



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
PROGRAMA ÚNICO DE ESPECIALIZACIONES EN CIENCIAS BIOLÓGICAS,
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

**LA REPRESENTACIÓN VISUAL DE LA GENÉTICA Y LA EVOLUCIÓN EN LA
EDUCACIÓN EN MÉXICO (1970-2000)**

TESINA
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
ESPECIALISTA EN BIOLOGÍA PARA EL BACHILLERATO

PRESENTA:
BIÓL. MARCO DAVID ORNELAS CRUCES

DRA. ANA ROSA BARAHONA ECHEVERRÍA
FACULTAD DE CIENCIAS

CIUDAD DE MÉXICO, MARZO 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Hoja de datos

1. Datos del alumno

Marco David Ornelas Cruces (bio_marco@ciencias.unam.mx)

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ciencias

Especialización en Biología para el Bachillerato

30626690-8

2. Datos de la tutora

Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría (ana.barahona@ciencias.unam.mx)

Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Facultad de Ciencias, UNAM.

3. Datos del sinodal 1

Dr. Arturo Carlos II Becerra Bracho (abb@ciencias.unam.mx)

Origen de la Vida, Facultad de Ciencias, UNAM.

4. Datos del sinodal 2

Dr. Juan Manuel Rodríguez Caso (juan_manuel_rodriguez_caso@ciencias.unam.mx)

Filosofía e Historia de la Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

5. Datos del sinodal 3

Dra. Erica Torrens Rojas (torrens@ciencias.unam.mx)

Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, Facultad de Ciencias, UNAM.

6. Datos del trabajo escrito

La representación visual de la genética y la evolución en la educación en México (1970-2000)

2019

87 pp.

Agradecimientos académicos

El presente trabajo se realizó bajo la tutoría de la Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría en el laboratorio de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ciencias, por todas las experiencias y el conocimiento brindado a lo largo de la Especialización.

A la Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría por haberme permitido trabajar en el laboratorio; por su esfuerzo, tutoría, dedicación y apoyo total en la realización de mi tesina.

Al Dr. Arturo Carlos II Becerra Bracho, por el tiempo dedicado a la revisión del presente trabajo y por siempre estar pendiente de mis avances.

Al Dr. Juan Manuel Rodríguez Caso, por la disponibilidad y paciencia para revisar a detalle la tesina y por sus inigualables aportaciones.

A la Dra. Erica Torrens Rojas, de quien he aprendido tanto sobre la representación visual, por su constante apoyo durante mis estudios, por sus comentarios a este trabajo y por siempre fomentar la cooperación académica.

A la M. en C. Alicia Villela González, por el excelente trabajo realizado a lo largo de la Especialización, por el gran impulso a estudiar la misma y por todas las facilidades proporcionadas en la realización de mi trabajo.

A los proyectos IN404116 «Cultura visual científica: análisis de las prácticas representacionales en la enseñanza de la evolución biológica de 1921 al México actual» e IN403718 «Redes de colaboración en el estudio de las ciencias de la vida en México durante la Guerra Fría. México 1968» del Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), por el financiamiento y cuyas responsables fueron la Dra. Erica Torrens Rojas y la Dra. Ana Rosa Barahona Echeverría, respectivamente.

Índice

| | |
|--|-----------|
| Introducción..... | 1 |
| | |
| Capítulo 1. | |
| La educación media superior en México..... | 6 |
| | |
| Capítulo 2. | |
| La enseñanza de la genética y la evolución en el bachillerato..... | 16 |
| | |
| Capítulo 3. | |
| La representación visual de la genética y la evolución..... | 25 |
| | |
| Conclusiones | 48 |
| | |
| Anexos..... | 54 |
| | |
| Referencias | 80 |

Introducción

Al finalizar la Segunda Guerra Mundial, las transformaciones mundiales produjeron un acelerado proceso de globalización en el cual se vieron implicados factores que contribuyeron a la disolución de algunos imperios, la independencia de algunas colonias en Medio Oriente y Occidente y, más importante aún, los conflictos entre dos sistemas políticos y sociales que buscaban implementar un modelo económico. Asimismo, los eventos que devinieron en el periodo denominado Guerra Fría (1945-1989/1991) no sólo se restringieron a la geografía local europea, también alcanzaron el continente americano y con ello surgieron movimientos cuya injerencia no provenía de los gobiernos ni de las instituciones políticas, sino de la sociedad civil, en particular de los estudiantes, quienes realizaron protestas en Berkeley, París, Berlín Occidental, Tokio y México (Iggers *et al.*, 2013).

