



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**LA REPRESENTACIÓN VISUAL DEL TEMA DE LA
EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LAS MONOGRAFÍAS
ESCOLARES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGO

P R E S E N T A:

JORDAN WILLIAM CRUZ CASTILLO



**DIRECTORA DE TESIS:
DRA. ERICA TORRENS ROJAS
2017**

CD.MX.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de Datos del Jurado

1. Datos del alumno

Cruz
Castillo
Jordan William
58696246
Universidad Nacional Autónoma de México
Biología 310090649

2. Datos del tutor

Dra.
Erica
Torrens
Rojas

3. Datos del Sinodal 1

Dr.
Ricardo
Noguera
Solano

4. Datos del Sinodal 2

M. en D.
Juan Arturo
Briones
González

5. Datos de Sinodal 3

Dra.
Eréndira
Alvarez
Pérez

6. Datos de Sinodal 4

M. en C.
María Alicia
Villela
González

7. Datos del trabajo escrito

La representación visual del tema de la evolución biológica en las monografías escolares
71 pp.
2017

Este trabajo se realizó gracias al proyecto PAPIIT IN404116 Cultura visual científica: análisis de las prácticas representacionales en la enseñanza de la evolución biológica de 1921 al México actual, bajo la dirección técnica de la Dra. Erica Torrens Rojas.

A modo de agradecimientos

Son increíbles las oportunidades que la gran casa de estudios te ofrece al formar parte de su familia universitaria, desde que iba en la secundaria estuve consciente de ello y me empeñé por lograr ingresar a la UNAM. Siete años después estoy sentado enfrente del computador redactando estas líneas, con un orgullo rebotante en mis pensamientos.

Clases, charlas, prácticas, libros, conferencias, profesores, investigadores y amistades que no se comparan con nada y que no hubiesen sido posible si en esta Universidad no existiera gente que lucha por los derechos, la justicia y la práctica de valores que enaltecen a la humanidad.

Sin embargo, la Universidad todavía tiene mucho por hacer y por ofrecer; estando dentro me he dado cuenta que también se viven injusticias y que no todo es color de rosa. Que hay gente que vive a expensas del trabajo de otros y que la corrupción no se queda fuera de los muros de Ciudad Universitaria. Dentro hay muchas luchas, donde quizá la más difícil (o una de las más difíciles) sea la de derribar ciertas formas de pensar que lo único que buscan es solventar deseos banales, donde la palabra de `alguien` vale más que la de un estudiante con deseos de honestidad y justicia. Ser estudiante significa mucho y poco a la vez; mucho porque el potencial está latente con cada día que se vive dentro de las aulas, y poco porque en cualquier momento los altos mandos pueden destrozarte, después de todo, tu titulación no solo depende de tus capacidades y conocimientos sino también del ánimo de aquellos que se encuentren en medio.

La Universidad me ha dado algo muy valioso; más que cualquier título o reconocimiento que engrose el expediente de un currículum, el cual, en lugar de corroborar la competencia y habilidades de una persona, asegura un ingreso económico sustancioso; me ha dado esperanzas para lograr una mejor sociedad, me ha demostrado que existen quienes luchan por ello y me uno a ese bando. Gracias UNAM.

Esto fue posible gracias a la oportunidad brindada por la Dra. Erica Torrens Rojas, quien me ofreció formar parte de su equipo ofreciéndome una beca PAPIIT en su proyecto de investigación: “Cultura visual científica: análisis de las prácticas representacionales en la enseñanza de la evolución biológica de 1921 al México actual” (IN404116).

Me siento agradecido por haber formado parte del Laboratorio de Estudios Sociales de la Ciencia (Facultad de Ciencias, UNAM), junto con la Dra. Ana Barahona Echeverría, la M. en C. María Alicia Villela, el Biol. Marco Ornelas Cruces, la Biol. Nuria Gutiérrez, Martha Lucia Granadas y la Dra. Irama Núñez Tancredi; todos ustedes me ayudaron a aclarar muchas ideas y generar nuevos cuestionamientos, que en un futuro intentaré resolver.

Agradezco de corazón la paciencia, dedicación y apoyo del M. en D. Juan Arturo Briones González y la Dra. Nora Galindo, sus comentarios y conocimientos fueron fundamentales para esclarecer muchas dudas que surgieron durante este proyecto, pero sobre todo para aclararme lo que realmente quiero de mi formación profesional.

Agradezco también al Dr. Ricardo Noguera Solano y a la Dra. Eréndira Alvarez Pérez y por aceptar formar parte de mi jurado de titulación, a sus comentarios y correcciones que hicieron de esto un mejor trabajo.

Agradecimientos personales

Una vida no basta para devolver el tiempo que han gastado en mí, su esfuerzo es el que me mantuvo con deseos de seguir adelante. Papá, por las noches no dormidas, por los días exhaustos, por anteponer mis necesidades antes que las tuyas, gracias. Mamá, por todo tu esfuerzo, tiempo, pero, sobre todo, por tu compañía en este camino que no ha sido fácil, gracias. A mi hermano por hacer de mi vida más interesante y por aguantarme tanto. Agradezco tanto todas las oportunidades que me ofrecieron, es por ustedes que estoy en este punto.

Muchas personas que directa o indirectamente contribuyeron a que haya logrado llegar hasta este punto. De todos ellos, nombrare algunas personas que considero que fue fundamental el haberlas conocido durante mi camino en la carrera. Algunos profesores como: Lev Jardón, Julio Muñoz, Angeles Cancino, Nora Galindo, Maria Eugenia (Maru), Juan Briones, Shiobhan Guerrero, Luis Villagomez, Luis Medrano, Carlos Ochoa, Alicia Villela, María de Jesús, Roberto García y mi maestra de matemáticas 1 que he olvidado su nombre; todos ustedes más que conocimientos teóricos me permitieron pensar a la biología y a mi vida de otra forma. Amigos de antaño como Daniel Estrada, Gustavo Epi, Yael, Sandy Gatica, Edith Morlán y Olga Farfán; amigos de carrera, Itzel Munguía, Nicole Gamma, Georgina Luna, Lorena Garibay, Karina Macías, Arturo Reyes, Etzalli Esquivel, Mónica y Jorge (siempre juntos), y muchos más que hicieron de mi estancia en la escuela algo ameno. A mis nuevos amigos del museo, fueron la patadita que hacía falta para apurarme: Annette, Diego, Rafa, Ana, David, Leo, Vero, Dany, JuanJo, Angie, Jony y Alina.

A los autores que me inspiraran: Oscar Wilde, Thomas Kuhn, Popper, Jean M. Auel, Darwin, Stephen Jay Gould, Michael Ruse, Marx, Leonardo González Galli y León Olivé; los releo cada vez que me siento perdido en esta vida.

*Para mamá, papá y hermano,
ustedes son mi motivación para seguir superándome*

Cualquier cosa que cambia en el tiempo tiene por definición una historia –el universo, los países, las dinastías, el arte, la filosofía y las ideas mismas-. La ciencia también, desde que surgió ha experimentado un cambio histórico constante y por tanto es material legítimo para el historiador.

Ernst Mayr

Soñar me mantiene vivo

RESUMEN

El tema de la evolución es fundamental para la enseñanza de la biología, la gran diversidad de fenómenos y hechos que se presentan en el mundo vivo solo tienen sentido cuando se abordan desde un enfoque evolutivo, no por nada grandes biólogos de la historia han dedicado su vida para comprender determinado fenómeno. Este trabajo pretende resaltar la importancia del tema desde una perspectiva diferente, los estudios visuales, considerando que las imágenes que circulan en el público lego pueden facilitar o dificultar la diseminación de una determinada teoría o pensamiento. Las imágenes que fueron revisadas pertenecen a particulares recursos didácticos, *las monografías escolares*, que esperan “facilitar” la enseñanza de un tema, sin embargo, durante su estudio se identificaron varios problemas desde el mismo recurso hasta las representaciones que utiliza sobre el tema.

Palabras clave: evolución biológica, representación visual, estudios visuales, monografías escolares.

LA REPRESENTACIÓN VISUAL DEL TEMA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA EN LAS MONOGRAFÍAS ESCOLARES

J. William Cruz Castillo

Facultad de Ciencias

ÍNDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
Preguntas de investigación y Objetivos	
Material de estudio	
Estructura de tesis	
CAPÍTULO I. REPRESENTACIONES VISUALES EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA	19
Representación científica en la educación	21
Referentes en la educación científica	22
Tipos de representación utilizadas en la educación científica	24
La objetividad de las representaciones científicas en la educación	27
CAPÍTULO II. LAS MONOGRAFÍAS ESCOLARES Y SU EMPLEO EN MÉXICO	30
Sobre los recursos didácticos en México	31
¿Qué es una monografía escolar?	34
CAPÍTULO III. EL TEMA DE LA EVOLUCIÓN, CÓMO ES REPRESENTADO EN LAS MONOGRAFÍAS ESCOLARES	40
Representaciones cuyo referente es material	42
Representaciones cuyo referente es abstracto	44
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	50
ANEXO 1	59
REFERENCIAS	65

INTRODUCCIÓN

Utilizamos imágenes para aprender sobre ciencia y mientras estamos aprendiendo sobre ciencia, visualizamos sus conceptos en imágenes.

Trumbo, Jean (1999)

Ludwik Fleck en *La génesis y el desarrollo de un hecho científico* (1935) y Thomas S. Kuhn en un *Camino hacia la ciencia normal* (1962) mostraron la relevancia de los recursos educativos desde una nueva perspectiva, principalmente Kuhn se refería a los libros de texto como vehículos particulares que exponen el cuerpo de una teoría aceptada, y que, por lo tanto, sirven como instrumento principal de preparación para los futuros científicos y como fundamento para las actividades de la comunidad científica en general (Fleck, 1935 y Kuhn, 1962). En la actualidad se producen una gran diversidad de recursos didácticos que tienen como principal objetivo difundir y divulgar el conocimiento, tanto de forma escrita como visual.

Durante la década de 1990, el denominado *giro pictórico* (Mitchell, 1994) “pretendió mostrar por qué el discurso teórico contemporáneo ha encontrado tan difícil, y al mismo tiempo tan necesario, controlar la cuestión de la representación visual” (Mitchell, 1994 p.281); en ese sentido, direccionó parte del interés de los estudios de la ciencia y la tecnología hacia el análisis del papel de las representaciones científicas, buscando mostrar su relevancia en la construcción de conocimiento, en su diseminación y enseñanza. En la actualidad existe un amplio consenso respecto al tema de la representación como la esencia misma de la actividad científica (Pauwels, 2006).

En el terreno de la educación, la ciencia es conocida y expresada a través de una serie de prácticas representacionales que recaen en diversos recursos didácticos, tales como diagramas, mapas, gráficas, tablas, dibujos, ilustraciones,

fotografías, simulaciones por computadora y otros tipos de representaciones que se emplean todo el tiempo como vehículos difusores (Perini, 2012). No obstante, cuando un estudiante se enfrenta por primera vez a una representación científica, no logra ver lo que `ve el científico`, por falta de conocimientos teóricos.

“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 sub-nucleares que le son familiares. Solo 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).

A esta comprensión o preparación se le conoce como alfabetización visual (*visual literacy*), cuyo concepto fue formalmente definido por John Debes a finales de la década de 1960. De acuerdo con él, “la alfabetización visual se refiere a un grupo de competencias que un ser humano puede desarrollar mediante la observación unida a otras experiencias sensoriales. El desarrollo de estas competencias es fundamental para el aprendizaje formal, pues cuando se desarrollan, permiten a una persona visualmente alfabetizada discriminar e interpretar las acciones, objetos y/o símbolos visibles que encuentra en su entorno” (Debes, 1968, p. 14)¹.

Por su parte, Luc Pauwels (2006) le asigna el nombre de *visualización*, a la capacidad para “comprender los procesos a través de los cuales los científicos desarrollan o producen imágenes, esquemas, gráficas... etc.” (Pauwels, 2006, p. 1) Durante la revolución cognitiva, que ocurre durante el proceso de visualización, el estudiante “ve cosas nuevas y diferentes al mirar con instrumentos conocidos y en lugares en los que ya había buscado antes” (Kuhn, 1962, p. 176); esa nueva

¹ Debes, J. (1968). Some foundations for visual literacy. *Audiovisual Instruction*, 13(9), 941-964.

visión le permitirá explicar un cierto fenómeno científico, llevándolo a conocer el mundo mediante una representación, la cual, de ser una construcción firme² trascenderá en la cultura.

Mitchell (1994) argumenta que la historia de la humanidad está tomando un nuevo `giro`³, es decir, una forma de entender, interpretar y racionalizar al mundo; desde estos *giros* es posible la reflexión crítica sobre el arte, los medios de información y demás formas culturales. En el nuevo *giro pictórico* “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” (Mitchell, 1994, p. 21)⁴. Por ello, lo visual se posiciona como una herramienta indispensable en la educación científica.

Lo anterior permite posicionar al contenido visual científico como fundamental en la diseminación del conocimiento, por lo tanto, en la enseñanza. Particularmente esta tesis se centró en el contenido visual de un tema fundamental en la biología: la evolución. La evolución es un hecho que permite explicar el significado y el cómo se ha originado toda la diversidad del mundo vivo (Mayr, 1976). Actualmente, todos los estudios científicos en biología se realizan desde un enfoque evolutivo.

Es importante aclarar que “la Teoría de la evolución consiste en un amplio y heterogéneo conjunto de modelos científicos” (Futuyma, 1998, p. 12), situación que impide que el tema sea tratado en su totalidad. Específicamente este trabajo se centró en los principios que se establecieron luego de la *Teoría sintética de la evolución* (1942), la cual en términos generales establece que el factor que origina la variabilidad genética es producto de la mutación, y la selección natural determina cuáles serán las variaciones que se preservarán generación tras

² Con una construcción firme, me refiero a un conocimiento o serie de conocimientos que ofrecen explicaciones de un fenómeno a estudiar. En *La Estructura de las Revoluciones Científicas* (1962) Thomas S. Kuhn enfatiza en la relevancia de las revoluciones científicas para un cambio de paradigma, en donde tales constructos son puestos a prueba con unos nuevos.

³ Este término fue propuesto por Richard Rorty para describir a un “un conjunto nuevo de problemas que aparecen y los antiguos comienzan a desaparecer”, los cuales describen a la historia de la filosofía.

⁴ Mitchell, W.J.T. (1994). *Teoría de la imagen*. Editorial AKAL Estudios Visuales.

generación (Mayr, 1976). Es decir, la selección natural como el principal mecanismo que genera adaptaciones.

Luego de la publicación de *El Origen de las Especies* (1859) de Charles Darwin, las explicaciones en biología adquirieron nuevos rumbos. Desde su publicación causó controversias y extensos debates en el ámbito científico, sin embargo, y como es de esperarse, el conocimiento fue más allá de los círculos académicos. La teoría de Darwin, la cual sigue siendo la teoría más aceptada y reconocida entre la comunidad científica, alcanzó a diseminarse en la cultura popular pero con interpretaciones erróneas, los proyectos de Eugenesia y el Darwinismo Social son ejemplos clásicos.

¿Qué papel jugaron las imágenes en la diseminación de ideas erróneas sobre la evolución? Como se mencionó previamente, las imágenes u otros tipos de representaciones visuales acompañan a las teorías o al conocimiento científico en sí, por lo tanto, llevan consigo una manera particular de pensar o repensar los fenómenos. Respecto al tema de la evolución hay imágenes como el 'Pedigree del hombre' de Haeckel (1874) que al ser contempladas por el público lego éste malinterpreta el mensaje, dado que muchas veces no posee la carga teórica necesaria o la imagen puede estar descontextualizada.

Sucedee que estos errores se siguen repitiendo en la actualidad y el escenario educativo mexicano no es la excepción. Esta tesis forma parte de un proyecto de investigación dirigido por la Dra. Erica Torrens Rojas del laboratorio de Estudios Sociales de la Ciencia (Facultad de Ciencias, UNAM) y tiene como principal objetivo "establecer si el contenido visual del tema de la evolución biológica en contenidos educativos y culturales mexicanos impulsa su entendimiento o si promueven ideas equivocadas u obsoletas" (Torrens, 2016 p.6)⁵.

