, razonamiento causal lineal, y teleología de sentido común. Con mi trabajo no esperaba que los obstáculos desaparecieran, de hecho algunos autores como Astolfi (1997) y González (2011) sostienen que no es posible, sin embargo hacerlos evidentes ya es un resultado satisfactorio.

Considero que un alcance del trabajo es sobre el repertorio visual en la memoria de los estudiantes. La memoria visual es “cualquier memoria para la cual la información almacenada fue adquirida inicialmente por el sistema visual” (Luck y Hollingworth, 2008, p. 3). Después de la intervención, en el momento en que el estudiante piense sobre evolución vendrán a su mente varias imágenes sobre el tema, a partir de las cuales podrá construir explicaciones. Valdría la pena preguntarse si las explicaciones corresponden o no a ideas correctas, pero al menos en su mente ya no estará presente únicamente la canónica y pretenciosa imagen de *La marcha del progreso*.

*La marcha del Progreso* aparece en el pensamiento de los estudiantes, en múltiples versiones, pero el esquema general se mantiene. No es posible eliminar de su memoria dicha imagen, pues no se trata de un archivo “jpg” que pueda ser enviado al basurero como ocurre con las computadoras. Lo que sí es posible es resignificar dicha imagen, a esto me refiero con

imaginarios remasterizados. En la actualidad, con la *revolución digital*, el término *remasterizado* se refiere a el proceso técnico digital de mejora de la calidad del sonido o imagen. Con el ejercicio pretendí mejorar la calidad significados asociados a determinadas imágenes en el imaginario de los estudiantes sobre el tema de evolución.

A partir de lo anterior, reconozco que estoy defendiendo una postura cultural del aprendizaje. *Grosso modo*, fue Vygotski (1989) quien sostuvo el desarrollo individual (que lleva al aprendizaje) como resultado de una construcción cultural y que, por lo tanto, la actividad social tiene un papel fundamental. Dado que las imágenes son importantes dispositivos en la socialización del conocimiento científico, pues promueven aprendizajes permeados de los aspectos culturales en la que son creadas, es posible sostener que una parte de los aprendizajes que tienen los estudiantes es resultado de su interacción con su cultura.

Dos corrientes de pensamiento respecto a cómo aprenden las personas llaman mi atención, por un lado está la postura del *Folk Biology* que sostiene que el esencialismo y la disposición a organizar la naturaleza es una aprendizaje innato, resultado de la evolución de la especie humana. Por otro lado, la postura *Cultural* (por llamarlo de alguna manera) se inclina por concebir el aprendizaje como un elemento propio de una cultura (Casagrande, 2004). Aunque me inclino más por la segunda, tampoco niego que hay una estructuración particular del cerebro humano que nos lleva a pensar de una determinada manera –al final de todo somos producto de la naturaleza--, pero tampoco considero que sea correcto naturalizar las ideas equivocadas, es decir, sostener, por ejemplo, que los humanos somos egoístas por naturaleza o que x o y actitud está en nuestros genes. Hay numerosos ejemplos en la historia de la ciencia que nos muestran cómo las malas interpretaciones que surgen en una determinada época pueden mantenerse en nuestro presente, las imágenes son un buen ejemplo de este fenómeno.

También hubo casos de alumnos que al terminar la intervención con las actividades siguieron exponiendo ideas equivocadas típicas, como la idea de progreso (dirigido hacia la especie humana) como intención de la evolución. Particularmente la actividad *Elementos para interpretar un evograma*, como sostuve en el capítulo anterior, no fue del todo productiva

en la discusión en clase; quizá debí dedicar más tiempo a explicarlo. Como era de esperarse, las ideas equivocadas reaparecen a pesar de su análisis en clase (Del Pozo, 2013).

Las ideas erróneas se resisten al cambio, persisten, son compartidas en diferentes partes del mundo y se parecen a ideas que se han sostenido en épocas pasadas. Mi intención fue ofrecer una forma de abordar el problema, desde una perspectiva que me parece novedosa, puesto que usualmente los docentes utilizan a las imágenes como adornos de sus discursos o meros ejemplos ilustrativos. Mi propuesta de intervención considera a las imágenes como importantes recursos para al menos los siguientes puntos: 1) explorar ideas previas, 2) desarrollar ideas nuevas, 3) valorar aprendizajes, 4) promover atención y 5) fomentar la creatividad. Todos los puntos fundamentados en la capacidad de socialización de una imagen y, por lo tanto, potenciadora de discursos.

El compromiso de los maestros con el tema de la evolución y con las imágenes, es ético y político. Primero porque muchas ideas equivocadas sobre evolución han sido utilizadas como justificación en discursos que promueven actitudes racistas y de sentido de superioridad entre nosotros y sobre las demás especies; actitudes que atentan contra la libertad y dignidad de otros. Segundo, porque las imágenes promueven e invisibilizan discursos, olvidando que mirar es también un acto político, y juzgar eso que se mira es un acto atravesado por consideraciones éticas. Por ello pienso que esta tesis puede también ayudarnos a ser mejores personas, al contribuir con una manera de reconocer ideas equivocadas con respecto al lugar del ser humano en el mundo. Reconocer errores, nos hace más humanos y, desde mi punto de vista, fomenta la empatía, un valor que pide a gritos la humanidad. Enseñar es un acto político; en él depositamos todas nuestras visiones sobre el mundo y en él reflejamos nuestras aspiraciones y compromisos para con éste.

“Conocerse a sí mismo y conocer nuestro lugar en el mundo vivo conlleva ante todo el conocimiento de nuestro origen biológico. Sólo este conocimiento puede ayudarnos a abordar los grandes problemas éticos y políticos con que nos enfrentamos” (Mayr, 1998). Las imágenes sobre el tema de evolución que hagamos explícitas reflejan, en cierta medida, cómo nos concebimos a nosotros mismos.