El presente trabajo abarca y está enmarcado en el contexto histórico de la Guerra Fría, pues la gran polarización mundial entre Estados Unidos y la Unión Soviética promovió avances sin ofensivas militares –de ahí el nombre de *Guerra Fría*– en las investigaciones con fines armamentistas como las bombas atómicas, que fueron desarrolladas desde el periodo de la Segunda Guerra Mundial. De igual manera, la comunidad científica se hizo partícipe de otros programas como el lanzamiento de la sonda espacial *Sputnik* en 1957 y el envío de los primeros seres vivos al espacio (Laika, en el mismo año que *Sputnik* y en 1961, Yuri Gagarin, el primer cosmonauta) por parte de la Unión Soviética y las misiones lunares, con las cuales Estados Unidos consolidó su poderío al realizar el primer alunizaje el 20 de julio de 1969 con la misión Apolo 11 y cuyos integrantes fueron Buzz Aldrin, Michael Collins y Neil Armstrong, éste último el primer ser humano en la Luna (Hobsbawm, 1999; Bruckmann & Dos Santos, 2005; Aguilar-Cruz, 2016).

México no fue la excepción y se vio involucrado en grandes desarrollos de la ciencia gracias a redes internacionales de colaboración. Primero, con la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), el 31 de diciembre de 1955 bajo el mandato del entonces presidente Adolfo Ruiz Cortines, y que posteriormente se convertiría en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ) –nombre que conserva en la actualidad– a raíz de las peticiones mundiales para la paz y el surgimiento del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA). El segundo, fue la formación del Programa de Genética y Radiobiología al interior de la CNEN en la década de 1960 bajo la dirección del doctor Alfonso León de Garay (1920-2002), desde donde se institucionalizó la genética en el país y se hicieron los primeros estudios de cromosomas humanos, cuyas técnicas de laboratorio y muestras provenían del Reino Unido de parte del doctor Lionel Penrose, con quien de Garay había trabajado tiempo atrás (Barahona, 2006; Cervantes-Montes, 2015). Asimismo, ciertos eventos nacionales favorecieron la mirada internacional hacia el país y los más llamativos fueron el movimiento estudiantil del 2 de octubre de 1968 (o también conocido como la matanza de Tlatelolco) y 10 días después, la inauguración de los XIX Juegos Olímpicos; ambos se suscitaron bajo la presidencia de Gustavo Díaz Ordaz¹.

La relevancia de estos acontecimientos permite la comprensión de las tensiones y discusiones internacionales en las que el desarrollo de las políticas públicas dio un giro no hacia el mundo, sino al interior de los gobiernos que habían descuidado a sus poblaciones. El contexto global en el cual se circunscribe el presente trabajo es sumamente relevante, pues el quehacer científico deviene como una actividad profesional tanto de carácter nacional como transnacional. De igual manera, para que la ciencia sea una práctica exitosa en la generación del conocimiento, debe trasladarse hacia otras regiones, y el estudiar las

¹ En el año de 2018 se cumplieron 50 años de dichos eventos y se liberó información que había sido censurada por el gobierno. Asimismo, existieron otras demandas por parte de grupos internacionales que fueron apoyadas por atletas y ciertos sectores de la población mexicana al interior de los XIX Juegos Olímpicos de 1968. [Recuperado de: https://elpais.com/deportes/2018/10/01/actualidad/1538415487_180518.html y de: <http://www.com.org.mx/ciclo-olimpico/mexico-1968/> el 22 de noviembre de 2018].

redes de colaboración encaja de manera ideal para desarrollar una historia global ya que éstas atraviesan cualquier división geográfica o política (Sivasundaram, 2010; Iggers *et al.*, 2013).

Esta forma de historiografía de la ciencia en la que se utilizan los conceptos de local, global y transnacional representa una de las formas más viables de explicar cómo circulan las prácticas científicas, las ideas, las enseñanzas, los materiales e incluso los científicos mismos más allá de las fronteras (Walker, 2012). Por otro lado, una de las limitaciones con las que esta forma de hacer historia de la ciencia se puede encontrar, surge con la pregunta ¿qué es precisamente lo que está circulando por estas redes de colaboración? y, más importante aún, hacer notar que aquello que viaja se transforma al momento de llegar a un determinado lugar –o para los fines de este trabajo– a un contexto local en particular (Nappi, 2013).