⁵ PAPIIT IN404116

PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Qué representaciones visuales sobre el tema de la evolución se exponen, a través de las monografías escolares, a los estudiantes de nivel básico?

¿El contenido visual sobre el tema está actualizado?

A grandes rasgos ¿qué obstáculos se identifican para representar el tema?

MATERIAL DE ESTUDIO

Como se expuso previamente, los recursos didácticos a partir de los cuales se estudiaron las representaciones sobre el tema de la evolución fueron las *monografías escolares*. Actualmente en el continente americano, en países como México, Ecuador y Argentina, y en el continente europeo en países como Francia, circulan estos recursos didácticos.

Para evaluar el caso de México se realizó un muestreo en diferentes estados de la República Mexicana, los cuales fueron: Ciudad de México, Estado de México, Puebla, Morelos, Sinaloa, Querétaro e Hidalgo. Del muestreo se obtuvieron 36 ejemplares, entre los cuales había repetidos, por lo tanto, únicamente fueron seleccionadas 9 diseños de monografías diferentes (se pueden consultar en el ANEXO 1) con títulos relacionados con el tema de la evolución.

Los títulos de los materiales fueron los siguientes: *Eras geológicas*, *La evolución de la vida*, *Evolución de las especies* y *Evolución del hombre*. Posteriormente, la selección de imágenes se hizo considerando el principal modelo⁶ que explica la evolución: el Darwinismo o el Modelo de Evolución por Selección Natural (MESN) (González-Galli, 2011).

⁶ Un modelo es una entidad abstracta definida por qué aspectos del mundo representa y por cómo lo hace (Véase Ariza y Adúriz Bravo, 2012).

ESTRUCTURA DE TESIS

Considerando lo anterior, la estructura de esta tesis está pensada para avanzar de manera paulatina en el estudio de la representación visual del tema de la evolución en las monografías escolares. El Capítulo I *Representaciones visuales en la educación científica* tiene como principal objetivo mostrar la relevancia de las imágenes en la comunicación del conocimiento científico dentro del escenario educativo; este capítulo forma parte de lo que se conoce como *Estudios sociales de las imágenes y visualización científica* (Burri y Dumit, 2008) que, a grandes rasgos, pretende mostrar el papel que desempeña una representación en el público lego. Estos estudios hicieron posible una caracterización general sobre las imágenes que se utilizan en la educación científica.

Posteriormente, el Capítulo 2 titulado *Las monografías escolares y su empleo en México*, pretende mostrar un bosquejo general sobre los recursos didácticos que circulan en el territorio mexicano. Es un acercamiento al recurso a partir del cual se extrajeron las imágenes a revisar, por lo tanto, se ofrece una descripción técnica de estos recursos y algunas posibles limitaciones y alcances. Al mismo tiempo, y de acuerdo a la caracterización de las representaciones hechas en el primer capítulo, se clasificaron los tipos de representaciones utilizadas en estos recursos.

Para pasar al tema de la evolución, y como se mencionó en líneas anteriores, fue necesario delimitar qué de la teoría evolutiva se consideró para el estudio de las imágenes. El capítulo 3 presenta un resumen general sobre el actual consenso respecto al principal modelo que explica la evolución y los argumentos principales de ésta. Al mismo tiempo se quiere responder a la pregunta *¿Qué y cómo es representado el tema de la evolución en las monografías escolares?*, para después presentar las imágenes que se analizaron y algunas cuestiones que conlleva su uso, por ejemplo, ideas progresistas y clasistas que formaron parte del argumento central del *Darwinismo Social*.

Con cada capítulo se espera ofrecer una aproximación a las principales cuestiones que fueron planteadas en la investigación. En la última parte, *Discusión*

y conclusiones, son retomadas algunas consideraciones que surgieron casi al final de este proyecto de tesis, así como también reflexiones sobre la importancia del contenido visual que es presentado al público lego.

Antes de comenzar con el texto es fundamental considerar la siguiente pregunta y el punto de vista del que escribe: ¿Por qué realizar este tipo de estudios? Está claro que la ciencia es producto de la sociedad, puede situarse en un contexto y tiempo determinado, por lo cual es susceptible de reflejar el pensamiento dominante de un periodo histórico particular. La ciencia no es objetiva, no bajo los cánones a partir de los cuales se fundó el concepto, sino que obedece la estructura de pensamiento del que fabrica los conocimientos. El científico ha hecho uso de dispositivos particulares que le permitan facilitar la diseminación de su conocimiento y las representaciones visuales forman parte fundamental de sus argumentos, porque un conocimiento encerrado en cuatro paredes no tiene futuro. Estas representaciones no se mantienen intactas, una vez que salen de su centro de origen, atraviesan barreras de comprensión y asimilación, las imágenes se transforman para que el público, que no posee el bagaje de conocimientos, comprenda y adopte el mensaje. Sin embargo, este viaje de la imagen cargada de conocimiento desde su centro de origen a su receptor no especializado puede sufrir altercados, el conocimiento se transforma o se mal interpreta. Trumbo (2006) identifica a este proceso como *visual communication* e involucra la manera en la que se expresan las ideas y se transmite el significado a otros. Por lo tanto, cualquier recurso didáctico que se valga de las representaciones para facilitar un conocimiento debe ser monitoreado para evaluar “la credibilidad de la fuente, el grado en el que la imagen es comprensible y el grado en que la imagen refleja el principio o dato científico” (Trumbo, 2006, p. 269)⁷.

⁷ Trumbo, J. (2006). Making Science Visible, Visual Literacy in Science Communication, pp. 266-283. En: Pauwels, L. (2006). *Visual cultures of science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. UPNE.

CAPÍTULO I

REPRESENTACIONES VISUALES EN LA EDUCACIÓN CIENTÍFICA

El enorme incremento de la cantidad de imágenes usadas en los intercambios sociales dentro y fuera del aula exige una reflexión desde el ámbito educativo. Las imágenes son un componente básico de los materiales educativos, pero en las aulas sólo se atiende a números y palabras. Las imágenes producidas exigen nuevas formas de alfabetización, de intercambio comunicativo, de pensamiento; pero la escuela se centra en la alfabetización tradicional.

Cámara, E. L. (2000).

Introducción

El papel de las representaciones visuales en las actividades científicas es un tema fundamental para comprender la apropiación del conocimiento fuera de los laboratorios y otros ámbitos científicos. Burri & Dumit en su artículo “Social studies of scientific imaging and visualization” (2008) se refieren a este tipo de estudios como una fundamental aportación a los estudios sociales sobre las representaciones científicas, donde, a grandes rasgos, exploran las trayectorias de las imágenes científicas desde su producción y desarrollo, hasta su incorporación dentro de las vidas e identidades individuales, grupales e institucionales y en diferentes esferas sociales, lo cual se refleja en la cultura⁸ (Burri & Dumit, 2008; Golinski, 2005; Pauwels, 2006; Latour; *et al.*, 1995).

⁸ Burri & Dumit distinguen la trayectoria de las representaciones científicas en tres pasos: *production, employment* y *deployment*.

En el escenario científico las diferentes prácticas representacionales son utilizadas directamente como inscripciones o evidencias de un estudio en particular. Dentro de este proceso de producción de imágenes, los científicos buscan desarrollar o utilizar las mejores técnicas para poder presentar de manera fiel la realidad (más adelante veremos un poco sobre el papel de la *objetividad* en estas imágenes). Lynch (1990) identifica, que para que los científicos puedan obtener imágenes que puedan ser utilizadas como evidencia, la ciencia se ha orientado a desarrollar softwares, y con ellos tecnologías, que puedan solventar tales requerimientos. Los modelados 3D mediante programas de cómputo característicos, que muchas veces funcionan en un equipo de cómputo particular, pueden ser un ejemplo claro de producción de imágenes.

Son variados los cuestionamientos que pueden surgir respecto a las representaciones científicas, sin embargo, está claro que son una parte integral del argumento científico (Perini, 2004). En el escenario educativo, las imágenes son utilizadas con la finalidad de transmitir conocimiento, tanto dentro de la comunidad científica como fuera de ella. Una vez que las imágenes son presentadas al público no científico, éstas poseen un poder visual y persuasivo⁹ que las posiciona como modelos que permiten explicar nuestra realidad, además “ocupan un lugar cada vez más importante en la ciencia, en la escuela y en la sociedad” (Postigo y López-Manjón, 2012, p.594).

En palabras de Mitchell, el *giro pictórico* “se centra en el modo en que el pensamiento moderno se ha reorientado alrededor de paradigmas visuales...” (Mitchell, 1994, p. 20)¹⁰. Esto adquiere un papel relevante en el ámbito educativo debido a que, mediante las imágenes, “el alumno puede reconocer y analizar su

⁹ El poder visual y persuasivo se refiere a la influencia que tienen las imágenes en la concepción de un cierto tema. Un ejemplo claro de esto se encuentra en la percepción que el público de Inglaterra tenía sobre la evolución del hombre luego de la publicación del Origen del Hombre, de Charles Darwin, percepción que era evidente a través de las caricaturas realizadas del tema. Véase Larson, B. J., & Brauer, F. (Eds.). (2009). *The art of evolution: Darwin, Darwinisms, and visual culture*. UPNE. Mitchell (1994) sostiene que “si queremos entender el poder de las imágenes, necesitamos fijarnos en sus relaciones internas de dominación y resistencia, así como en su relación externa con los espectadores y con el mundo” (Mitchell, 1994, p. 282).

¹⁰ Mitchell, W.J.T. (1994). *Teoría de la imagen*. Editorial AKAL Estudios Visuales.

entorno físico y cultural, para que pueda traducir símbolos verbales a símbolos visuales... porque toda la estructura visual queda al alcance de una simple mirada” (Rubio, 1990, p. 4)¹¹.

Representación científica en la educación

En términos generales, una parte importante en la construcción del conocimiento científico resulta de la comunicación entre los miembros de la comunidad científica a través de diferentes medios, siendo las representaciones visuales uno fundamental. Para que cualquier conocimiento novedoso se vuelva parte de la práctica científica aceptada, primero debe ser comunicado en medios especializados para después ser revisado, criticado y reexaminado constantemente a la luz de nueva evidencia (Eliam & Gilbert, 2014). Las representaciones visuales estándares, entonces, resultan de la interacción y consenso entre la comunidad científica en cuanto a las técnicas y los métodos para lograr la visualización de tal conocimiento. Una vez que la imagen se vuelve parte del cuerpo de conocimiento, ésta puede ser utilizada para difundir y estabilizar el conocimiento y los conceptos teóricos que representa fuera del ámbito científico.

El conocimiento presentado a través de imágenes en el proceso educativo es aquel que se encuentra estandarizado. Por ejemplo, en los libros de texto se presentan conocimientos que han sido aceptados por la comunidad y exponen el cuerpo de una teoría admitida (Kuhn, 1962).

En la cultura escolar, las representaciones visuales han dominado en gran medida el campo de la enseñanza, puesto que se emplean en los recursos didácticos y en la mayoría de los medios. Particularmente la enseñanza de la ciencia mediante imágenes se sustenta utilizando como apoyo para describir y simplificar un fenómeno, establecer relaciones, demostrar procesos –lineales o no-, presentar dimensiones espaciales y temporales, entre otros (Perini, 2005).

¹¹ Rubio, Nicolás (1990). Las imágenes en la enseñanza, una reflexión teórico práctica.

Por tanto, la visualización ha jugado un papel sumamente importante en la explicación y comprensión de la ciencia, cumpliendo con funciones determinadas. Vega (2002) muestra cuatro funciones principales de estos dispositivos visuales (como él los llama):

- a) Las imágenes pueden ilustrar únicamente observaciones sistemáticas de elementos naturales
- b) Las representaciones visuales pueden servir para sugerir, a partir de la exposición de varios elementos conectados, generalizaciones inductivas
- c) Las imágenes pueden ser utilizadas para presentar los instrumentos científicos y los experimentos realizados con ellos
- d) Los dispositivos visuales pueden facilitar la presentación de clasificaciones y sistematizaciones de fenómenos naturales

Referentes en la educación científica

Para realmente aprender ciencia, es fundamental que los estudiantes desarrollen la habilidad de pensar con las representaciones, tal como los científicos lo hacen. Esta situación se vuelve complicada principalmente porque los fenómenos estudiados suelen ser complejos (Eliam & Gilbert, 2014). Pensar como los científicos para comprender las representaciones que utilizan implica un proceso de visualización del conocimiento científico.

De acuerdo con Luc Pauwels (2006), visualizar significa “comprender los procesos a través de los cuales los científicos desarrollan o producen imágenes, esquemas, gráficas...”¹²etc. Por tanto, esta no es una actividad trivial, mucho menos cuando el conocimiento está compuesto por varias piezas. Eliam & Gilbert (2014) identifican que la dificultad que encuentran los estudiantes de ciencias, para visualizar estos componentes, se debe a que éstos pueden ser tratados a

¹² Pauwels, L. (2006). *Visual cultures of science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. UPNE. 1-25.

niveles micro o macroscópicos, pueden tener características explícitas o implícitas, ser concretos o abstractos, o pueden referirse a entidades dinámicas o estáticas.

La capacidad para visualizar un hecho científico se remite, entonces, a las características de su referente, el cual hace alusión al objeto del cual está hablando. Pauwels (2006) distingue dos tipos de referentes básicos: materiales y abstractos.

Los referentes materiales son aquellos que poseen características observables, medibles o cuantificables. Este tipo de referente se sustenta en la capacidad de ver del ser humano. Algunos problemas con el tamaño del objeto o la velocidad del acontecimiento, son solucionados con la aplicación de aparatos tecnológicos que tienen la capacidad de evidenciar al referente, por ejemplo, los microscopios, que captan objetos diminutos, o los telescopios, que permiten observar objetos fuera del planeta tierra (Pauwels, 2006).

Por el contrario, los referentes abstractos suelen tratar sobre constructos mentales lógicos, que no tienen características directas o inmediatas. En esta categoría se encuentra el establecimiento de relaciones a través de fenómenos observables, relaciones hipotéticas, postulación de fenómenos, entre otros. La medición o toma de datos permiten elaborar gráficas u otro tipo de representaciones que se remiten directamente al referente. Sin embargo, entender la relación de los datos y lo que están representando es una actividad abstracta (Pauwels, 2006).

Lo anterior permite esclarecer la dificultad de tratar sobre ciertos temas en ciencia, principalmente aquellos en los que su referente es abstracto. Esta dificultad recae en el hecho de que para comprender conocimientos abstractos es necesario manejar información previa o metodológica que permita interpretar el resultado, en este caso la representación. Un ejemplo claro es la evolución biológica.

Tipos de representaciones utilizadas en la enseñanza

Existen diferentes tipos de representaciones visuales en la comunicación del conocimiento científico en el ámbito escolar; Postigo & López-Manjón (2012) identificaron que diversos autores han hecho diferentes propuestas para poder categorizar a las representaciones de acuerdo con diversos criterios¹³. Por ejemplo, en los recursos didácticos estas representaciones han sido analizadas en los libros de texto de biología y ciencias naturales (Postigo & López-Manjón, 2012; Perini, 2012; Torrens y Barahona, 2015).

Laura Perini estableció dos criterios que resultan apropiados para analizar las representaciones científicas en el proceso educativo: forma y función. La `forma` es el discurso visual utilizado para presentar el conocimiento, y la `función` se refiere al papel que desempeña ese discurso en el aprendizaje de los estudiantes (Perini, 2012). Para fines de este trabajo y siguiendo con el criterio de análisis de Perini, la clasificación que mejor se ajusta es la propuesta de Postigo & López-Manjón (2012):

1. *Construcciones visuales*: en esta categoría caben todas las representaciones que fueron construidas mediante diferentes técnicas de obtención de imágenes que tratan de modelar un fenómeno, por ejemplo, la resonancia magnética, programas de modelados 3D, etc. (Ver Fig.1).