## **Reflexión sobre mi práctica docente**

La docencia es mi vocación. En ella deposito mis esfuerzos por aportar algo a la sociedad. Conforme voy sumando experiencias a mi desempeño como docente, me es más evidente que enseñar en un ejercicio en el que reflejamos quiénes y cómo somos. Enseñar nos vuelve una ventana a través de la cual los alumnos pueden ver el mundo y, por tanto, interactuar en él. Somos, en cierto sentido, responsables de presentar a los estudiantes un mundo cuadrado e inmutable, o un mundo que se moldea y cambia conforme la sociedad nos lo demanda.

Enseñar no garantiza que el alumno vaya a aprender. Podemos diseñar las formas más sofisticadas para valorar el aprendizaje, pero no hay una garantía de que una buena nota sea reflejo de un aprendizaje significativo. Entiendo que es necesario (la sociedad nos lo demandan) tener un sello que mida lo que sabemos, o lo que creemos saber; lo cierto es que la incertidumbre que los docentes sentimos cada que estamos “cerrando un tema” quedará siempre presente.

En lo que sí tenemos injerencia directa es en el cómo y qué enseñamos, lo cual sin duda es un detonante para el que aprende. Una pieza de suma relevancia para detonar el aprendizaje es la percepción de los alumnos respecto a cómo enseñamos. Los alumnos perciben nuestro entusiasmo, me atrevo a decir que eso dibuja una disposición inicial en ellos para responder de la misma manera. Por tanto, me interesa mucho conocer sus opiniones de las actividades realizadas, cierto que las actitudes positivas hacia el aprendizaje fomentan el aprendizaje mismo. Para este fin apliqué un formulario de google con las siguientes preguntas: ¿Qué te parecieron las actividades? ¿Consideras que te ayudaron a desarrollar contenidos temáticos? ¿Fueron muy difíciles o aburridas? Ante las cuales obtuve comentarios muy positivos como los siguientes:

“Fueron maravillosas, se lució profe. ¡Y con el tiempo encima!”

“Personalmente las actividades me parecieron muy entretenidas, nada aburridas y con un gran valor educativo...”

“Me parecieron muy interesantes, fueron algo diferente a lo que estoy acostumbrado a hacer normalmente pero me gustaron bastante”

No pretendo extenderme en este asunto, únicamente quiero mencionar que en la mayoría de los casos hubo actitudes positivas hacia la clase y estoy seguro de que esto se debió a la implementación de las actividades y por consecuencia se obtuvieron resultados favorables.

Dicho lo anterior, a continuación presento una propuesta general que incluye todas las actividades, con observaciones particulares y recomendaciones de abordaje. Esto con la intención de que otros docentes pueden valerse de mi experiencia y enriquecer la suya. Si bien la intervención fue realizada en el Colegio de Ciencias y Humanidades, no dudo que se pueda adecuar a otros escenarios.

# PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Colegio de Ciencias y Humanidades

## BIOLOGÍA II

Unidad I: ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?

Propósito de unidad:

Al terminar la unidad, el alumno: [L] [SEP] Identificará los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo.

Tema: Evolución biológica

Subtemas: Evolución – Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo – Escala de tiempo geológico – Evidencias de la evolución – Especie biológica.

Aprendizajes:

- Identifica el concepto de Evolución biológica. [L] [SEP]
- Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin–Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo. [L] [SEP]
- Relaciona los eventos más significativos en la historia de la vida de la Tierra con la escala del tiempo geológico. [L] [SEP]
- Aprecia las evidencias paleontológicas, anatómicas, moleculares y biogeográficas que apoyan las ideas evolucionistas. [L] [SEP]
- Identifica el concepto de especie biológica y su importancia en la comprensión de la diversidad biológica. [L] [SEP]

Aprendizajes adicionales que se pueden fomentar con un correcto enfoque:

- Habilidades para identificar ideas equivocadas propias
- La importancia de un correcto entendimiento del tema de evolución, en función de problemáticas sobre las ideas de progreso, finalidad, intencionalidad, esencialismo y superioridad.

- Reconocer el origen de la especie humana como resultado de un proceso evolutivo
- Promover una aceptación hacia la teoría evolutiva sobre las ideas religiosas

Estrategia:

La presente propuesta de intervención hace uso de la capacidad de las imágenes para explorar ideas equivocadas, promover ideas nuevas y evaluar aprendizajes; partiendo de tres obstáculos en el aprendizaje de la teoría evolutiva: teleología de sentido común, pensamiento causal lineal y razonamiento centrado en el individuo. Además, la estrategia presta especial atención a la historia del pensamiento evolutivo con especial énfasis en el origen de *La Marcha del Progreso*.

Hipótesis de partida: En el pensamiento de los estudiantes está presente la imagen de *La marcha del Progreso* (en múltiples versiones), aunque ésta promueve ideas equivocadas sobre el proceso evolutivo.

Sugerencia de abordaje:

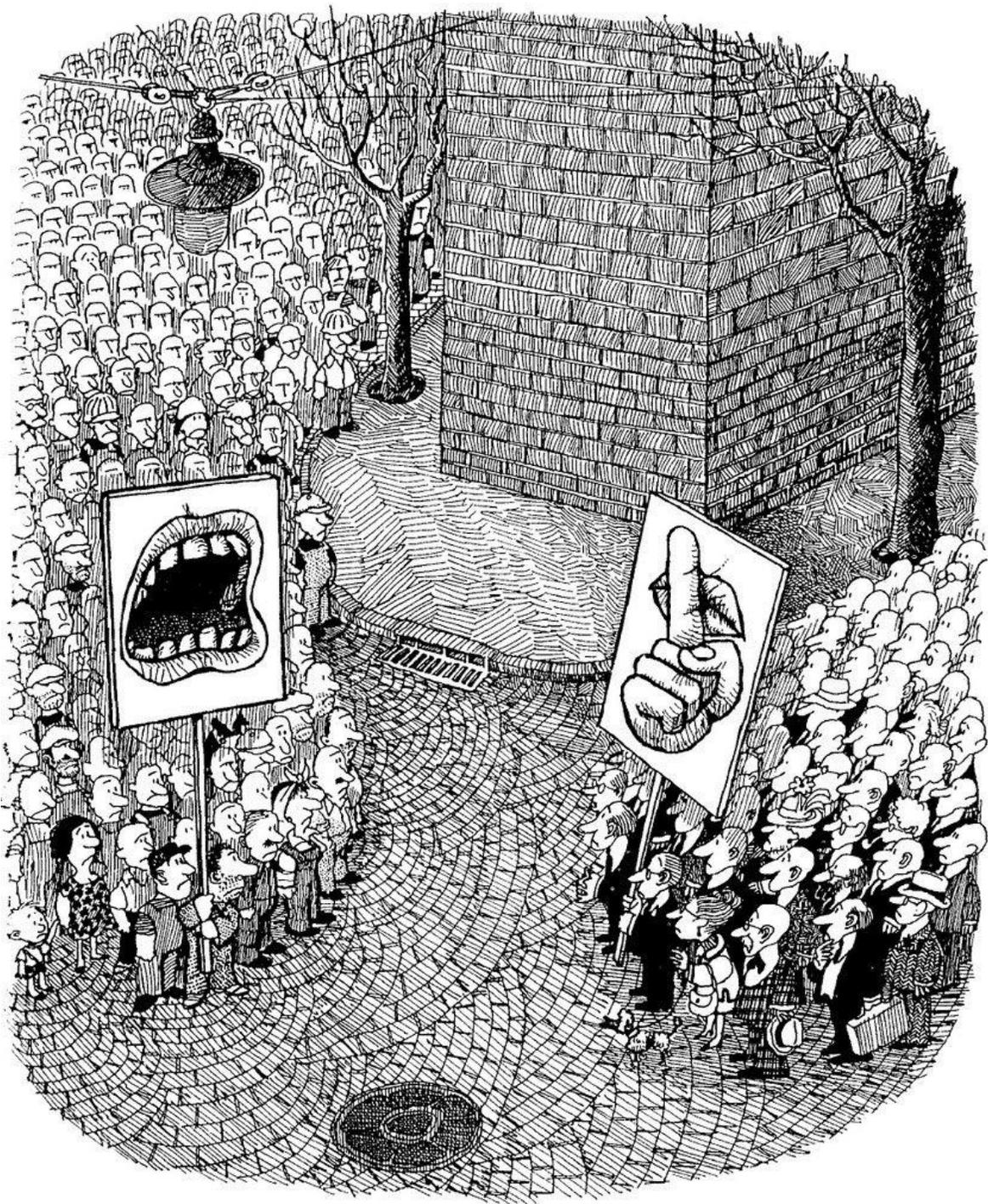
Momento	Tipo de Actividad	Actividad	Abordaje sugerido	Temas que debes plantear o lograr	Recomendaciones
Inicio	<i>De inicio o planteamiento de problemas</i>	¿Cómo represento el proceso evolutivo?	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Solicita al estudiante que elabore un dibujo sobre cómo cree que ocurre el proceso evolutivo.</li> <li>2. Reparte los dibujos por equipos (donde los autores no estén involucrados) y pide que interpreten cada uno.</li> <li>3. Una vez hechas las interpretaciones, de manera grupal comenten cuáles</li> </ol>	<p>-Qué es evolución.</p> <p>-Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo.</p>	<p>- Es preferible que se dedique el tiempo necesario a la actividad, sobre todo para que el alumno no se sienta presionado.</p> <p>- No olvides solicitar una breve descripción de lo que los alumnos quieren representar.</p> <p>- Preste atención a lo que están dibujando para que pueda ir estructurando la discusión y dirija la</p>

			<p>fueron las ideas predominantes.</p> <p>4. Se espera que aparezca <i>La marcha del Progreso</i>, de ser así centra tu atención en ella durante la discusión.</p>		<p>atención hacia ideas erróneas comunes.</p> <p>-Es fundamental que insista en las ideas equivocadas sobre el tema.</p> <p>-Tiempo sugerido de 2 horas.</p>
Desarrollo	<p><i>De identificación de otras formas de explicar</i></p>	<p><i>Varias imágenes, varias ideas</i></p>	<p>1. Arma equipos y reparte a cada uno copias de tres imágenes sobre cómo ha sido representado el proceso evolutivo.</p> <p>2. Solicita que describan qué ven y qué infieren de eso que ven.</p> <p>3. Has un monitoreo por equipo sobre qué aspectos son abordados, y de ser necesario plantea tú algunas ideas.</p> <p>4. Elaboren un cuadro comparativo de manera grupal sobre aspectos que notaron.</p> <p>5. Realiza una breve clase expositiva sobre cómo cada imagen que tú les presentas corresponde con una manera particular de pensar el proceso evolutivo.</p> <p>6. Relaciona las conclusiones con las</p>	<p>-Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo.</p>	<p>-Apóyese de una presentación de Power Point.</p> <p>-Solicite que todos tengan el cuadro comparativo elaborado de manera grupal.</p> <p>-Tiempo sugerido de 1 hora.</p> <p>-Enfatice en las diferencias y semejanzas entre esas imágenes con las que surgieron en la actividad pasada.</p>

			ideas que surgieron en la clase pasada.		
De estructuración de conocimiento	Elementos para interpretar un evograma	1. Plantea el inicio de clase como una propuesta cercanamente acertada para entender el proceso evolutivo: presenta el <i>Evograma del surgimiento de la especie humana</i> .			-Recomiendo que dedique una sesión distinta para esta actividad. -Resalte el hecho de que la imagen utiliza como ejemplo la emergencia de la especie humana, para que puedas concluir que somos resultado de un proceso evolutivo. -Tiempo sugerido de 1 hora.
		2. Reparte de manera individual una copia de la imagen en cuestión.	-Escala de tiempo geológico.		
		3. Solicita que identifiquen elementos evidentes en la imagen.	-Evidencias de la evolución.		
		4. Realiza un ejercicio de interpretación dirigida, la cual consiste básicamente en realizar una descripción siguiendo determinados elementos que componen a la imagen.	-Especie biológica.		
		5. Solicita que ellos realicen el ejercicio en su hoja asignada.			
	Escarabajos	1. Realiza una exposición sobre conceptos clave de evolución.	-Evidencias de la evolución.		-Las copias deben ser a color dado que los elementos visuales presentados en ella lo demandan.
		2. Reparte de manera individual una copia del formato sugerido (ver Anexo).	-Mecanismo de Selección natural. -Especie biológica.		-Sugiera el abordaje de la actividad como si las