En particular, se aborda el caso de la inauguración del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) en la década de 1971 y que sigue los planes y programas de estudios bajo ciertos lineamientos dados por organismos internacionales cuyos objetivos y principales preocupaciones atañen al nivel medio superior en plena Guerra Fría (Maldonado, 2000). Es así como el capítulo 1 está enfocado en la parte histórica de la educación media superior con su origen en la segunda mitad del siglo XIX y cuyo propósito es preparar a los y las estudiantes previamente a su formación en el nivel superior. De igual manera, se profundiza en los bachilleratos tecnológicos propuestos por la Secretaría de Educación Pública en la década de 1960 y, finalmente, el CCH con la propuesta de una nueva metodología de enseñanza que desplaza al enciclopedismo que había sido tradición en este nivel de estudios.

En el capítulo 2 se aborda la enseñanza de los temas de la genética y la evolución, que han resultado ser todo un reto al interior de las comunidades científicas no sólo por las cuestiones epistemológicas que implican, sino por todo lo que deviene en el trabajo de quienes se dedican a estas disciplinas de la biología y, más importante aún, por el impacto que tienen en la sociedad y cómo ésta las interpreta. Es claro que el lenguaje científico está sumamente especializado y para el público lego resulta, a veces, incomprensible; asimismo, profundizar en estos temas permite que exista y se desarrolle el pensamiento crítico para interpretar los fenómenos de la naturaleza. Este capítulo muestra cómo ha cambiado el plan de estudios y la manera en la que se han adoptado y modificado los conocimientos de la genética y de la evolución, así como los objetivos de cada una de las unidades abordadas en dichos planes y la distribución de los temas en los mismos.

El capítulo 3 refuerza la propuesta principal de este trabajo, la cual radica en entender desde la perspectiva histórica cuáles son los contextos en los que se han propagado las imágenes de los temas de la genética y la evolución en México en tres libros de texto del nivel medio superior de diferentes momentos históricos. También, se remarca la importancia de las imágenes en las ciencias biológicas y cómo se estudian desde la filosofía de la ciencia, en concreto, desde los estudios sociales de la ciencia y la tecnología. Para ello, las imágenes aquí presentadas se clasificaron, en dos grandes categorías, los diagramas y las fotografías (Perini, 2012; 2013). Los primeros se definen como «representaciones abstractas, cuya función es representar partes específicas del tema a tratar» (Anderson, 1997 en Torrens & Barahona, 2017), mientras que las segundas son «representaciones que se presume reproducen los elementos externos o internos del objeto o fenómeno representado y su objetivo es ilustrar» (Postigo & López-Manjón, 2012).

Es así que esta investigación busca mostrar, de manera descriptiva, cómo han cambiado las imágenes en los libros de texto a través del tiempo con el desarrollo de las herramientas tecnológicas y sus posteriores investigaciones en tres momentos de la historia mundial en el siglo XX y a principios del XXI. El primero, es el periodo de la Guerra Fría descrito anteriormente. El segundo es la década de 1990 con el cambio de libros de texto en el CCH y la creciente era genómica. La reedición y digitalización del libro de esta institución hasta 2010, y la más reciente en 2014, ha permitido el análisis de cómo el profesorado ha tratado los temas de genética y evolución y cómo los ha enseñado. El último momento histórico del desarrollo de este trabajo es la era post-genómica con el desarrollo de las secuenciaciones de organismos y cuyos resultados se ven plasmados –de una u otra manera bajo ciertos contextos– en los libros de texto del bachillerato.

Capítulo 1

La educación media superior en México

Los estudios de la educación media superior, o comúnmente conocida como bachillerato, tienen el propósito de proveer a los alumnos ciertos elementos para elegir entre las diversas opciones de educación superior al concluir los mismos o capacitarlos en diversas actividades enfocadas al ámbito laboral. El bachillerato, en general, tiene una duración de tres años y los alumnos se encuentran entre los 15 y 18 años. En los objetivos del sistema de educación media superior en México se manifiesta, de manera explícita, una formación en valores humanos para el desarrollo de una mejor sociedad basada en la apertura a la diversidad de opiniones y de culturas a las cuales se enfrentarán los estudiantes en la educación universitaria y la vida diaria (Alcántara & Zorrilla, 2010).