¹³ Postigo y López-Manjón (2012) identificaron varios criterios que han sido utilizados para clasificar las representaciones utilizadas en la educación científica: perceptivos, de grado de iconicidad o analogía con el objeto representado, funcionales y por la relación establecida con el objeto representado, forma y función⁷. Véase Postigo, Y., & López-Manjón, A. (2012). Representaciones visuales del cuerpo humano: análisis de los nuevos libros de primaria de Ciencias Naturales en la reforma educativa mexicana. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(53), 593-629.

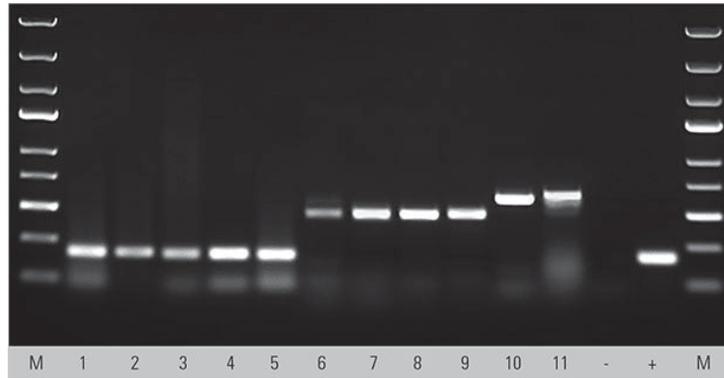


Figura 1.1 Lectura en gel de un análisis de PCR. En este caso el fenómeno que se desea representar o justificar es la presencia de algún componente molecular, desde nucleótidos hasta proteínas, lo cual es posible gracias al peso molecular de éstas.

2. *Fotografías*: El objetivo principal de estas es ilustrar un fenómeno u objeto, desde elementos externos hasta internos (como en el caso de las microfotografías) (Ver Fig. 2).



Figura 1.2 Fotografía de un ave. En este caso se pretende resaltar las características visibles del ave.

3. *Diagramas*: Representan contenidos conceptuales que hacen explícitas sus interrelaciones y presentan la información de forma esquemática. Se pueden apoyar en otros recursos como flechas, llaves, cuadros, etc. (Ver Fig. 3).

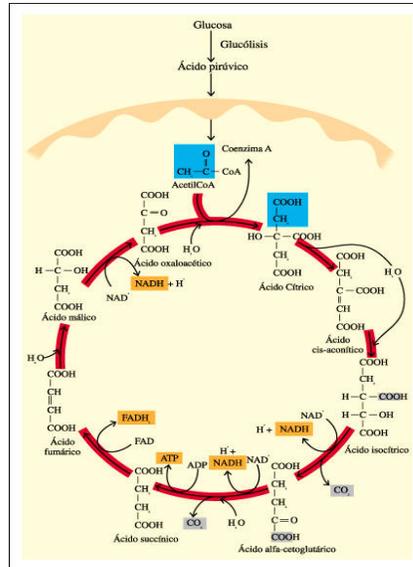


Figura 1.3 Diagrama que presenta el ciclo de Krebs. La utilización de recursos extra (líneas, letras, símbolos) es importante para demarcar las relaciones o secuencias que se busca resaltar. Usualmente son representaciones resumidas.

4. *Dibujos*: Son representaciones bidimensionales de carácter icónico y que muestran una correspondencia analógica respecto del objeto o fenómeno representado (Ver Fig. 4).



Figura 1.4 Dibujo de la extinción de los dinosaurios. Laura Perini se refiere a este tipo de representaciones como pictóricas, donde a partir de una construcción meramente teórica (en este caso la extinción de los dinosaurios) se presenta a través de gráficos de este estilo.

5. *Gráficas*: Presentan una relación numérica o cuantitativa que existe entre dos o más variables a través de distintos elementos (líneas, barras, recuadros, etc.) (Ver Fig. 5).

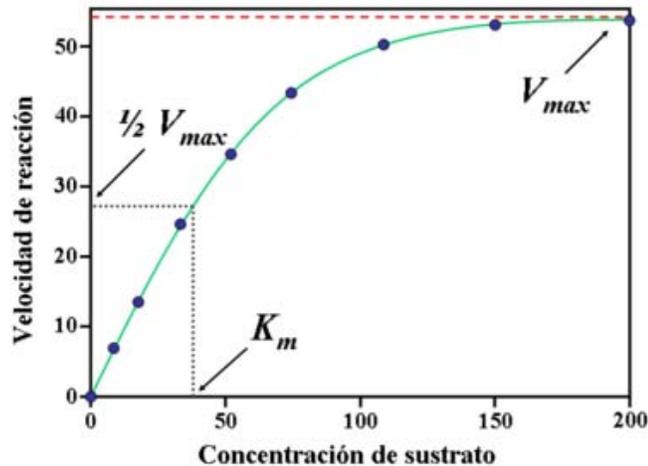


Figura 1.5 Gráfica de la cinética enzimática. Estas representaciones suelen mostrar dos dimensiones, que idealmente son medibles.

Es importante aclarar que regularmente las representaciones van acompañadas de texto. Myers (1988) sostiene que las leyendas o pie de imagen pueden ayudar a dirigir la interpretación del estudiante, indicando la relación entre sus partes; al mismo tiempo que permiten evidenciar al referente.

La objetividad de las representaciones científicas en la educación

La objetividad ha sido un concepto muy discutido en la filosofía e historia de la ciencia y, sobre todo, de crucial importancia en la percepción pública que se ha construido de la actividad científica. Con este concepto se busca dar credibilidad y autoridad a los conceptos científicos al dejar “que la naturaleza hable por sí misma”, es decir, que muestre las características que la hacen más distintivas y únicas, pretendiendo alejar toda intromisión por parte del estudioso del fenómeno.

Las representaciones científicas, al ser una forma visual del conocimiento, se encuentran sujetas a la imagen de la objetividad, cuya historia ha sido estudiada por Daston y Galison (1992), quienes mostraron cómo los cambios en el

concepto de objetividad han dirigido la manera de representar un fenómeno natural. Por ejemplo, en el siglo XVIII las ilustraciones científicas eran consideradas como una manera de representar correctamente los fenómenos naturales porque a través de éstas se buscaba resaltar los rasgos más importantes del fenómeno u objeto representado, es decir, que la objetividad recaía en la experiencia acumulada del científico. Posteriormente, ya en el siglo XIX, gracias a la invención de la fotografía, el concepto buscaba reproducir imágenes sin ningún agregado o modificación, recayendo en la precisión de las máquinas (objetividad mecánica) y alejando toda intervención humana. Sin embargo, el sujeto en ningún momento sale del proceso, ya sea de producción o de interpretación, y ahí está siempre presente el dilema de la objetividad.

En términos generales y sin importar la temporalidad, en la búsqueda de objetividad, los científicos intentan presentar de forma precisa y detallada los fenómenos estudiados. Una forma ha sido alejando su intervención en la elaboración de esas representaciones a través de la aplicación de diferentes técnicas mecanizadas, con el objeto de mostrar una mayor *fidelidad a la naturaleza*¹⁴ (Daston y Galison, 1992).

Ahora bien, dentro del ámbito educativo, al estudiar la función de la representación científica es necesario tomar en cuenta, como argumentan Law y Lynch (1992) que “es necesario que el estudiante se enfoque en los rasgos más visibles e importantes”.

Se podría pensar que el argumento anterior sugiere que las representaciones están sesgando las interpretaciones de quienes las ven, sin embargo, es importante recordar que uno de los objetivos principales de las representaciones en la educación científica es el de presentar la información de una manera resumida y más accesible, que, precisamente, dirija el pensamiento de los estudiantes. Bajo este criterio, las representaciones en la educación también pueden ser objetivas, de acuerdo con lo que se entiende hoy por objetividad. No obstante, también resulta clara la enorme responsabilidad de quien

¹⁴ *Fidelidad a la naturaleza* se refiere al interés por incluir representaciones visuales fieles y ajustadas a la realidad de las cosas.

se encuentra detrás de la manufactura de las imágenes científicas pensadas para enseñanza, así como de su elección y distribución.

Otra finalidad de las representaciones visuales en la educación, aparte de presentar de forma accesible el conocimiento, es la de llamar la atención del estudiante. Una vez captada esa atención, el estudiante interpretará la imagen de acuerdo con lo que se presenta. Dentro de este ámbito y como se mencionó anteriormente, Myers (1988) aboga por los pies de imagen para dirigir el proceso de interpretación y evitar conclusiones a priori que pueden ser erróneas.

De forma que, el objetivo de las representaciones en la educación científica no es idealmente mostrar una *fidelidad a la naturaleza*, sino presentar de manera accesible el conocimiento a los estudiantes, apoyándose “en un conjunto de prácticas y saberes que incorporen y den lugar a una nueva comprensión de los fenómenos”¹⁵, porque tanto la ciencia como la educación son constructos sociales.

Por lo tanto, al ser un constructo social (es decir, un modo particular de representar la realidad), puede ser interpretada de diferentes maneras (Postigo y López-Manjón, 2012).

¹⁵ Vega Encabo, J. (2002). Cultura científica, cultura visual. Prácticas de representación en el origen de la ciencia moderna. *Arbor*, 173(683-684), 521-552.

CAPÍTULO II

LAS MONOGRAFÍAS ESCOLARES Y SU EMPLEO EN MÉXICO

Introducción

En un principio se pensó a las monografías escolares como un importante recurso didáctico, actualmente éstas son obsoletas como dispositivos de comunicación pues no compiten con la acelerada actualización de los medios de información. La Declaración del Milenio de Naciones Unidas (2005) establece que uno de los objetivos principales de la *Sociedad de la información*¹⁶ en el siglo XXI es mejorar la inclusión electrónica y el aprendizaje electrónico, es decir, contribuir al desarrollo de las “TIC” (Tecnologías de Información y Comunicación) para el desenvolvimiento de los ciudadanos. Es por ello que los recursos impresos están siendo (o incluso han sido) desplazados. Por otra parte, su utilización no asegura la aprensión de ningún tema, pues no son evaluadas por ninguna entidad oficial, su manufactura queda relegada a editoriales sin supervisión de contenidos.

Es cierto que si se considera a las monografías escolares desde la clasificación de uso de Moreno entran en un paradigma técnico, que cumple con la función principal de difundir, pero no es posible medir su impacto únicamente considerando la difusión de éstas. Se reconoce que se distribuyen en varias regiones del país y es de fácil acceso, considerando su bajo costo, pero con este trabajo no es posible adjudicarles ningún valor pedagógico

Sin embargo, para esta tesis fue fundamental conocer de dónde provienen las imágenes que se estudiaron y resulta relevante dado que expone la manera en que en el escenario educativo mexicano ha hecho uso del contenido visual para

¹⁶ El término sociedad de la información, se ha utilizado para describir sistemas socioeconómicos que emplean extensivamente la información en sus áreas de actividad. El uso extensivo de tecnologías de información ha provocado que se identifique a éste como el elemento que impulsa el desarrollo hacia una sociedad de la información.

diseminar conocimiento, es por ello que este capítulo pretende ser una aproximación a las características del material de estudio.

Sobre los recursos didácticos en México

En México se han elaborado diferentes recursos didácticos para atender las demandas de información en la enseñanza básica, tanto de docentes como de alumnos. Estos recursos son aquellos productos diseñados o adaptados para apoyar procesos didácticos, de planeación, de ejecución y de evaluación con fines de enseñanza y aprendizaje.

Los recursos didácticos se han convertido en el vehículo de difusión de la interpretación curricular que los profesores deben desarrollar en el aula, así también como un tipo de validación social de lo que los alumnos de la educación básica deberán aprender (Flores-Camacho, 2012).

En el seminario *Los materiales educativos en la sociedad de la información* (2005), dirigido por la Dirección General de Materiales Educativos (DGME), se realizó una categorización de éstos de acuerdo a su soporte físico: materiales impresos, audiovisuales, informáticos, concretos y periféricos. Posteriormente, el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (2012) realizó una clasificación de todos los materiales que se tienen registrados, desde el software de simulación hasta el libro de texto, quedando de la siguiente forma:

- Medios escritos, como los libros de texto, libros para el maestro y revistas de divulgación; manuales y otros materiales de apoyo.
- Medios experimentales tipo “paquetes didácticos” o de laboratorio tradicional.
- Medios audiovisuales, como videos educativos, videos de divulgación y programas de televisión.
- Medios informáticos, como programas tutoriales y simuladores.

La clasificación anterior deja de lado el debate que existe respecto a la definición de material, recurso y medio didáctico, ya que, de acuerdo con Flores-Camacho (2012), se reconoce la importancia de apoyarse en “algo”¹⁷ para vincular los conocimientos disciplinarios con la realidad, pero se carece de una definición operacional.

En este sentido, los recursos didácticos, de acuerdo con Frago (2012), son productos diseñados para ayudar en los procesos de enseñanza y aprendizaje; además, dentro de su uso curricular los recursos didácticos pueden tener distintas aplicaciones: técnicas, prácticas y estratégicas.

El sistema educativo es un subsistema social que establece su currículo en función de paradigmas¹⁸ (Moreno, 2004). Moreno habla así de paradigmas técnicos, prácticos y estratégicos en los que pueden entrar los diferentes usos de los materiales educativos. De acuerdo con Moreno la principal característica del paradigma técnico es la reproducción de los contenidos y modelos sociales, en el cual el aprendizaje se entiende como una actividad donde el alumno adquiere una serie de conocimientos que constituyen el bagaje cultural y social que se desea transmitir y perpetuar; desde esta perspectiva el recurso didáctico únicamente cumple la función de transmitir.

El paradigma práctico tiene como característica adecuar los planteamientos a la realidad, es decir, plantear el análisis de nuestro entorno para dar significado a todas las situaciones. Por tanto, el aprendizaje se entiende como la adquisición de conocimientos para dar significado a la realidad; entonces, los recursos didácticos tienen como finalidad permitir aprender y utilizar sistemas de representación simbólica, solucionar problemas e interpretar y relacionarse con el medio físico, social y cultural.

¹⁷ Frago hace uso de ese “algo” para referirse a cualquier objeto que apoye los procesos de enseñanza y aprendizaje, resaltando la importancia de vincular los conocimientos disciplinarios con la realidad. Véase: Coordinadora, V. F. R., Experimentales, A. R. S. C., Matemáticas, E. P. B., Talleres, G. A. I. M., Zapata, L. Á., Dimas, L. C., ... & Chávez, N. R. INFORME DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA. PLANTEL ORIENTE.

¹⁸ Moreno se refiere a paradigma a la serie de teorías o corrientes de pensamiento que fundamentan el currículum de un determinado sistema educativo.

Por último, el paradigma estratégico lleva al aprendizaje a un nivel más elevado, en el cual el aprendizaje trae consigo conocimientos que permitan realizar un análisis crítico de la sociedad para transformarla. Aquí el recurso didáctico cumple la función de ser utilizado como elemento de análisis y reflexión sobre la práctica, incidiendo en la propia realidad.

Dependiendo de cómo y en qué nivel educativo se utilice el recurso, éste puede entrar dentro de cualquier paradigma; sin embargo, es necesario considerar que el aprendizaje de los alumnos requiere de la construcción de niveles y procesos cognitivos, los cuales no siempre se logran en el proceso educativo. Además, cada estudiante tiene un ritmo propio de aprendizaje, de construcción de conocimiento, donde, de acuerdo a la *Taxonomía de Bloom* el aprendizaje tiene una estructura jerárquica que va de lo más simple, como la memorización, a lo más complejo o elaborado, la evaluación (Moral, 2012, p. 423)¹⁹. Sin embargo, la mayoría de los recursos didácticos tienen como principal objetivo reproducir una serie de conocimientos básicos que forman parte del bagaje cultural, es decir, entran en el paradigma técnico. Si se pretendiera evaluar el impacto de los recursos con los estudiantes sería fundamental planear un proceso de evaluación.