			<p>3. Solicita que realicen una explicación tomando a consideración tu exposición, pero, principalmente poniendo atención a los elementos visuales presentados en la actividad.</p> <p>4. Realiza una revisión grupal.</p>		<p>imágenes contarán un relato en términos evolutivos.</p> <p>-Tiempo sugerido de 1 hora, máximo.</p>
Cierre	<i>De generalización o cierre</i>	<i>Mi propuesta de cómo representar a la evolución</i>	<p>1. Solicita a cada estudiante que realice una propuesta sobre cómo piensa que deba representarse el proceso evolutivo.</p>	Implica una evaluación general de todos los conceptos abordados.	<p>-Está es una actividad de evaluación, más que un elemento a utilizar en clase.</p> <p>-No le solicites de un día para otro.</p> <p>-Puede solicitar también por equipo, como mejor te parezca.</p> <p>-De la opción de utilizar medios digitales para su realización</p>
		Meme evolutivo	<p>1. Solicita a cada alumno que realice un meme (en el sentido de las redes sociales) sobre el tema.</p> <p>2. Pide que te lo envíen por correo para que los puedas proyectar en clase.</p> <p>3. Antes de la proyección en clase, elabora tres íconos: me gusta, me encanta, no entiendo.</p>		<p>-La actividad consiste en una evaluación grupal.</p> <p>-Preste atención a las risas. Si el meme causa risa es porque se entiende y si se entiende es porque tuvieron la capacidad de aplicar sus conocimientos.</p> <p>-Tiempo sugerido de dos horas.</p> <p>-Cierre con esta actividad, no olvide</p>

			<p>4. Pega tus íconos debajo de donde vayas a proyectas los memes.</p> <p>5. Proyecta cada meme y solicita que los alumnos reaccionen (seleccionando un ícono) a cada uno.</p>		<p>concluir y recapitular. -Haga evidentes sus intenciones.</p>
		<p><i>Lo que pienso sobre evolución</i></p>	<p>1. Destina un cuaderno por grupo en el que planteas como pregunta inicial: ¿qué pienso sobre la evolución biológica? Está funcionará como bitácora.</p> <p>2. Una vez concluidas las anteriores actividades, solicita que cada sesión un estudiante se lleve la bitácora para responder a la pregunta.</p>		<p>-No hay un tiempo sugerido, depende de cuánto se tarde cada alumno. -Sin embargo, no olvide recordar constantemente sobre la bitácora. -No intervenga en sus reflexiones.</p>



Tomado de *Potentes, prepotentes e impotentes* (p. 23), por Salvador, Joaquín (Quino).  
Editorial Penguin Random House, México.

## REFERENCIAS

- \_Abramowski, A. (2009). El lenguaje de las imágenes y la escuela: ¿es posible enseñar y aprender a mirar? *Revista Tramas. Educación, Audiovisuales y Ciudadanía*.
- \_Alters, B. J., & Nelson, C. E. (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901.
- \_Alvarez, E. (2015). Conocimientos fundamentales de biología evolutiva: propuesta didáctica para educación secundaria. Tesis doctoral. UNAM.
- \_Alvarez y Ruiz, 2017
- \_Anderson, N. A., & Dietrich, M. R. (2012). *The educated eye: visual culture and pedagogy in the life sciences*. UPNE
- \_Astolfi, J. P. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(2), 206-216.
- \_ Astolfi, J. P. (1999). El tratamiento didáctico de los obstáculos epistemológicos. *Revista educación y Pedagogía*, (25), 149-171.
- \_Bachelard, G. (1993). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI.
- \_Berkeley.edu. Understanding evolution. En: <https://evolution.berkeley.edu/evolibrary/home.php>. Acceso: 15/mayo/2019.
- \_Berkman, M. B., Pacheco, J. S., & Plutzer, E. (2008). Evolution and creationism in America's classrooms: a national portrait. *PLoS Biol*, 6(5), e124.
- \_Beuchot, Mauricio (2016). *Hechos e interpretaciones. Hacia una hermenéutica analógica*. Fondo de Cultura Económica, México.
- \_Blake, Kevin. On the origins of “The march of progress” In: Whashington University ProSPER, 2018. Disponible en: <https://sites.wustl.edu/prosper/on-the-origins-of-the-march-of-progress/>. Acceso: 11/marzo/2020.
- \_Bowler, P. J. (2013). *Darwin deleted: Imagining a world without Darwin*. University of Chicago Press.
- \_Burke, P. (2001). *Visto y no visto: el uso de la imagen como documento histórico*. Crítica.
- \_Burri, R. V., & Dumit, J. (2008). 13 Social Studies of Scientific Imaging and Visualization. *The handbook of science and technology studies*, 297, 297-317