Cuando en 1867 se creó la Escuela Nacional Preparatoria (ENP), por la propuesta de Gabino Barreda, los planes de estudio se organizaron para ofrecer una cultura general capaz de preparar a los futuros profesionistas antes de ingresar al nivel superior. La creación de un sistema educativo previo a la formación universitaria se realizó para satisfacer determinadas demandas sociales, las cuales estaban influidas por cambios económicos y políticos del país. El bachillerato se dio a conocer oficialmente -y como una extensión de la educación secundaria- a través de la Ley Orgánica de la Instrucción Pública en el Distrito Federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación, en el Capítulo II *De la instrucción secundaria*, el día 2 de diciembre de 1867 bajo el decreto del entonces presidente de los Estados Unidos Mexicanos, Benito Juárez y comienza sus labores en febrero de 1868 en el edificio del Real Colegio de San Ildefonso, y en 1910 la ENP pasa a formar parte de la recién inaugurada Universidad Nacional de México fundada por Justo Sierra². La separación de la

² [Recuperado de: http://www.sanildefonso.org.mx/acerca_de.php el 24 de agosto de 2017].

secundaria, la preparatoria y la universidad se da durante el gobierno de Plutarco Elías Calles en 1925, asimismo, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) sufrió cambios significativos respecto a la educación media superior ya que se le da prioridad a la enseñanza y formación científica y se le aumenta un año a este nivel educativo, pues pasa de dos a tres años (Gutiérrez-Legorreta, 2009; Galicia, 2010).

Para el año de 1969 se crean los Centros de Bachillerato Tecnológico, Agropecuario, Industrial y del Mar y en 1973 se emite el decreto de creación del Colegio de Bachilleres. De esta manera nacen dos grandes vertientes educativas: el bachillerato general y el bachillerato tecnológico. Actualmente, la Dirección General del Bachillerato (DGB) de la Secretaría de Educación Pública (SEP) diseñó una propuesta educativa que involucra una educación intercultural cuyo objetivo es construir prácticas ciudadanas correspondientes con los valores cívicos del respeto, la tolerancia, la apertura, el diálogo y la participación activa y constructiva en su comunidad y Nación (Galicia, 2010; SEMS, 2017; SEP, 2017).

En los bachilleratos tecnológicos a cargo de la Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI) y de los Centros de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios (CBTIS), que dependen de la SEP, los estudiantes comenzaron a obtener un título y cédula como técnico profesional y su correspondiente certificado de bachillerato, lo cual dio paso a que los egresados se integraran al sector laboral, así como la oportunidad de seguir estudiando en el nivel superior. En estos sistemas actuales, cuya duración es de tres años, la DGETI es la institución de educación media superior tecnológica más grande del país con 456 planteles educativos a nivel nacional. De éstos, 168 son Centros de Estudios Tecnológico Industrial y de Servicios (CETIS) y 288 CBTIS (Gutiérrez-Legorreta, 2009; Galicia, 2010; DGETI, 2017).

La SEP, que fundamentada en el artículo 37 de la Ley General de Educación, refiere al bachillerato como aquel que es posterior a la educación secundaria y promueve la participación de los jóvenes en ámbitos tales como la economía, el trabajo y la sociedad. Respecto a los propósitos educativos, esta Secretaría cuenta con dos programas diferentes, uno propedéutico y otro bivalente. El primero, ofrece una cultura general con el propósito de que al terminar, el alumnado ingrese a la educación superior y cuenta con distintas instituciones (Cuadro 1). El segundo, prepara al alumnado a través de una formación tanto profesional como propedéutica, pues permite que haya continuidad con la educación superior y, al mismo tiempo, otorga un título de técnico profesional (Cuadro 2). Las instituciones coordinadas por la DGB de la SEP son de tipo propedéutico con el objetivo de que los y las estudiantes accedan a la educación superior y se caracteriza, como casi toda la educación media superior en México, por ser la última oportunidad en el sistema educativo para establecer contacto con la cultura en su más amplio sentido pues el siguiente nivel de educación es mayoritariamente especializado. En este plan, se enseña Biología I y Biología II en el cuarto y quinto semestres de los estudios del bachillerato (DGB, 2017).

| Institución |
|--|
| Bachilleratos de las Universidades Autónomas |
| Colegios de Bachilleres |
| Bachilleratos Estatales |
| Preparatorias Federales por Cooperación |
| Centros de Estudio de Bachillerato |
| Bachilleratos de Arte |
| Bachilleratos Militares del Ejército |
| Bachillerato de la Heroica Escuela Naval Militar |
| Preparatoria Abierta |
| Preparatoria del Distrito Federal |
| Bachilleratos Federalizados |
| Bachilleratos Propedéuticos que ofrecen instituciones particulares |
| Telebachillerato |

Cuadro 1. Instituciones nacionales que ofrecen bachillerato propedéutico.

(Obtenido y modificado de: DGB, 2017).

| Institución |
|--|
| Instituto Politécnico Nacional |
| Instituciones del Gobierno Federal (dependientes de la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica) |
| Educación Tecnológica Industrial |
| Educación Tecnológica Agropecuaria |
| Educación en Ciencia y Tecnología del Mar |
| Colegio de Educación Profesional Técnica |
| Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos |
| Centros de Enseñanza Técnica Industrial |
| Escuelas de Bachillerato |

Cuadro 2. Instituciones nacionales que ofrecen bachillerato bivalente.