El paradigma técnico va acorde con lo que Trumbo (2006) llama *visual communication*, y lo que Burri & Dumit (2008) se refieren como *Deployment*, ambos autores refiriéndose a las representaciones visuales. Aunque son denominaciones diferentes, ambos conceptos buscan enfatizar en que la comunicación es un proceso de compartir información con otros a través de imágenes.

Los recursos didácticos impresos por excelencia en México son los libros de texto (Flores-Camacho, 2012), aunque no son los únicos. Dentro de esta categoría existe una amplia variedad de recursos que se emplean como apoyo en el proceso educativo, por ejemplo: monografías escolares, manuales, guías, revistas de divulgación, biografías, diccionarios, atlas, enciclopedias, entre otros. La DGME tiene conocimiento de algunas de las propuestas comerciales que desarrollan las

¹⁹ Moral, Cristina (2012). Conocimiento didáctico general para el diseño y desarrollo de experiencias de aprendizaje significativas en la formación de profesorado. *Revista de Curriculum y Formación de Profesorado*. Vol. 16, pp.421-452.

distintas casas editoriales o autores independientes, y que se utilizan de manera regular en las escuelas de educación básica, sin embargo, no se tiene un seguimiento sobre su actualización y mucho menos sobre la correcta presentación –visual y escrita- de la información.

¿Qué es una monografía escolar? Su formato y discurso

Si nos remitimos a sus raíces greco-latinas, la palabra monografía deriva del vocablo ‘*mono*’ que significa ‘uno’ y ‘*graphos*’ estudio, descripción o tratado, es decir, se refiere al estudio de un tema específico. Por lo general, es producto de un trabajo de investigación documental que únicamente da cuenta de la información recabada. Se puede presentar como un trabajo argumentativo, expositivo, explicativo o descriptivo; por lo que su función, dentro de los paradigmas de Moreno, es técnica, debido a que únicamente se encarga de transmitir o presentar información.

En México desde 1970 existe una industria de manufactura de monografías que las han posicionado como un recurso didáctico fundamental, con lo cual se ha llegado al consenso de llamarlas ‘monografías escolares’. Con ellas se pretende que los niños en edad escolar tengan acceso a información básica sobre cualquier tema curricular, relevante para su vida diaria.

De acuerdo con el material recolectado, son (o eran) varias editoriales las que distribuyen este tipo de recursos, entre ellas está la *Editorial Foca*, la *Editorial SUN RISE* y el *Grupo Editorial RAF*, sin embargo, únicamente se localizó al *Grupo Editorial RAF*. Ésta editorial se encarga de distribuir más de novecientos temas en monografías; y de acuerdo con sus estadísticas son 216 los títulos catalogados como ‘muy vendibles’. Las monografías, argumentan, se encuentran ‘apegadas’ a los estándares marcados por los programas de la Secretaría de Educación Pública y tienen como leyenda lo siguiente: *En Grupo Editorial RAF, los especialistas se preocupan por exponer temas, a nivel académico elaborando las monografías con*

el respaldo de diversas fuentes documentales²⁰. Sin embargo, en ningún ejemplar se muestran las fuentes consultadas, además, ni siquiera la SEP hace una revisión de estos materiales. Posteriormente abordaré un poco respecto a la información presentada de forma visual.

Con la intención de llegar a un común acuerdo en el significado de lo que es una monografía se ofrece la siguiente definición operativa: **es una lámina de papel que aborda un tema particular de forma visual y escrita.**

A continuación, se presenta un poco sobre el formato con el cual se elaboran estos recursos didácticos.

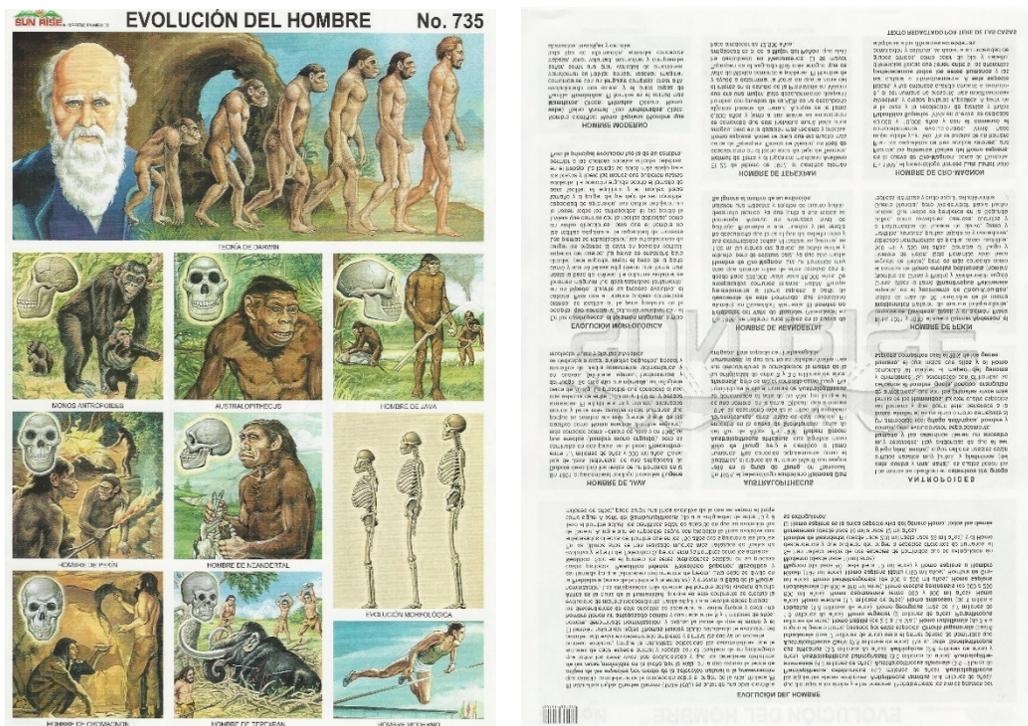


Figura 2.1 Ejemplar de una monografía escolar con su formato visual y escrito. A la derecha, la sección visual; a la izquierda, el contenido escrito.

Las monografías escolares, entonces, son consideradas como un tipo de material escrito (o impreso), el cual sigue el mismo formato en todas las editoriales

²⁰ Grupo Editorial RAF (consultado 12 de agosto de 2016) en <http://www.grupoeditorialraf.com>

que las distribuyen: son láminas delgadas de 31cm por 23cm. En un lado (la cara anterior), la información se transmite visualmente, con imágenes, por el otro lado (la cara posterior), se encuentra el texto asociado a dichas imágenes (Véase Figura 2.1).

Este material es utilizado en la educación mexicana debido a su bajo costo y su amplia distribución, además porque abarca muchos temas de interés humano (desde los animales de la granja hasta la genética y astronomía). Los docentes, estudiantes y el público en general pueden tener acceso a este material en todas las papelerías²¹.

El discurso visual de estos materiales se fundamenta con la utilización de diferentes tipos de representaciones de los fenómenos naturales (ver capítulo 1). En su parte visual²² se incluyen diferentes imágenes como dibujos, diagramas y figuras, las cuales poseen un alto valor pedagógico, principalmente porque las diferentes características visibles pueden ser usadas para representar diferentes tipos de propiedades (Perini, 2012).

De acuerdo con la clasificación presentada en el capítulo anterior, el tipo de representaciones más utilizadas en las monografías son los *dibujos* y los *diagramas*, aunque también recurren a fusiones entre estos. Perini (2012) nombra a este tipo de representaciones como *diagramas compuestos* (ver Fig. 2.2). Como es posible apreciar en la imagen, por lo general, las monografías muestran representaciones que carecen de mucho detalle²³, lo cual ayuda a que el estudiante no se pierda en información que podría no ser relevante para su determinada formación curricular. Y como se mencionó anteriormente, Law y

²¹ Esta conclusión la formulé después de haber visitado varias papelerías en varios estados del país.

²² La visualización en ciencia representa básicamente el complejo proceso a través del cual la ciencia se desarrolla o produce (y comunica) mediante esquemas, imágenes, representaciones gráficas, entre otros. Los científicos han explotado esta capacidad: frecuentemente utilizan a las imágenes para representar un fenómeno que no es del todo visible. Algunas imágenes son usadas para representar algo que es tan pequeño que no es posible ver a simple vista, como la doble hélice del DNA. Otras son utilizadas para representar fenómenos que ni siquiera son del espacio, como los diagramas de mecanismos y las relaciones entre gráficas para representar las relaciones entre ellos.

²³ Daston y Galison sostienen que una base fundamental sobre la cual el valor de las representaciones científicas es alto es porque son de tipo 'objetivo', donde el detalle podría otorgarle ese sustento dentro de los estándares científicos.

Lynch (1992) argumentan que es necesario que el estudiante se enfoque en los rasgos más visibles e importantes de cada tema.

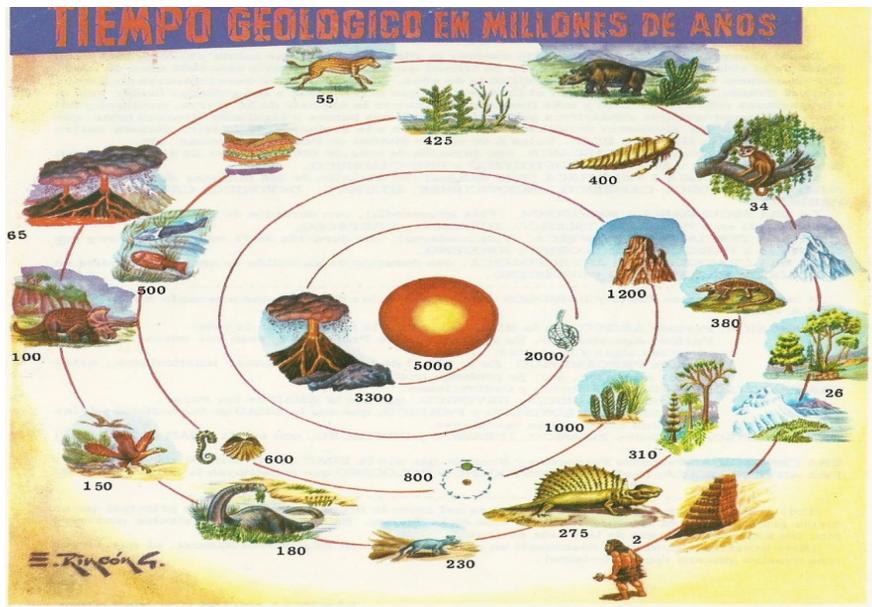


Figura 2.2 Ejemplo de representaciones pictóricas y con diagrama (en forma circular) en una monografía escolar en materia de ciencias naturales.

Generalmente las imágenes van acompañadas con otros sistemas simbólicos, especialmente el lenguaje verbal. El lenguaje verbal es otro componente que resulta crucial en las monografías. Myers (1988) sostiene que las leyendas o pies de imagen pueden ayudar a dirigir la interpretación del estudiante al indicar la relación entre sus partes. El único pie de imagen presente en las monografías es el que se refiere al subtema, sin embargo, en la parte posterior (en la cara trasera de la lámina) cada imagen cuenta con un recuadro de texto que está asociado a lo que se desea transmitir (Ver Figura 3).

Sin embargo, es importante considerar la dificultad del texto. Cámara-Llorente (2000) reporta que en los estudios de imagen-texto "Reid y Beveridge (1990) mostraron que las imágenes facilitan el aprendizaje de las ciencias a los estudiantes más capaces, pero no a los menos capaces. Descubrieron que, a medida que la dificultad del tema aumentaba, los estudiantes miraban más veces

y durante más tiempo las imágenes, y el aprendizaje disminuía” (Cámara, 2000, p.126).



Figura 2.3 Ejemplo del contenido textual de las monografías.

Como es posible apreciar en la Figura 2.3, el texto de cada imagen es muy breve y expone únicamente nociones generales y básicas del objeto de estudio (es decir, que no son difíciles), en este caso *El origen del sistema solar*, que busca explicar las nociones básicas de la hipótesis planetesimal. Más tarde se hablará de la importancia de la actualización de la información en este tipo de recursos. Sin embargo, con esta primera revisión al contenido textual, es posible notar que, por lo general, la información de las monografías se encuentra desactualizada, lo cual puede conducir a ideas erróneas. En este caso particular, la hipótesis sobre el origen del sistema solar ya no es aceptada.

Es indispensable que en la educación básica se consolide el enfoque de la enseñanza de la ciencia, especialmente en lo que refiere a desarrollar en los alumnos una mentalidad científica, escéptica y crítica, para que, a 150 años de la publicación de El Origen de las Especies de Charles Darwin, sus ideas –que revolucionaron la manera de entender y el explicar el mundo natural- finalmente se diseminen, comprendan a cabalidad y contribuyan a que los alumnos, futuros ciudadanos, se relacionen con su entorno con información, respeto y responsabilidad.

Ana Barahona (La Crónica de Hoy, 2009)

CAPITULO III

EL TEMA DE LA EVOLUCIÓN, CÓMO ES REPRESENTADO EN LAS MONOGRAFÍAS ESCOLARES

La perspectiva evolutiva ilumina cada tema en biología, desde la biología molecular hasta la ecología. Así, la evolución es la teoría unificadora de la biología”

(Futuyma, 2009, p.1)

Darwin generalizó por primera vez en 1859 en su libro *Sobre el Origen de las Especies* el proceso de la evolución y propuso un mecanismo, la selección natural (Ochoa, en prensa). De acuerdo con Darwin, en una población no todos los individuos pueden sobrevivir debido a la limitación de los recursos, pero entre los individuos existen diferencias, las cuales pueden conferir una ventaja que le permita sobrevivir en un ambiente competitivo, lo cual ayudaría a que se reproduzca y su descendencia sobreviva (Darwin, 1859).

En un principio, la teoría se vio rechazada, sin embargo, para el siglo XIX comenzó a ganar estatus entre los científicos. Actualmente, el Modelo de Evolución por Selección Natural (MESN) o Darwinismo ocupa un lugar central en la biología evolutiva (González-Galli, 2011), y en realidad la Teoría de la selección natural de Darwin es considerada entre la comunidad de científicos como el principal (incluso para muchos es el más importante) mecanismo evolutivo. Este modelo adquirió fuerza luego de un proceso histórico particular, ocurrido en la década de 1930, nombrado por Julian Huxley, como *Síntesis Moderna*, el cual consistió con la unión de distintas disciplinas de la biología que querían corroborar la Teoría de Darwin (Ochoa, en prensa).

En términos generales, la síntesis llevó consigo la victoria del Darwinismo, el cual reconoce a la selección natural como el principal mecanismo evolutivo (Gould, 1982); y, de acuerdo con Futuyma (2009), el Darwinismo tiene como

fundamento varios principios. A continuación, presentaré una breve explicación de éstos.

En la naturaleza podemos observar una gran diversidad de seres vivos, con formas, tamaños, colores y características únicas, todos estos rasgos que podemos observar forman parte del fenotipo. Cualquier fenotipo, sin importar el nivel desde el que observemos, es resultado del conjunto de genes que se encuentra contenido en el DNA, genotipo. Estos genes no pueden ser alterados por el ambiente, por lo cual se niega la herencia de caracteres adquiridos, es decir, cualquier alteración que sufra un gen debido al ambiente durante su interacción con éste no alterara a la siguiente generación. Sin embargo, si los genes llegan a mutar durante la recombinación genética, la cual está asociada a la reproducción sexual, es posible dar lugar a formas estables (alelos) muy variables que aumentan la diversidad.

Para que suceda un cambio evolutivo es fundamental que ocurra a nivel poblacional, lo cual implica un cambio en la abundancia relativa de individuos que posean diferencias genotípicas. Sin embargo, producir cambios fenotípicos a nivel poblacional es un proceso lento y ocurre por la acumulación de tasas de mutación, como resultado de procesos azarosos (deriva génica) o no azarosos (selección natural), se trata entonces de un proceso gradual.