- \_Campanario, J. M. (2000). El desarrollo de la metacognición en el aprendizaje de las ciencias: estrategias para el profesor y actividades orientadas al alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 369-380.
- \_Casagrande, D. (2004). Ethnobiology Lives! Theory, Collaboration, and Possibilities for the Study of Folk Biologies. *Reviews in Anthropology*. 33. 351-370.
- \_Casakin, H., & Kreidler, S. (2012). El significado de los referentes en la enseñanza del Diseño. *Actas de Diseño N°16*, 8, 165-171.
- \_CCH-UNAM (2016). Programa de Estudio, Biología I y II. Disponible en: <https://www.cch.unam.mx/programasestudio>. Acceso: 16/agosto/2018.
- \_Coley, J. D., & Muratore, T. M. (2012). Trees, fish and other fictions. *In evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*, 22-46.
- \_Cloonan, A. (2011). Creating multimodal metalanguage with teachers. *English Teaching*, 10(4), 23
- \_Daston, L., & Galison, P. (1992). The image of objectivity. *Representations*, 40, 81-128.
- \_Dawkins, R. (2008). *El cuento del antepasado: Un viaje a los albores de la evolución*. Antoni Bosch editor.
- \_Debes, J. (1968). Some foundations for visual literacy. *Audiovisual instruction*, 13(9), 961-964.
- \_Del Pozo, Rosa (Coordinadora) (2013). *Las ideas científicas de los alumnos y alumnas de primaria: tareas, dibujos y textos*. Universidad Complutense de Madrid.
- \_Dupré, J. (2006). *El legado de Darwin: qué significa hoy la evolución*. Katz Editores.
- \_Dussel, I., & Gutiérrez, D. (2006). *Educación la mirada*. Ediciones Manantial.
- \_Espinosa García, J., & Román Galán, T. (1993). Actitudes hacia la Ciencia en estudiantes universitarios de Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(3), 297-300.
- \_Evans, E. M., Szymanowski, K., Smith, P. H., & Rosengren, K. S. (2005). Overcoming an essentialist bias: From metamorphosis to evolution. Atlanta, GA: In Biennial meeting of the Society for Research in Child Development.
- \_Evans, E. M., Rosengren, K. S., Lane, J. D., Price, K. L., Rosengren, K. S., Brem, S. K., ... & Sinatra, G. M. (2012). *Encountering Counterintuitive Ideas* (pp. 174-99). New York, NY: Oxford University Press.

- \_Folguera, G. & González, L. (2012). La extensión de la síntesis evolutiva y los alcances sobre la enseñanza de la teoría de la evolución. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza* Vol. 5 No 9, 4-18.
- \_Futuyma, D. (2009) *Evolution*. Sunderland: Sinauer.
- \_Gallardo, L. La pedagogía de la imagen y su importancia. En: Red social, Grupo de Investigación Stellae (2014). Disponible en: <http://stellae.usc.es/red/blog/view/115200/la-pedagogia-de-la-imagen-y-su-importancia>. Acceso: 21/febrero/2020.
- \_Gelman, S. A., & Rhodes, M. (2012). Two-thousand years of stasis. *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*, 200-207.
- \_Golinski, J. (2005). *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science, with a new preface*. University of Chicago Press.
- \_Gómez Galindo, A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿Qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4 (2), 83-99.
- \_González Galli, L. (2011). Obstáculos en el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Tesis doctoral. Universidad de Buenos Aires.
- \_González, L. G., & Meinardi, E. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de biología. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 14(3), 435-449.
- \_Gould, S. J. (1983). Desde Darwin. *Reflexiones sobre Historia Natural*. Madrid: Hermann Blume Ediciones.
- \_Gould, S. J. (1989). *Wonderful life: the Burgess Shale*. Nature of History.
- \_Gould, S. J. (2002). *The structure of evolutionary theory*. Harvard University Press.
- \_Hanson, N. R. (1958). *Patterns of discovery: An inquiry into the conceptual foundations of science* (Vol. 251). CUP Archive.
- \_Guix, X. Ver, mirar y contemplar. En: El País. Disponible en: [https://elpais.com/diario/2011/12/11/eps/1323588413\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2011/12/11/eps/1323588413_850215.html). Acceso: 12/abril/2020.
- \_Harms, U., & Reiss, M. J. (2019). The present status of evolution education. In *Evolution Education Re-considered* (pp. 1-19). Springer, Cham.
- \_Harrison, K. What is visual literacy? En: Visual Literacy Today (sin año). Disponible en: <https://visualliteracytoday.org/what-is-visual-literacy/>. Acceso: 12/abril/2020.

- \_Harvie, R. (2013). *Veteran Identity and Gender Representation: A Critical Visual Analysis*. Tesis de maestría. The Rochester Institute of Technology.
- \_Kuhn, T. S. (1986). *La estructura de las revoluciones científicas [1962]*. México DF, *Fondo de Cultura*.
- \_Kress, G., Ogborn, J., Jewitt, C., & Tsatsarelis, C. (2001). *Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom: A multimodal approach*. Economic and Social Research Council.
- \_Kress, G. (2010). *Multimodality: a social semiotic approach to contemporary communication*. London; New York: Routledge. Kress, G., & van Leeuwen, T. (2006). *Reading images: the grammar of visual design* (2nd ed.). London: Routledge.
- \_Lazcano, A. (2005). *Teaching evolution in Mexico: Preaching to the choir*. *Science*. 310
- \_Llorente, 2002 (en tesis de Erica)
- \_López, Carlos (1987). *La explicación evolucionista y el uso de modelos*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- \_Lorenzano, C. (2008). *La construcción social de los individuos*. *Discusiones Filosóficas*, 75-97.
- \_Lucariello, J. How Do I Get My Students Over Their Alternative Conceptions (Misconceptions) for Learning? Removing barriers to aid in the development of the student. En: American Psychological Association (2010). Disponible en: <https://www.apa.org/education/k12/misconceptions>.
- \_Luck, S. & Hollingworth A. (ed.) (2008). *Visual memory*. Oxford University Press
- \_Marchisio, A., Devesa, H. D., Rosso, C. C., & Sica, F. (2012). *La evolución biológica, actualidad y debates*. Ministerio de Educación.
- \_Matuk, C., & Uttal, D. (2012). Narrative spaces in the representation and understanding of evolution. *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*, 119-144.
- \_Mayr, E. (1976). *The Emergence of Evolutionary Novelty*. *Evolution and the Diversity of Life*. Harvard University Press.
- \_Mutak, 2012
- \_Mitchell, W. T. (2009). *Teoría de la imagen* (Vol. 5). Ediciones Akal.
- \_Novak, J. 1988. *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Alianza<sup>[1]</sup><sub>[SEP]</sub>

- \_Nuñez, A. Z. (2009). Darwin y su importancia en la consolidación del pensamiento científica. *Revista Digital Universitaria*. 10 (6), 1-8.
- \_Pauwels, L. (Ed.). (2006). *Visual cultures of science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. UPNE.
- \_Pérez, G. M., Gómez Galindo, A. A., & González Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos.
- \_Perini, L. (2005). The truth in pictures. *Philosophy of Science*, 72(1), 262-285.
- \_Peterfalvi B. (2001) Identificación de los obstáculos por parte de los alumnos. En A. Camilloni (Comp.), *Los Obstáculos Epistemológicos en la Enseñanza* (pp. 127-168). Barcelona: Gedisa.
- \_Pierce, C. (1986). *La ciencia de la Semiótica*. B. Aires. Nueva Visión.
- \_ Posner, G., Strike, K., Hewson, P. y Gertzog, W. 1982. Acomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, p. 211-277.
- \_Prosser, J. (2007). Visual methods and the visual culture of schools. *Visual studies*, 22(1), 13-30.
- \_Rosengren, K. S., Brem, S. K., Evans, E. M., & Sinatra, G. M. (Eds.). (2012). *Evolution challenges: Integrating research and practice in teaching and learning about evolution*. Oxford University Press.
- \_RT News <https://actualidad.rt.com/ciencias/174531-mitos-populares-ciencia-cientificos>
- \_Ruiz, R. La evolución: el concepto y su recepción en México. En: Periódico El Universal: Opinión (2016). Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/entrada-de-opinion/articulo/rosaura-ruiz/nacion/2016/01/16/la-evolucion-el-concepto-y-su-recepcion>. Acceso: 08/marzo/2019.
- \_Ruiz, R., & Ayala, F. (1999). El núcleo duro del darwinismo. *El darwinismo en España e Iberoamérica*, 299-323.
- \_Ruiz, R.; Alvarez, E.; Noguera, R.; y Esparza, M. (2012). Enseñar y aprender biología evolutiva en el siglo XXI. *Bio-graftas*, 5(9), 80-88.
- \_Ruiz, R.; Noguera, R.; y Rodríguez J. M.(coordinadores) (2015). *Darwin en (y desde México)*, Siglo XXI Editores.
- \_Ruse, M. (1979). *La filosofía de la biología*. Madrid: Alianza Editorial.

- \_Sánchez, María del Carmen (2000). *La enseñanza de la teoría evolutiva a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes*. Tesis doctoral. Universidad Nacional Autónoma de México.
- \_Sanmartí, N. (1997). Enseñar y aprender ciencias: algunas reflexiones. *Recuperado de [http://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ense% C3% B1anza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmart% C3% AD. pdf](http://www.pedagogiapucv.cl/wp-content/uploads/2017/07/Ense%C3%B1anza-de-las-Ciencias-Neus-Sanmart%C3%AD.pdf)*.
- \_Sanmartí, N. (2000). El diseño de unidades didácticas. *Didáctica de las ciencias experimentales*, 239-276.
- \_Secretaria de Educación Pública (2011). Programas de Estudio 2011 Guía del Maestro. Disponible en: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/18640/Primer grado Ciencias II enfasis en Fisica.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/18640/Primer_grado_Ciencias_II_enfasis_en_Fisica.pdf). Acceso: 10/enero/2019.
- \_Sismondo, S. (2010). *An introduction to science and technology studies* (Vol. 1). Chichester: Wiley-Blackwell.
- \_Smith, M. U. (2010). Current status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical issues. *Science & Education*, 19(6-8), 539-571
- \_Smith, M. U., & Siegel, H. (2004). Knowing, believing, and understanding: What goals for science education? *Science & Education*, 13(6), 553-582.
- \_Toon, A. (2012) Similarity and Scientific Representation, *International Studies in the Philosophy of Science*, 26:3, 241-257.
- \_Torrens, E. (2010). El árbol filogenético como metáfora en la comunicación de la ciencia. Tesis doctoral. UNAM.
- \_Torrens, E. & Barahona, A. (2016). Visualizando el sistema natural
- \_Torrens, E. & Villela, A. (2018). Cultural visual
- \_Torrens, E., & Barahona, A. (2017). *La evolución biológica en los libros de textos mexicanos*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias y el Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano
- \_Torres, E. (2018). *Árboles de Darwin*. La prensa de Ciencias, UNAM.
- \_ Trumbo, J. (1997). The process of critique in visual communication. *Journalism & Mass Communication Educator*, 52(2), 15-23.

- \_Trumbo, J. (1999). Visual literacy and science communication. *Science communication*, 20(4), 409-425.
- \_UNESCO (1999). Declaración sobre la ciencia y el uso del saber científico. Disponible en: [http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion\\_s.htm](http://www.unesco.org/science/wcs/esp/declaracion_s.htm). Acceso: 28/enero/219.
- \_Villoro, L. (1996). *Creer, saber, conocer*. Siglo XXI.
- \_Victoria State Government (2018). Education and Training: Visual Literacy. Disponible en: <https://www.education.vic.gov.au/school/teachers/teachingresources/discipline/english/literacy/readingviewing/Pages/litfocusvisual.aspx>. Acceso: 13/nov/2019.
- \_Vega Encabo, J. (2002). Scientific culture, visual culture. Perspective, method and image in the origin of modern science. *ARBOR-CIENCIA PENSAMIENTO Y CULTURA*, 173(683-84), 521-552.
- \_Wells, J. (2000). *Icons of evolution: science or myth*. Regnery Publishing.
- \_Woolgar, S., & Latour, B. (1986). *Laboratory life: the construction of scientific facts*. Princeton University Press.