La selección natural es el único proceso capaz de incrementar la frecuencia de alelos que afectan un mismo rasgo en una población, y posteriormente dar origen a nuevos fenotipos; es capaz de establecer desde las diferencias más grandes hasta mínimas entre las especies. Y dado que las poblaciones son genéticamente variables pueden evolucionar rápidamente cuando el ambiente cambia drásticamente.

La base genética de poblaciones de una misma especie puede variar dependiendo de la región geográfica que ocupen. Sin embargo, las grandes diferencias suelen ser resultado de alteraciones en muchos genes, los cuales suelen tener efectos mínimos en el fenotipo, por lo tanto, la evolución es un proceso gradual. Las diferencias entre poblaciones de una especie suelen ser adaptativas, al proceso que da origen a dos o más especies a partir de un único

ancestro es llamado especiación. Cuando ocurre una prolongada acumulación de pequeñas diferencias es posible dar origen a taxones superiores, es decir, de “tipos” drásticamente diferentes.

Los fósiles pueden aportar evidencia del cambio de las especies a través del tiempo, sin embargo, existen “lagunas” en el registro, lo cual se debe a su carácter incompleto. A pesar de ello, a través de los fósiles es posible ver gradaciones desde ancestros aparentes hasta posibles descendientes (Darwin, 1859; Futuyma, 2009; Mayr, 1976; Gould, 1982).

“Actualmente la *Síntesis evolutiva* está transitando un proceso de revisión y ampliación que implica complejos debates en el campo de la biología evolutiva” (González-Galli y Meinardi, 2013, p.219); sin embargo, para este trabajo los principios antes mencionados son los que se utilizaron para revisar las representaciones en el material de estudio.

¿QUÉ Y CÓMO ES REPRESENTADO EL TEMA DE LA EVOLUCIÓN EN LAS MONOGRAFÍAS ESCOLARES?

Lo que veremos a continuación, son aquellas representaciones más utilizadas en las monografías escolares. Fueron categorizadas en dos grupos diferentes, por un lado, están las representaciones cuyo referente es material, por otro lado, aquellas cuyo referente es abstracto. Esta clasificación permitirá considerar algunas cuestiones que remiten a la dificultad de representar un determinado conocimiento.

Representaciones cuyo referente es material.

En la educación es importante y necesario conocer aquellos personajes que aportaron conocimientos relevantes a la historia de la humanidad, y aunque se sabe que Charles Darwin no fue el primero en pensar en el cambio de los seres vivos a través del tiempo (Lamarck y Wallace son otros personajes importantes en

el estudio de esta teoría), ha sido evidente el impacto y la popularización que se le ha dado a este personaje como portavoz de esta teoría. Darwin es el personaje favorito para representar la evolución biológica, esto debido a que fue el primero en postular una teoría apoyada en observaciones empíricas sobre el mundo natural y proponer un mecanismo válido de cambio. Por ello, no es de asombrarse que el personaje más representado fuese él.

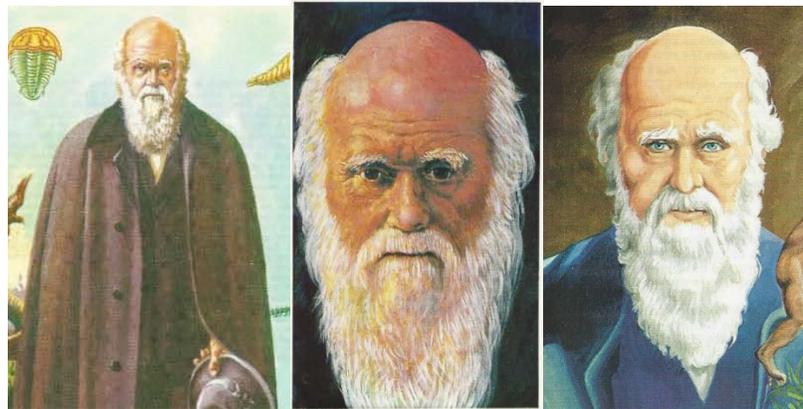


Figura 3.1 Charles Darwin (1859). Estos son los dibujos más utilizados para representar al personaje más relevante de esta teoría.

Al ser un personaje histórico, y hay evidencia de su existencia, se trata de una representación que utiliza un referente material. El mensaje es evidente y directo, por tanto es poco probable una mala interpretación por parte del público.

Otro elemento crucial en la teoría evolutiva fueron y son los fósiles, éstos representan una herramienta sustancial al estudio de la evolución biológica, principalmente porque “agregan la variable temporal a la espacial” (Eldredge, 2005). Permiten apreciar tanto la sustitución como los cambios de los seres vivos en el espacio y el tiempo. Es decir, son una forma de mostrar que las especies que existieron en el pasado son diferentes a las que actualmente habitan la tierra, además son claros ejemplos de que los organismos no se mantienen inmutables.



Figura 3.2 Dibujos utilizados para representar a los fósiles.

En la figura 3.2 podemos observar organismos fósiles, el referente tiene una base material por lo cual es fácil distinguirlo como una evidencia.

Como se mencionó en párrafos anteriores, los referentes materiales son aquellos que poseen características observables, medibles y/o cuantificables. Su base es (o fue) material, por ello la capacidad de `observar` es suficiente para poder identificar los elementos que componen el conocimiento.

Representaciones cuyo referente es abstracto

Luc Pauwels (2006) identifica como una de las mayores dificultades de las representaciones científicas, hacer visible un referente abstracto (Ver capítulo 1). Las siguientes representaciones, que existen en mayor número, son las empleadas en las monografías escolares, aluden a un referente abstracto.

Ernst Mayr sostenía que la mejor manera para comprender el proceso evolutivo era analizando la diversidad biológica: “todo mi estudio se ha centrado en la diversidad de la naturaleza viviente, el producto del proceso evolutivo” (Mayr, 1976 p. 3).



Figura 3.3 Diversidad biológica a través del tiempo

Estas imágenes aparecen en casi todos los ejemplares colectados y son categorizados como *dibujos compuestos*, representan contenidos conceptuales, en este caso mediante dibujos, y su relación de forma esquemática apoyándose de una secuencia circular dividida en partes.

Por un lado podemos ver una gran variedad de seres vivos que habitaron y/o habitan actualmente la Tierra, por otro lado, la sucesión de éstos a través del tiempo. Estas representaciones utilizan dos referentes distintos, un referente material, el cual es evidente y visible al percibir las variedades de organismos, el otro referente es abstracto, el cambio a través del tiempo.

El referente material es fácil de identificar, sin embargo, el abstracto no. El tiempo ha sido siempre una variable muy complida de representar en la ciencias de la vida en términos evolutivos, dado que su dimension se extiende a más de millones de años. Gould lo nombra *tiempo profundo* (1991) y sostiene que unicamente es posible comprenderlo a traves de metáforas²⁴, sin embargo, en las representaciones unicamente se utiliza el diagrama para dividir el tiempo, con su respectivo nombre, y establecer una secuencia que se lee de derecha a izquierda empezando por la parte superior, como un reloj.

“Los caballos se han convertido en el ejemplo clásico de la evolución progresiva porque su arbusto ha tenido muy poco éxito”, todas las demás ramas se han extinguido (Gould, 1989 p.35). La primera versión de la representación que a continuación se presenta (la evolución del caballo) (ver Figura 3.4) fue dibujada por el paleontólogo O.C. Marsh, quien se la dio a Thomas Huxley para una conferencia que dio en Nueva York en 1876 (Gould, 1989). Desde entonces esta imagen, con sus variaciones y múltiples formas de representar, ha sido utilizada para ejemplificar cómo ocurre el proceso evolutivo, desde los libros texto hasta los museos.

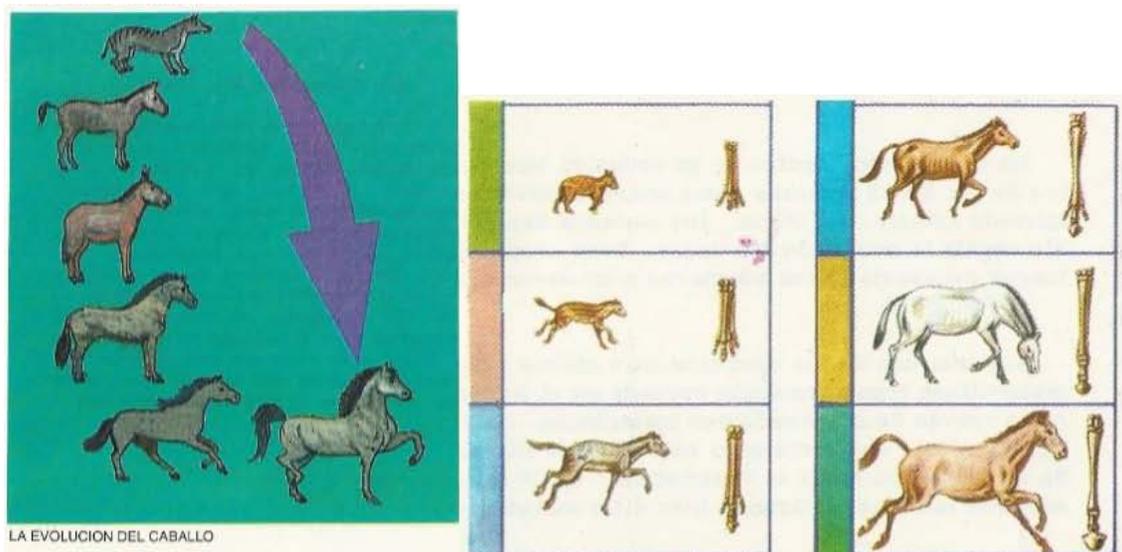


Figura 3.4 Dibujos compuestos representando la evolución del caballo.

²⁴ Gould (1992). *La flecha del tiempo*. Editorial Alianza. Madrid, España.

Aunque a simple vista podría parecer que la imagen únicamente lleva consigo un referente material, la forma del caballo, la flecha denota al referente abstracto. El referente abstracto es el cambio a través del tiempo, e intenta dirigir la interpretación a través de la línea empleada que va desde la forma más ancestral a la reciente. Por tanto, en esta representación tenemos tanto evidencias como procesos evolutivos, permite apreciar los cambios graduales y solventar, al mismo tiempo, las “lagunas” del registro fósil.

Otro ejemplo clásico para representar el proceso evolutivo es la evolución del hombre. Al igual que la representación de la evolución del caballo, utiliza tanto referente material como abstracto. Por un lado se tiene a la morfología de los homínidos cambiante, por otro lado, la variable temporal que se lee de izquierda a derecha. Se trata de representaciones de *dibujos compuestos* pues utiliza otros recursos para detonar las propiedades, por ejemplo las letras o la secuencia misma.

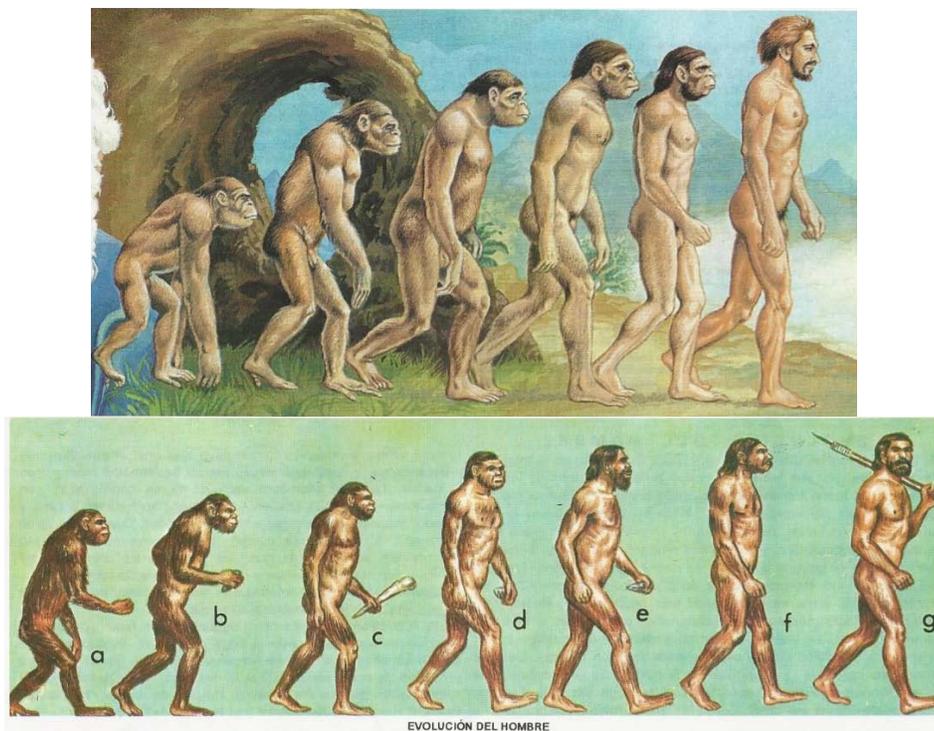


Figura 3.5 Representaciones de la evolución del hombre.

Hasta el momento, se han presentado imágenes que tienen que ver con el hecho y el proceso evolutivo. La representación siguiente representación es un intento por ejemplificar el mecanismo principal reconocido por la síntesis moderna: la selección natural.

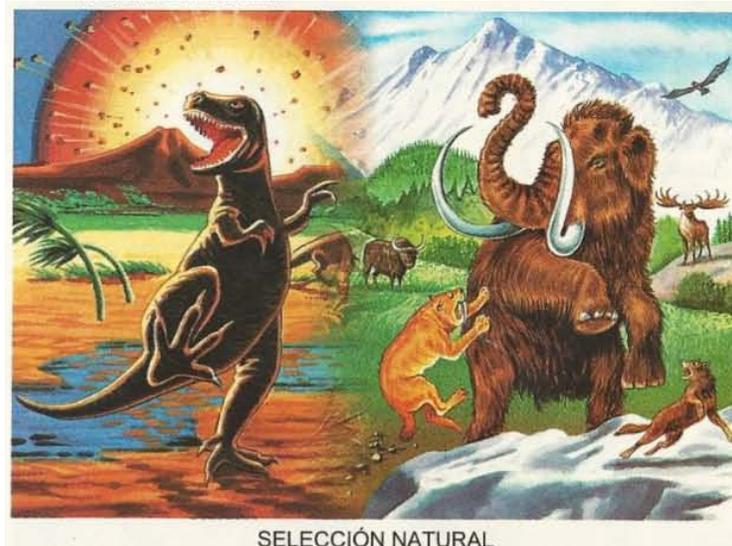


Figura 3.6 Dibujos que representan la selección natural.

El referente es abstracto. La representación utiliza dos escenarios diferentes; por un lado, representa un evento catastrófico, particularmente la caída de una meteorita, y de lado derecho está representada la depredación como un evento al cual están expuestos muchos seres vivos. Ambas representaciones intentan expresar la principal idea que Darwin utiliza en su teoría de evolución por selección natural: la lucha por la existencia en un medio cambiante e imprevisto.

Consideraciones

Sin duda las imágenes han ocupado un lugar importante dentro del proceso educativo, y son todavía más relevantes al tratarse de temas de ciencia porque ocupan a las representaciones para sustentar sus argumentos y exponerlos al público, tanto especializado como lego. A través de las representaciones visuales los científicos hacen visible sus conocimientos (*Making science visible*), esto porque la información científica es, en muchos casos, teórica o conceptual sin una

forma física obvia. Sin embargo, “la tecnología, la representación simbólica y la expresión creativa son empleadas para crear una interpretación visible” (Trumbo, 2006, p.266).

Laura Perini (2012) explica que muchos de los libros de texto de biología actuales están repletos de imágenes. Tan solo en un libro de 775 páginas, 600 contienen imágenes. Por ejemplo, el libro de *Biology* de David Krogh²⁵ tiene 776 páginas, en las cuales contiene por página al menos 2 imágenes, es decir, un estimado de 1552 imágenes. Esto es gracias a la posibilidad de las representaciones visuales de sustentar conocimiento científico y en las monografías escolares se muestra el caso.