## **ANEXOS**

## ACTIVIDAD “ESCARABAJOS”

A continuación, te presento tres escenarios distintos (con imágenes), en donde tenemos una población de escarabajos (las “cositas” azules). Explica qué está pasando, en términos evolutivos, con la población de escarabajos.

Escenarios	Descripción evolutiva
<p style="text-align: center;">1</p> 	
<p style="text-align: center;">2</p> 	
<p style="text-align: center;">3</p> 	



¡Pista! Los depredadores de los escarabajos son las aves, a éstas les atraen los colores

ATENTO A...

1\_ Los círculos rojos están señalando algo (haz zoom a la imagen) ...

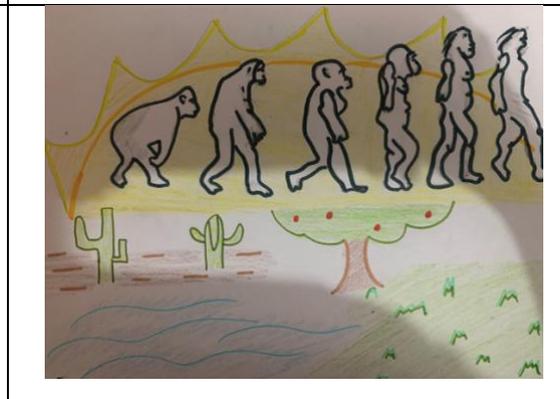
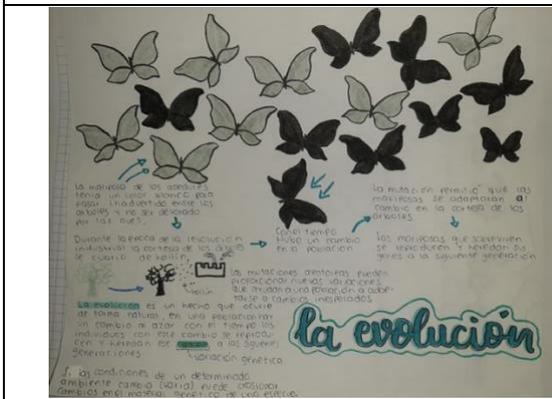
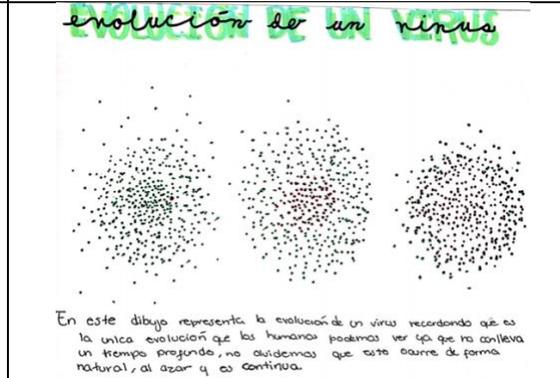
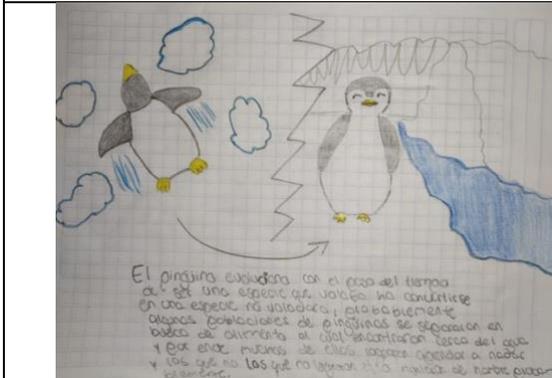
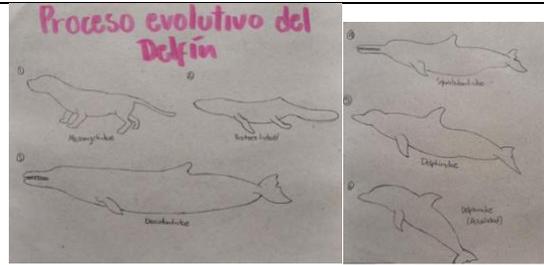
2\_ El tiempo va de 1 a 3 (es decir, imagen 1 es tiempo 0 y la imagen 3

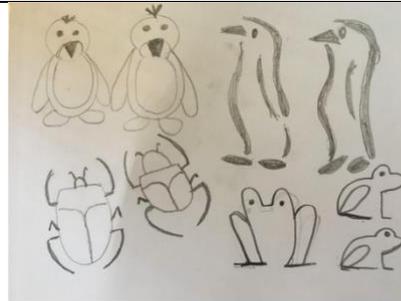
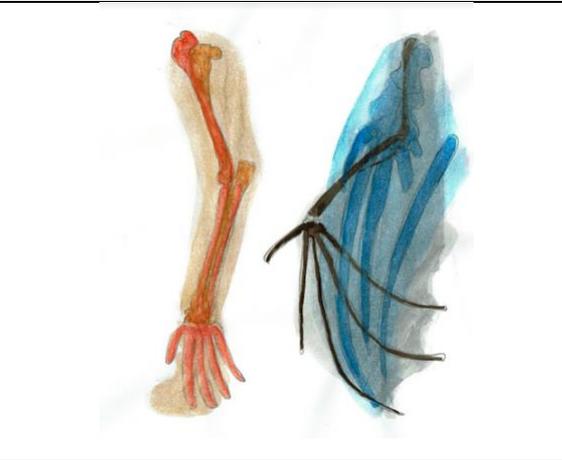
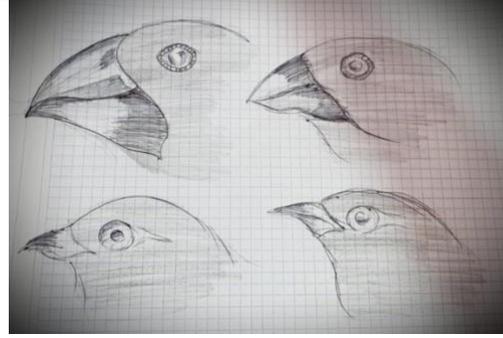
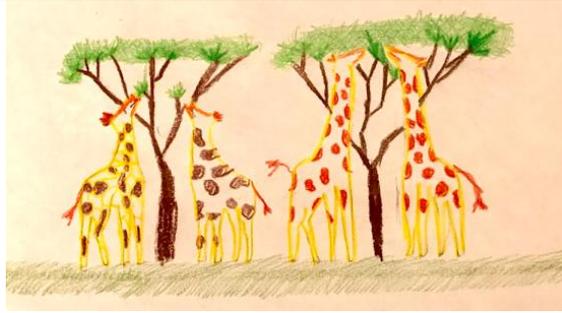
¿Qué conceptos consideras que pueden ser abordados con este ejercicio?

# PROPUESTAS DE ALUMNOS QUE NO FUERO MENCIONADAS DE MANERA PARTICULAR EN EL ANÁLISIS DE RESULTADOS



Desde el año pasado en Biología 3 mi perspectiva sobre la evolución cambió de una línea temporal de un solo sentido, a un árbol pues el tronco sería la base de todo, el ancestro del que partió todo y mientras más va creciendo la especiación se va haciendo posible.



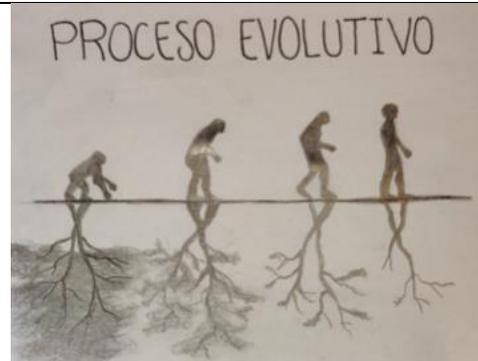
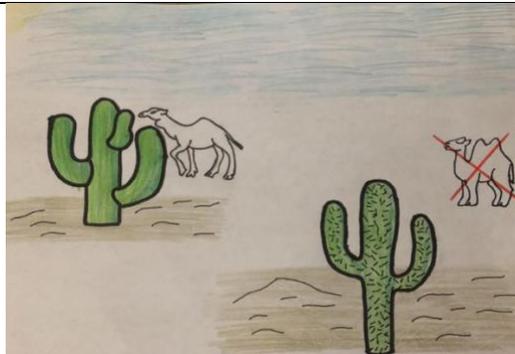


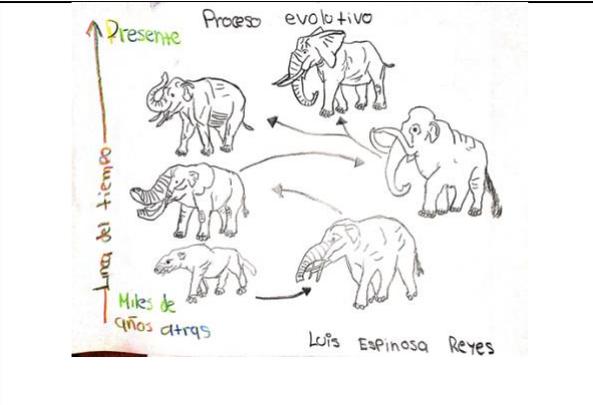
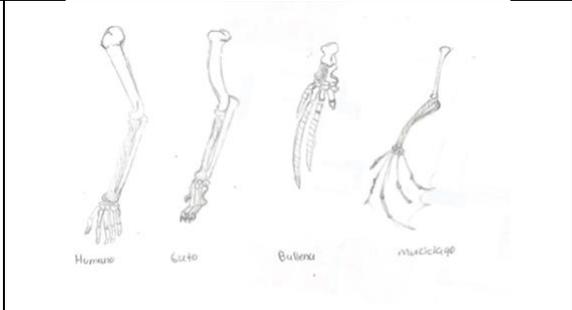
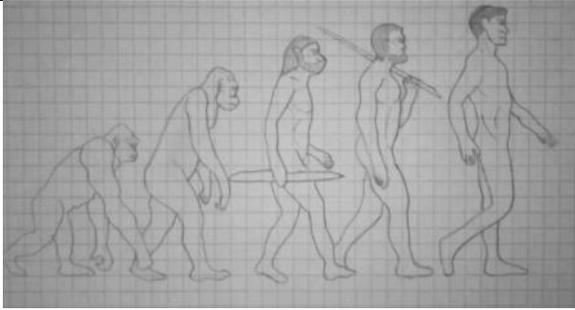
El proceso evolutivo dentro de las especies ocurre dentro de las poblaciones de cada una de estas, gracias a su información y modificación genética a lo largo del tiempo, la mezcla de razas y la presencia de mutaciones ha llevado a los animales a tener cambios físicos donde los que tienen más aptitudes sobreviven o se preservan. Puede haber evolución sin cambio o cambio de ambiente, la selección natural permite que una especie pueda formar varias especies a lo largo del tiempo.



Para mí la evolución es un proceso en el cual las especies buscan adaptarse para sobrevivir y prevalecer en su entorno o en otros diferentes y así heredar esas características a las futuras generaciones.

En este dibujo recreo un poco el cómo se cree que fue la evolución de las aves a partir de los dinosaurios terópodos, puesto que en los fósiles de los dinosaurios comparten características con los huesos de las aves actuales, aun no se sabe cómo desarrollaron el vuelo pero los científicos lo siguen investigando.





## MATERIAL ADICIONAL DE APOYO

A continuación se presentan algunos videos que pueden resultar un buen complemento para el tema. No se encuentran insertados en la planeación.

Video 1 - Teoría de la evolución: 5 preguntas frecuentes.

<https://www.youtube.com/watch?v=3gT1qH9b1cg>



Video 2 - ¿Qué es la selección natural?

<https://www.youtube.com/watch?v=djLbjVY1QY&t=6s>