Lo anterior hace posible sostener que a muy temprana edad los estudiantes se sumergen en una cultura visual de la biología a través de las representaciones en estos recursos didácticos.

Un elemento sumamente importante de las imágenes es su contenido textual, dado que una imagen por más explícita que sea no se lee sola. Sin embargo, para este trabajo no fue abordado el contenido textual, pero si fue posible identificar un considerable atraso en la información.

²⁵ Krogh, D. (2011). A Guide to the Natural World.

CAPÍTULO V

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

En este apartado se pretenden abordar diferentes puntos de todos los capítulos del trabajo de una manera no acorde con el índice, sin embargo, lleva el mismo objetivo, resaltar la importancia de las representaciones visuales en la enseñanza de la evolución biológica.

Concebir a la ciencia como un producto más de la sociedad no es una cosa sencilla, ni mucho menos comprender que no está exenta de su contexto espacio-temporal-político-económico-cultural, sino que al ser una actividad realizada por los seres humanos puede cometer los mismos errores; particularmente este trabajo fue posible después haber leído y discutido textos sobre filosofía e historia de la ciencia durante más de dos años.

Lamentablemente en la misma facultad hay quienes aún no comprenden esta dimensión de la ciencia y la conciben como la máxima expresión del intelecto humano capaz de dar explicaciones objetivas sobre el mundo. Este trabajo permite deducir que lo que produce la ciencia no es más que un punto donde converge la historia de la humanidad y el deseo por comprender mejor al mundo.

La ciencia manufactura teorías, revela hechos, describe leyes, racionaliza y descubre al mundo mediante métodos particulares. A través de la historia, en el quehacer científico se han utilizado a las representaciones visuales como elementos fundamentales capaces de presentar conocimiento de una forma diferente, es por ello que se asume que las imágenes utilizadas en la ciencia pueden llegar a tener el mismo impacto que un argumento escrito. Son todavía más importantes las imágenes en el escenario educativo, pues además de ser atractivas a los ojos de los estudiantes, en ellas se resumen los elementos que componen el conocimiento. Un ejemplo sencillo pero evidente es respecto a los libros que utilizan los estudiantes durante toda su formación académica, no existe ningún libro de texto sobre ciencia que no contenga imágenes. Muchas veces para el estudiante resulta más atractivo un libro que contiene imágenes a otro que no las tiene.

Es fundamental considerar el poderoso impacto de los medios de comunicación que apuntan más a lo visual que a lo textual. Quizá este sea un ejemplo burdo, pero es muy cierto, actualmente en las redes sociales circula información que es leída mediante la secuencia de imágenes; a esto se refiere Mitchell (1994) sobre el *giro pictórico* que domina nuestra cultura, una cultura donde lo importante es desarrollar habilidades que sean capaces de discriminar entre lo visiblemente correcto y/o real versus lo que no lo es.

Desde ese punto de vista, se considera sumamente relevante estudiar las representaciones sobre la ciencia en la educación. Ahora bien, ¿dónde se pueden estudiar? Ya se mencionó que las imágenes están en todos lados, sin embargo, en la educación están presentes en dispositivos particulares, por ejemplo, los libros de texto y las *monografías escolares*.

Para esta tesis se utilizaron a las *monografías escolares* pensando que su amplia distribución y fácil acceso era sinónimo de alto impacto en el escenario educativo. Sin embargo, este recurso didáctico no es considerado por la SEP, por lo tanto no es oficial, al no ser oficial no se encuentra sometido a ningún proceso de revisión ni mucho menos de evaluación. Además de eso, las monografías no compiten con la actual situación de la educación mexicana, que demanda a una búsqueda de información a través de dispositivos tecnológicos. Esto podría llevar a pensar a algunos que lo que esta tesis aborda es obsoleto, sin embargo, es fundamental aclarar al lector que no se pretendió evaluar ningún proceso de enseñanza-aprendizaje, sino que buscó demostrar cómo ha sido y sigue siendo representada la ciencia (particularmente el tema de la evolución) en México.

Esta tesis permite mostrar la actual condición de la educación mexicana sobre el tema de la evolución, las representaciones que utiliza son un claro ejemplo de lo que circula en el país como “conocimiento estandarizado”, el que en realidad suele ser de procedencia dudosa. Si estos recursos didácticos están disponibles en diferentes lugares del país y son de fácil acceso, es a lo que se expone el público. Es de preocupar que la SEP no esté al tanto de esto, y si lo está, que no haga nada al respecto, pues la editorial que distribuye a las *monografías escolares* alude a que sus productos “son desarrollados por

especialistas, científicos, historiadores y escritores”, cosa que evidentemente no sucede. Han sido más de 52 generaciones de estudiantes las que han estado expuestas a esta clase de productos, o “recursos didácticos”.

Quizá los alcances de esta tesis son limitados, pero pone a discusión cualquier dispositivo que se pretenda utilizar en el proceso de enseñanza y aprendizaje, porque antes de que se utilice a una imagen para enseñar debe ser sometida a una revisión. Para otro trabajo que este enfocado a procesos didácticos sería posible evaluar su impacto en grupos de estudio. Por el momento, la investigación permite concluir que no todo lo que circula en los medios de información sobre la evolución está correctamente representado.

Ahora bien, la representación popular del tema de la evolución darwiniana fue el centro de interés de este proyecto de tesis y es aquí donde se concentran a continuación algunas reflexiones al respecto.

De por sí la teoría evolutiva ha tenido muchos obstáculos en su asimilación correcta por parte del público, tanto especialista como no especialista (Gould, 1977). El tema ha ocasionado muchos debates en la esfera social, por citar uno, a finales del siglo XX un amplio grupo de científicos (entre ellos psicólogos, biólogos y médicos) “asumían que las deficiencias mentales, el temperamento, las concepciones morales, la criminalidad y la pobreza se vinculaban estrechamente con la herencia biológica” (Villela, 2016, p.15); estas ideas fueron el principal discurso de los proyectos de eugenesia que, en resumen, fueron un intento de desarrollar una teoría social con fundamento científico para “conducir a la raza humana hacia una sociedad moderna que se apegara a la ciencia y el desarrollo del conocimiento científico” (Villela, 2016, p.16). Es un claro ejemplo de ciencia cargada de prejuicios, lo cual permite situar a representaciones particulares que igual se identifican como vehículos de prejuicios sociales.

Es en este punto donde presentaran algunas representaciones encontradas en las *monografías escolares* que, indudablemente, defienden o promueven pensamientos erróneos respecto a la evolución.

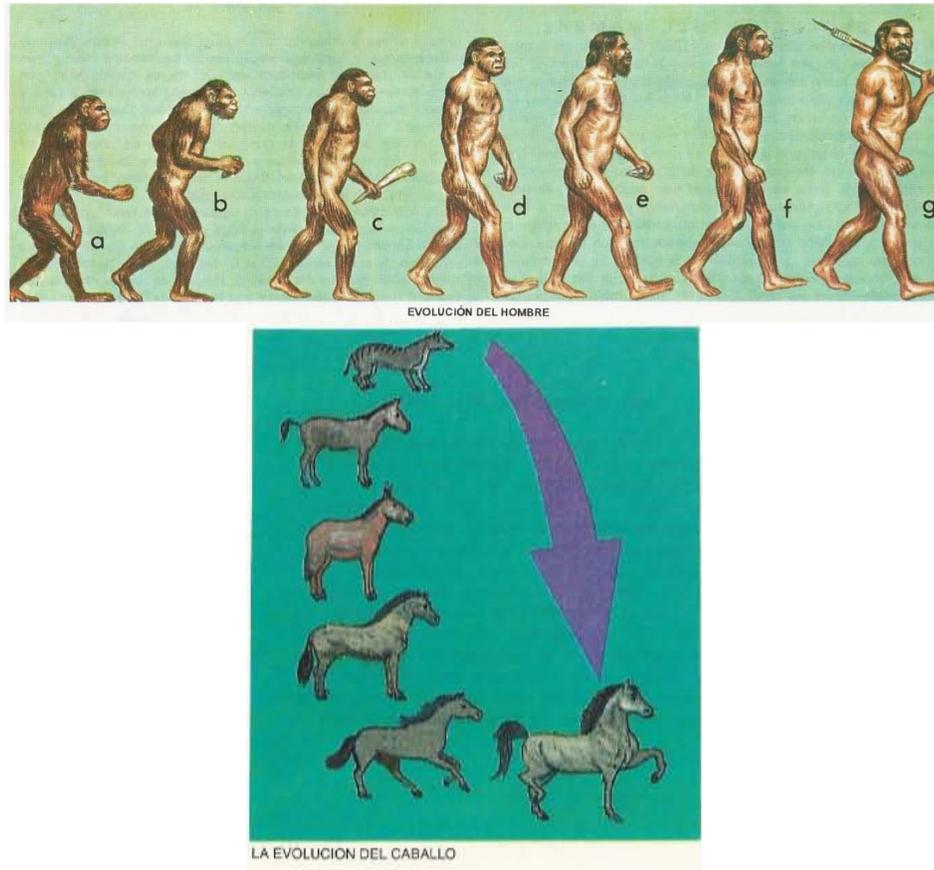


Figura 4.1 Marcha del Progreso

“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). Literalmente en la imagen se presenta una marcha, un organismo detrás del otro, que va hacia delante. El problema de este tipo de representaciones es que en contextos políticos y sociales la idea de progreso va cargada de valores, y suelen ser juicios positivos. Richard Dawkins (2008) sostiene que usualmente en la sociedad la palabra “progreso” lleva consigo un deseo de valor positivo o deseable, sin embargo, la evolución darwiniana se distingue precisamente, por lo contrario, por ser un proceso aleatorio y sin rumbo, siendo esa aleatoriedad la que le adjudica el proceso creativo.

Tomando el caso de la representación de la evolución del ser humano, el público se percibe como una especie “más evolucionada”, este tipo de afirmaciones erróneas no son otra cosa más que el resultado de una mala

aprensión del tema Lamentablemente (o afortunadamente), la controversia del progreso en biología sigue siendo un tema de debate, su historia se puede remontar desde Aristóteles con su *scala naturae*, la cual se basaba en una continuidad lineal que empezaba con elementos inanimados pasando por plantas, animales invertebrados, hasta llegar al ser humano, siendo éste último la perfección de la creación (Barahona, 1998). El concepto ha ido cambiando, sin embargo, en la cultura se ha instalado una manera de pensar y razonar las cosas no acordes con lo que ciertamente es o pretende significar²⁶.

Otra representación común es la sucesión y secuencia de organismos vivos que han habitado la Tierra a través de millones de años (Figura 4.2). La imagen pretende resumir más de 600 millones de años de evolución biológica en un *colash* de formas animales y vegetales que han existido desde el Precámbrico. Como se mencionó previamente la bastedad del tiempo profundo sigue siendo un concepto difícil de asimilar y todavía más si se le suma la diversidad de vida. Este tipo de representaciones nuevamente repercuten en pensar a la evolución como un proceso consecutivo y sin interrupciones, lineal y progresivo. Si quisiéramos comprender el porqué de este error tendríamos que analizar la capacidad del ser humano de concebir el tiempo a más allá de su existencia, la cual no se extiende a más de 120,000 años.

²⁶ Respecto a este punto, Leonardo González (2011), un biólogo evolutivo y docente de vocación, realizó un estudio sustancioso y fundamental para poder identificar por qué el Darwinismo no es aprendido como debería, es decir, por qué no se logran comprender sus premisas. De su trabajo deduce que existen “formas de pensar instaladas en la comunidad que impiden el progreso del conocimiento” (González-Galli y Meinardi, 2017, p.465), que llama obstáculos epistemológicos. El *Razonamiento causal lineal* y la *Progresividad de sentido común* son obstáculos para el aprendizaje de la biología evolutiva. El primero se deduce que “todo fenómeno natural tiene una causa única que lo precede” y el segundo “todos los cambios implican una mejora (y una mejora supone tener más dealgo)”. Véase: González-Galli, Leonardo (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Tesis (doctorado). Buenos Aires, Argentina.



Figura 4.2. Diversidad biológica a través de millones de años

De la mano a las anteriores representaciones (la evolución del hombre y diversidad de la vida a través de millones de años), la representación de las “razas humanas” también ha sido un tema fuertemente defendido y criticado (el debate entre monogenistas y poligenistas estuvo encaminado a asumir a una determinada raza como superior a las demás, los monogenistas se mostraban menos radicales sin embargo ambos bandos compartían ideas racistas). Gould identifica que las ideas principales acerca del origen biológico de las distintas razas, las causas evolutivas de la diversidad interracial, las relaciones interraciales de parentesco evolutivo, aparecen entre las máximas autoridades en la Biología humana de fines del siglo XVIII; y tienen su origen en eurocéntricas teorías biológicas sobre la etnogenia, las cuales pudieron contribuir de forma importante a la idealización social de la superioridad biológica de la raza caucásica (Gould, 1981).

Una vez más en las monografías se identificaron algunas imágenes que muestran a un hombre blanco como el pináculo de la evolución de los homínidos, por lo cual, el público podría pensar (y muchos lo piensan) que la “raza blanca” es más evolucionada” (Ver Figuras 4.3 y 4.4). De hecho, “hombre moderno” es la leyenda de las imágenes que son utilizadas en los dispositivos educativos, por lo cual, es fácil deducir que con “hombre moderno” se están refiriendo al hombre blanco. La Figura 4.4 muestra la imagen donde se compara al *Hombre de*

Tepexpan con el *Hombre moderno*, sin olvidar que actualmente la palabra modernidad se lee también como progreso.

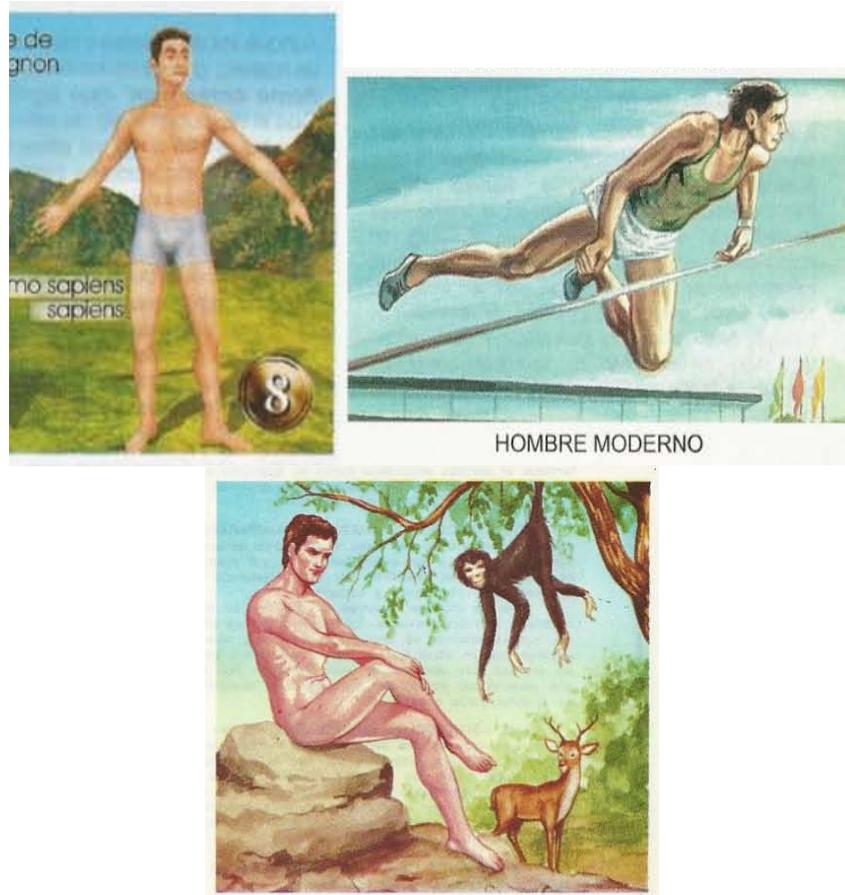


Figura 4.3 Imágenes en donde solo se representa al hombre blanco como el “hombre moderno”.

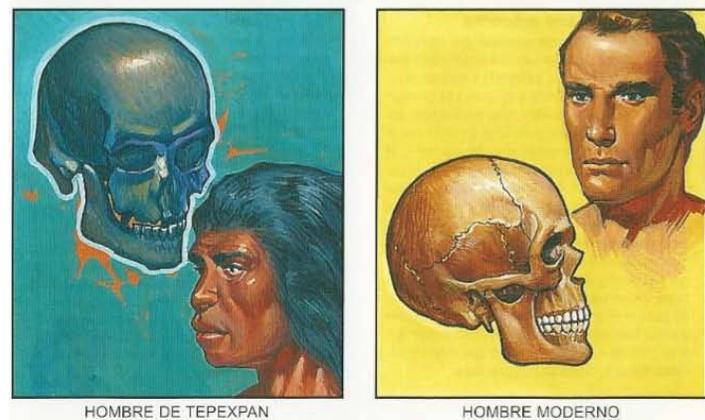


Figura 4.4 Imagen que compara lo primitivo con lo moderno

FINALMENTE

Una imagen, al igual que la ciencia, es resultado de la actividad humana, por lo cual puede llevar consigo (o defender) ideologías que resultan peligrosas en este mundo de la información que demanda ver en lugar de leer. Es por ello que es importante considerar las representaciones que son utilizadas en la educación, en este caso, en las *monografías escolares* es posible notar que el Darwinismo es lo que más se representa, al menos las ideas fundamentales. Al mismo tiempo se siguen representando casos que pueden ser malinterpretados, lo cual ayuda a que en la cultura se impregne una imagen que no haga otra cosa más que impedir una correcta aprensión de un tema, es decir, que se perpetúen los obstáculos en el aprendizaje.

Lo anterior permite concluir que las representaciones expuestas en las monografías no se encuentran actualizadas, dado que siguen cayendo en los mismos errores de siglos pasados. Sin embargo, es importante considerar que el tema de la evolución no es un tema fácil de representar, muchos de los argumentos que utiliza aluden a referentes que no son tangibles, por lo tanto, no son directamente visibles, es decir se trata de referentes abstractos. Siempre los referentes abstractos van a ser más difíciles de representar, pero ello no quiere decir que sea imposible. Quizá en otro trabajo exista la posibilidad de desarrollar representaciones que vayan acorde con el actual conocimiento y además que intenten derrumbar las malas interpretaciones por parte del público, cosa que es difícil dado que se entiende que el ser humano está sujeto a un contexto espacio-temporal-político-económico-cultural al igual que la ciencia, quien se encarga de manufacturar el conocimiento referente al tema de la evolución.

Por último, y como E. Mayr (1998) dijo, cualquier material que exponga la situación de un determinado fenómeno (ya sea en el presente o en el pasado) es digno de ser estudiado pues permiten entender cómo ha ido cambiando el conceso respecto a la ciencia.

LA CIENCIA MISMA NECESITA SER REVISADA CONSTANTEMENTE

(E. Mayr, 1998).

ANEXO

ERAS GEOLÓGICAS Nº 838-Bis

CALENDARIO GEOLÓGICO

ERA	PERIODO	FAUNA	VEGETAL
CENOZOICA	CUATERNARIO	RECIENTES	18,000
	TERCIARIO	PLISTOCENO	1.9
		PLEISTOCENO	1
		MIOCENO	30
		OLOCENO	12
MESOZOICA	CRETÁCICO	EDENIO	37
		PALEOCENO	50
		CRETÁCICO	79
		JURÁSICO	69
		TRIASICO	98
PALEOZOICA	PRIMARIO	PERMIANO	98
		CARBÓNIFERO	74
		DEVÓNICO	68
		SILURIO	30
		ORDOVICIO	67
CÁMBRICO	85		
PRECÁMBRICO	DE 4500 A 500		

Las cantidades señaladas representan millones de años, excepto la que corresponde al período reciente, expresada en miles de años.

ORIGEN DEL SISTEMA SOLAR

LA ERA AZOICA

ERA PRECÁMBRICA

ERA PRIMARIA

ERA SECUNDARIA

ERA TERCIARIA

ERA CUATERNARIA

LA EVOLUCION DE LA VIDA Nº 796

TIEMPO GEOLÓGICO EN MILLONES DE AÑOS

PERIODO AZOICO

PRIMERAS MOLECULAS ORGANICAS

CELULAS PRIMARIAS FOSILES

ELEMENTOS DEL ATOMO

RESTOS FOSILIZADOS

GLOBULOS Y TEJIDOS

EVOLUCION DE LA VIDA EN LA TIERRA HASTA LA APARICION DEL HOMBRE

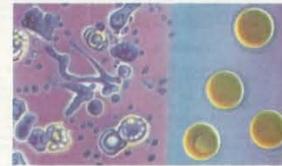
EVOLUCION DE LOS ANIMALES PREHISTORICOS HASTA LA EPOCA ACTUAL

EL CUERPO HUMANO

EVOLUCIÓN DE LA VIDA



FÓSILES



SANGRE

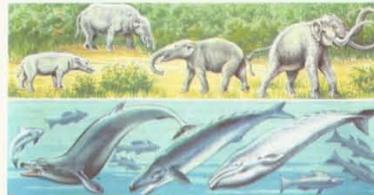
CÉLULAS PRIMARIAS



GESTACIONES DE LA VIDA ANIMAL



EVOLUCIÓN DEL HOMBRE (TEORÍA DE DARWIN)



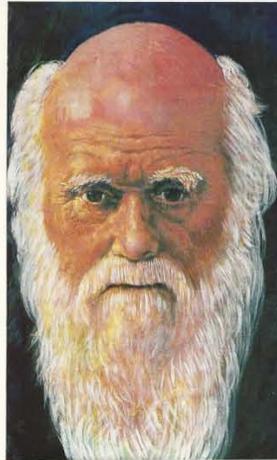
EVOLUCIÓN DE LOS ANIMALES



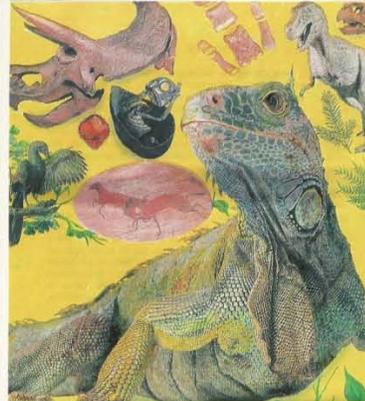
ERA TERCIARIA

ERA CUATERNARIA

EVOLUCION DE LAS ESPECIES



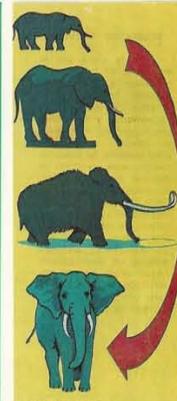
CHARLES DARWIN



LA EVOLUCION DE LAS ESPECIES



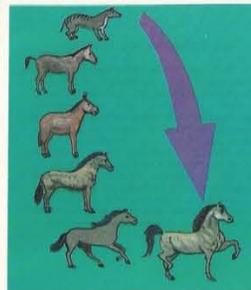
TEORIAS DE LA EVOLUCION



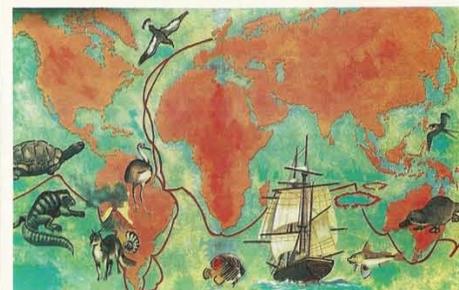
SELECCION NATURAL



LAS GALAPAGOS



LA EVOLUCION DEL CABALLO



LOS VIAJES DE DARWIN INFLUYEN EN SU TEORIA

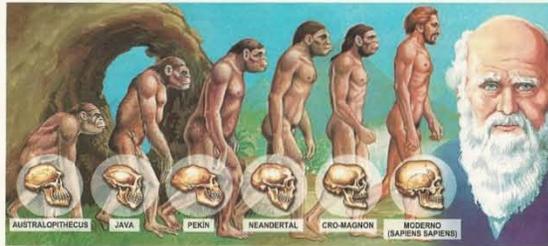
EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES



FÓSILES



DE LO SIMPLE A LO COMPLEJO



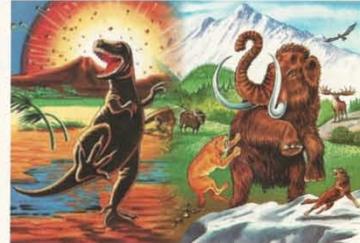
TEORÍA DE DARWIN



CLASIFICACIÓN DE LOS CINCO REINOS



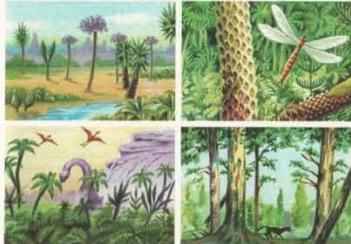
PALEONTOLOGÍA



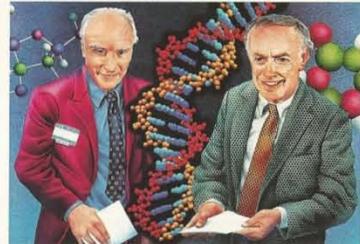
SELECCIÓN NATURAL



EVOLUCIÓN DEL CABALLO

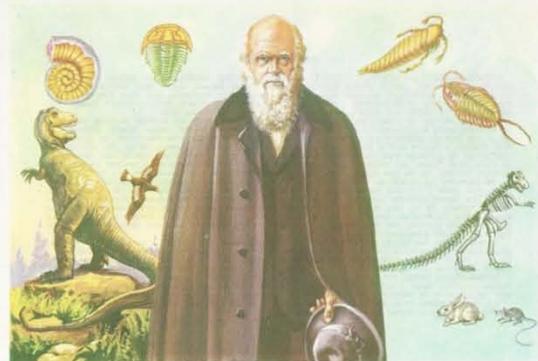


EVOLUCIÓN DE LAS PLANTAS



WATSON Y CRICK (BIOLOGÍA MOLECULAR)

LA EVOLUCIÓN DE LAS ESPECIES



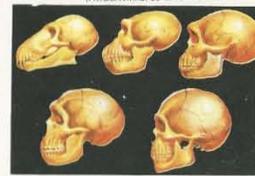
PRIMER MONO ANTROPOIDE (PROLOPITHECUS)



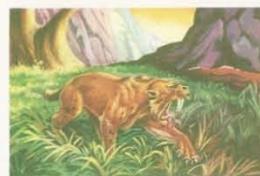
EL HOMBRE DE JAVA (PITHECANTHROPUS ERECTUS)



DANZA DEL CANGURO (Macropodidae)



EVOLUCIÓN DEL CRANEO



TIGRE CÓRMOLO DE SABLE



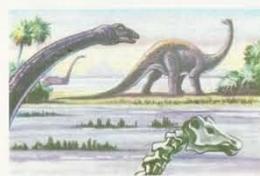
BRONTOSAURIO (BRONTOSAURUS) LA BESTIA DEL TRUENO



EVOLUCIÓN DEL CABALLO



TEROSAURIOS (PTERANODON) REPTIL VOLADOR



DIPLODOCUS



EQUUS CABALLO PEQUEÑO (Pleistoceno)



EVOLUCIÓN DE LA PATA DE UN CABALLO



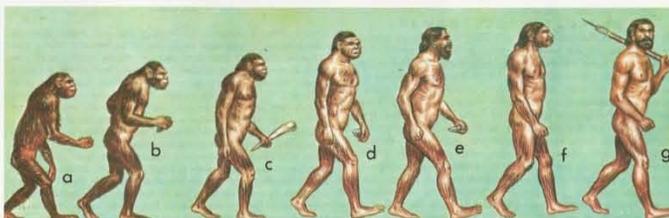
LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE

EL HOMBRE PRIMITIVO

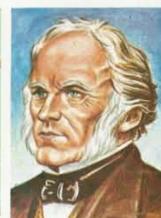
No. 552



JACQUES BOUCHER



EVOLUCIÓN DEL HOMBRE



CHARLES LYELL



EVOLUCIÓN DEL CRÁNEO



COMUNICA IDEAS



PIENSA EN ABSTRACTO



FABRICA UTENSILIOS



OBSERVA LOS FENÓMENOS



UTENSILIOS DE LA EDAD DE PIEDRA



LA CAVERNA



LOS PALAFITOS



LA ALDEA

EVOLUCIÓN DE LA VIDA

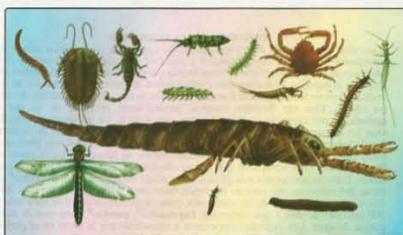
365



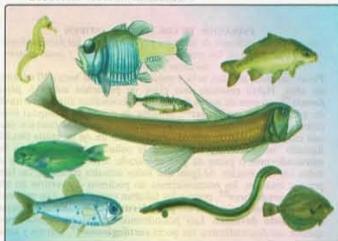
EVOLUCIÓN DE LOS PROTOZOOS



EVOLUCIÓN DE LOS METAZOOS



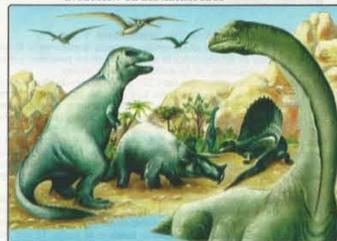
EVOLUCIÓN DE LOS ARTRÓPODOS



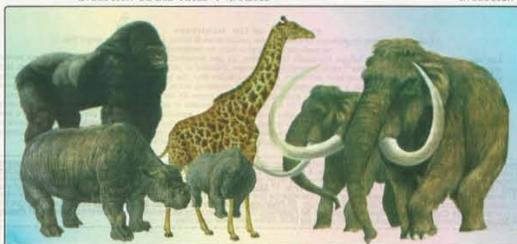
EVOLUCIÓN DE LOS PECES Y ANFIBIOS



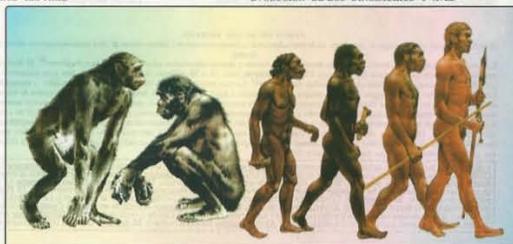
EVOLUCIÓN DE LOS REPTILES



EVOLUCIÓN DE LOS DINOSAURIOS Y AVES



EVOLUCIÓN DE LOS MAMÍFEROS



EVOLUCIÓN DE LOS PRIMATES

Artián Editores

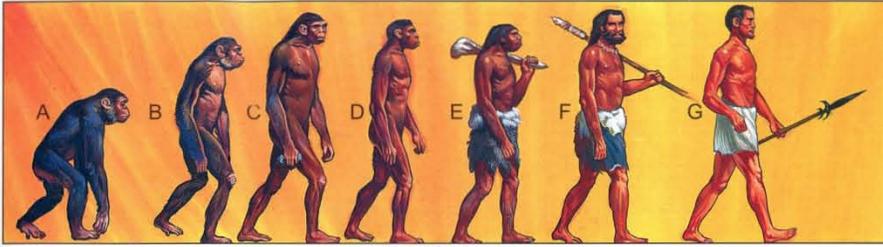
"Cuerpo Sano en Menta Sana, Di no a las Drogas, al Alcohol y al Tabaco"

"El discurso más difícil se construye con los defectos de uno mismo"

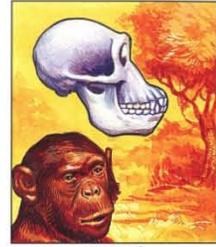


LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE

No. 1065



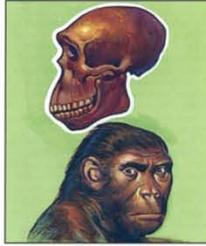
LA EVOLUCIÓN DEL HOMBRE



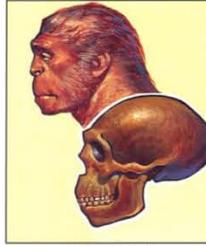
CHIMPANZÉ



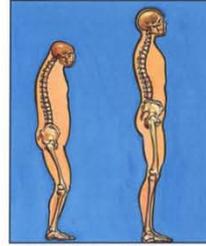
AUSTRALOPITHECUS



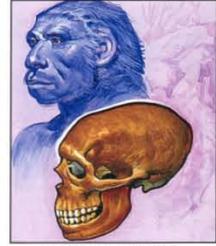
HOMBRE DE JAVA



HOMBRE DE PEKÍN



NEANDERTHAL MODERNO



HOMBRE DE NEANDERTHAL



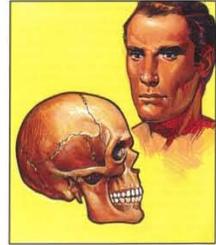
LOS NEANDERTHAL VIVIAN DE LA CACERÍA



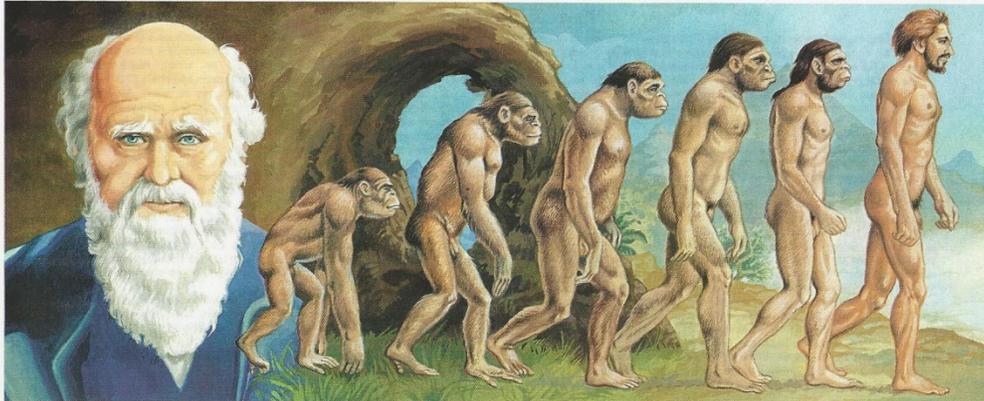
HOMBRE DE CRO-MAGNON



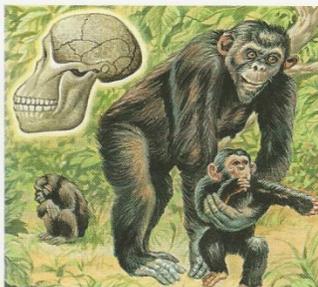
HOMBRE DE TEPEPAN



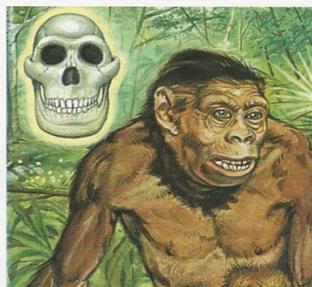
HOMBRE MODERNO



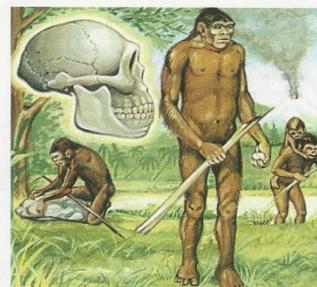
TEORÍA DE DARWIN



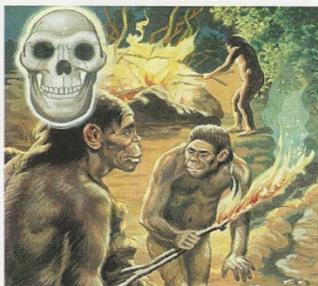
MONOS ANTROPOIDES



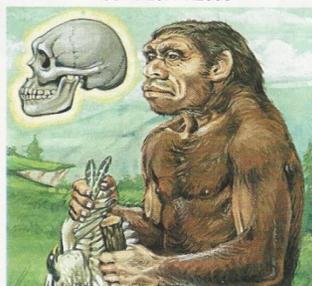
AUSTRALOPITHECUS



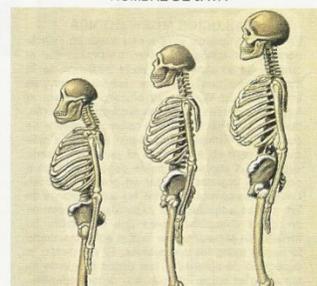
HOMBRE DE JAVA



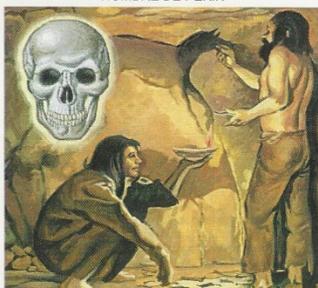
HOMBRE DE PEKIN



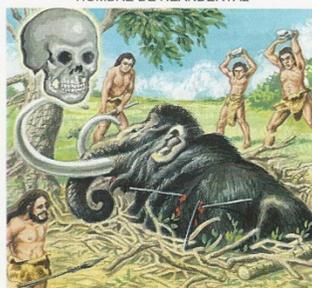
HOMBRE DE NEANDERTAL



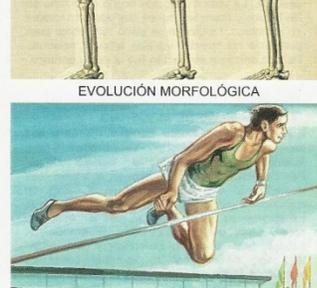
EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA



HOMBRE DE CROMAGNON



HOMBRE DE TEPEXPAN



HOMBRE MODERNO

REFERENCIAS

Acevedo Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía.

Akle, D (2014). La representación visual de la evolución en el libro de sexto año de primaria "Ciencias Naturales" de la SEP. Ensayo de titulación (De licenciatura). UNAM. Ciudad de México. 29 pp.

Alters, B. J., & Nelson, C. E. (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56(10), 1891-1901.

Anderson, N., & Dietrich, M. R. (2012). *The Educated Eye: Visual Culture and Pedagogy in the Life Sciences*. UPNE.

Ariza, Y. y Adúriz Bravo, A. (2012). La 'Nueva Filosofía de la Ciencia' la 'concepción semántica de las teorías científicas' en la Didáctica de las Ciencias Naturales. *Revista de Educación en Ciencias Experimentales y Matemáticas*, 2, 81-92.

Baetens, J. (2013). Image and visual culture after the pictorial turn: an outsider's note. *Visual Studies*, 28(2), 180-185.

Barahona, A. (1998). La idea de progreso en biología. *Historia y explicación en biología*. México: Fondo de Cultura Económica, 125-38.

Barahona, A. (2009). La vigencia de las ideas darwinistas en la educación básica. *La Crónica de Hoy*. Miércoles 28 de octubre 2009.

Blanco, M. I. (2012). Recursos didácticos para fortalecer la enseñanza-aprendizaje de la economía. *Aplicación a la unidad de trabajo "Participación de los trabajadores en la empresa"* (Tesis de maestría). Universidad de Valladolid,

España. Recuperado de <https://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/1391/1/TFM-E,201>.

Burri, R. V., & Dumit, J. (2008). 13 Social Studies of Scientific Imaging and Visualization. *The handbook of science and technology studies*, 297.

Cámara, E. L. (2000). Imágenes en la enseñanza. *Revista de Psicodidáctica*, 119.

Casanueva, M., & Bolaños, B. (2009). El giro pictórico. *Universidad Autónoma Metropolitana*

Chereguini, A. (2005). La Sociedad de la Información en el siglo XXI: un requisito para el desarrollo.

Clark, C. A. (2001). Evolution for John Doe: Pictures, the public, and the Scopes trial debate. *The Journal of American History*, 87(4), 1275-1303.

Coordinadora, V. F. R., Experimentales, A. R. S. C., Matemáticas, E. P. B., Talleres, G. A. I. M., Zapata, L. Á., Dimas, L. C., ... & Chávez, N. R. INFORME DEL SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN EDUCATIVA. PLANTEL ORIENTE.

Cupani, A. (2011). Acerca de la idea de la objetividad científica. *SciELO*. Vol. 9, n. 3. Pp 501-525.

Cuvi, Nicolas; Sevilla, Elisa; *et al.* (2017). *Evolucionismo en América y Europa*.

Darwin, C. (1968). On the origin of species by means of natural selection. 1859. *London: Murray Google Scholar*.

Daston, L., & Galison, P. (1992). The image of objectivity. *Representations*, 81-81.

Debes, J. (1968). Some foundations for visual literacy. *Audiovisual Instruction*, 13(9), 941-964.

Dawkins, R. (2008). *El cuento del antepasado: Un viaje a los albores de la evolución*. Antoni Bosch editor.

Eldredge, N. (2009). *Darwin. El descubrimiento del árbol de la vida* (Vol. 3046). Katz Editores.

Estudillo García, J. (2001). Surgimiento de la sociedad de la información. *Biblioteca universitaria*, 4(2).

Fayard, P. (2004). *La Comunicación Pública de la Ciencia: hacia la sociedad del conocimiento*. UNAM.

Flores-Camacho, F. (2012). La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México. *México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación*.

Futuyma, Douglas (1998)

Futuyma, Douglas (2009). *Evolution*. Sunderland, EUA: Sinauer.

Gissis, S. B. (2011). Visualizing" Race" in the Eighteenth Century. *HIST STUD NAT SCI*, 41(1), 41-103.

Golinski, J. (2008). *Making Natural Knowledge: Constructivism and the History of Science, with a new Preface*. University of Chicago Press.

González-Galli, Leonardo (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. Tesis (doctorado). Buenos Aires, Argentina.

González Galli, L. M., & Meinardi, E. (2013). ¿Está en crisis el darwinismo?: los nuevos modelos de la biología evolutiva y sus implicaciones didácticas.

González González, J. (1991). Los procesos transformados y los procesos alterados: fundamentos para una teoría procesual del conocimiento biológico. *Uruboros*, 2, 45-90.

Gould, S. J. (1983). *Desde Darwin*. Madrid, Blume.

Gould, S. J. (1981). *La falsa medida del hombre* (No. 159.92 GOU)

Gould, Stephen J. (1989). *La vida maravillosa*. Critica Barcelona.

Gould, S. J. (1992). *La flecha del tiempo: mitos y metáforas en el descubrimiento del tiempo geológico* (No. 551.7). Alianza.

Gould, S. J. (2002). *The structure of evolutionary theory*. Harvard University Press.

Gutiérrez, R. R., Pérez, E. Á., Solano, R. N., & Soria, M. S. E. (2012). Enseñar y aprender biología evolutiva en el siglo XXI. *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 5(9), 80-88.

Kuhn, S. T. (1962). *La Estructura de las Revoluciones Científicas*. Fondo de Cultura Económica.

Larson, B. J., & Brauer, F. (Eds.). (2009). *The art of evolution: Darwin, Darwinisms, and visual culture*. UPNE.

Latour, B., Woolgar, S., Lucarelli, E. A., Isabel, M., Ulin, P. R. R., Tolley, P. R., ... & Bachellet, A. S. S. B. (1995). *La vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos* (No. 167.23). Alianza Editorial.

Lynch, M & Woolgar S (eds) (1990). *Representation in Scientific Practice*. Cambridge, MA: MIT Press.

Mayr, Ernst (1976). *Evolution and the diversity of life*. Harvard University Press.

Mayr, E. (1998). ¿Cómo escribir historia de la biología? *Historia y explicación en biología*. México: Ediciones Científicas Universitarias, 61-81.

Méndez, M. & Navarro, J., (editores). (2014). *Introducción a la Biología Evolutiva*.

Mitchell, W.J.T. (1994). *Teoría de la Imagen: ensayos sobre representación verbal y visual*. Ediciones AKAL.

Moral, Cristina (2012). Conocimiento didáctico general para el diseño y desarrollo de experiencias de aprendizaje significativas en la formación de profesorado. *Revista de Curriculum y Formación de Profesorado*. Vol. 16, pp.421-452.

Moreira, M. A. Los materiales educativos: origen y futuro. En *IV Congreso Nacional*.

Moreno, I. (2004). La utilización de medios y recursos didácticos en el aula. *línea]* Disponible en: <http://biblioteca.ucm.es/tesis/edu/ucm-t27286.pdf>.

Myers, G. (1988). Every picture tells a story: Illustrations in EO Wilson's Sociobiology. *Human Studies*, 11(2-3), 235-269.

Ñúñez-Farfán J. y Eguiarte, L. E. (compiladores) (1999). *La evolución biológica*. Facultad de Ciencias. UNAM.

Ochoa, C., & Barahona, A. (2014). *El Jano de la morfología: de la homología a la homoplasia, historia, debates y evolución*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Ochoa, Carlos (en prensa). *El eclipse del antidarwinismo*

Papavero, N. & Llorente J. (2005). *Historia de la biología comparada. Desde el genesis hasta el siglo de las luces Volumen VIII*. La prensa de ciencias. UNAM.

Pauwels, L. editor (2006). *Visual cultures of science: rethinking representational practices in knowledge building and science communication*. UPNE.

Pérez, Raul (2015). Soy el número uno, así que, ¿para qué esforzarme? *Revista de divulgación aCércate*. Año 3, Num. 5. 26-30.

Perini, L. (2012). Form and function: a semiotic analysis of figures in biology textbooks.

Perini, L. (2005). Visual representation. *Philosophy of Science: An Encyclopedia*, 2, 863-870.

Perini, L. (2005). Visual representations and confirmation. *Philosophy of Science*, 72(5), 913-926.

Perini, L. (2005). The truth in pictures. *Philosophy of Science*, 72(1), 262-285.

Plata, L. A. M. (2008). El currículo: perspectivas para su interpretación. *Investigación y Educación en Enfermería*, 26(2), 136-142.

Postigo, Y., & López-Manjón, A. (2012). Representaciones visuales del cuerpo humano: análisis de los nuevos libros de primaria de Ciencias Naturales en la

reforma educativa mexicana. *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(53), 593-629.

Rodríguez, M. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: una revisión aplicable a la escuela actual. *IN. Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, V. 3, n. 1, páginas 29-50. Consultado en: http://www.in.uib.cat/pags/volumenes/vol3_num1/rodriguez/index.html en (12 de enero de 2017).

Rubio, Nicolás (1990). Las imágenes en la enseñanza, una reflexión teórico práctica.

Rudwick, Martin J. (1976). The emergence of a visual language for geological science 1760-1840. *Hist. Sci.*, XIV, 149-195.

Russel Hanson, N. (1989). Observación. *León Olivé y Ana Rosa Pérez Ransanz (comps.) Filosofía de la ciencia: teoría y observación*". México: Siglo XXI Editores.

Torrens E. (2010). El árbol filogenético como metáfora en la comunicación de la ciencia. Tesis (Doctorado). UNAM. Ciudad de México. 414 pp.

Torrens Rojas, E., & Barahona, A. (2015). La representación de la evolución en los libros de texto mexicanos. *Ciencias Sociales y Educación*.

Trumbo, J. (1999). Visual literacy and science communication. *Science communication*, 20(4), 409-425.

Vega Encabo, J. (2002). Cultura científica, cultura visual. Prácticas de representación en el origen de la ciencia moderna. *Arbor*, 173(683-684), 521-552.

Wise, M. N. (2006). Making visible. *Isis*, 97(1), 75-82.

Páginas de internet

Grupo Editorial RAF (consultado 12 de agosto de 2016) en <http://www.grupoeditorialraf.com>