(Obtenido y modificado de: DGB, 2017).

Es hasta 1971 cuando se funda el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) de la UNAM en el Distrito Federal con únicamente tres planteles, lo que significó un esfuerzo por educar a un mayor número de jóvenes mexicanos. La metodología de enseñanza del CCH fue innovadora para la época, pues rompía con el enciclopedismo al darle autonomía a los estudiantes durante su aprendizaje y la misión institucional consistía en que los estudiantes *se desarrollen como personas dotadas de valores y actitudes éticas fundadas, con sensibilidad e intereses en las manifestaciones artísticas, humanísticas y científicas. Asimismo, que sean capaces de tomar decisiones de ejercer liderazgo con responsabilidad y honradez, para que, al mismo tiempo, se conviertan en ciudadanos habituados al respeto, diálogo y solidaridad en la solución de problemas sociales y ambientales* (Gaceta UNAM, 1971; Galicia, 2010; CCHa, 2017).

El modelo educativo del CCH ofrece una formación de cultura básica, es decir, que preparará al estudiante para ingresar a la educación superior con los conocimientos necesarios para la vida profesional, orientándolo a la formación intelectual ética y social, de tal modo que el estudiante se apropie de conocimientos por sí mismo. También, tiene una división en cuatro áreas: matemáticas, ciencias experimentales, histórico-social y talleres de lenguaje y comunicación. Durante el tercer y cuarto semestres de los estudios de bachillerato, los alumnos cursan las materias de Biología I y Biología II respectivamente (CCHb, 2017). El plan de estudios vigente del CCH conserva lineamientos pedagógicos desde su fundación que están organizadas de la siguiente manera:

- ❖ **Aprender a aprender:** nuestros alumnos serán capaces de adquirir nuevos conocimientos por cuenta propia.
- ❖ **Aprender a ser:** donde se enuncia el propósito de atenderlos no sólo en el ámbito de los conocimientos, sino también en el desarrollo de valores humanos, particularmente los éticos, los cívicos y la sensibilidad artística.
- ❖ **Aprender a hacer:** el aprendizaje incluye el desarrollo de habilidades que les permita poner en práctica sus conocimientos.

Para el año de 1982 se realizó la propuesta del *tronco común*, por esto, la elaboración de los programas de estudio se dividió en un modelo básico de dos núcleos. El primero, proporciona una formación básica de dos años dividido en cuatro grandes áreas: matemáticas, ciencias naturales, ciencias sociales y lenguaje y comunicación. El segundo núcleo es un propedéutico con duración de un año, está orientado a los estudios universitarios y consta de cuatro opciones: físicomatemáticas e ingenierías, biológicas y de la salud, sociales y humanidades y artes (Gutiérrez-Legorreta, 2009; Alcántara & Zorrilla, 2010).

Cabe destacar que para ingresar a cualquier sistema de educación media superior es necesario acreditar el examen de la Comisión Metropolitana de Instituciones Públicas de Educación Media Superior (COMIPEMS), la cual se crea en 1996 y desde entonces convoca a un concurso anual para asignar aspirantes a cualquiera de los planteles de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, cuya definición incluye a la Ciudad de México misma y 22 municipios del Estado de México. Dentro de la COMIPEMS se realizan cuatro procedimientos: a) la publicación de una convocatoria única, b) la realización de un registro único de aspirantes, c) la evaluación de las habilidades y conocimientos por medio de un solo examen y d) la asignación a los planteles de acuerdo con las preferencias de los sustentantes (COMIPEMS, 2017). En el Cuadro 3 se aprecia la cantidad de aspirantes registrados (anualmente) en el concurso desde 1996.

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), en México, la matrícula en educación media superior ha aumentado, pero los niveles de nuestro país son bajos en comparación con otros países miembros de la OCDE y países asociados. Sin tomar en cuenta la edad, las tasas de empleo son más altas para los adultos con educación universitaria que para aquellos con sólo el bachillerato (OCDE, 2015). En el contexto de la política actual de la educación en México, impulsada por la Reforma Educativa, el gobierno ha tomado medidas para aumentar la participación de los jóvenes en programas que ofrecen formación técnica mientras terminan su educación media superior. En dichos programas, se les permite continuar estudiando y trabajar si es necesario (OCDE, 2016).

Para satisfacer los requerimientos de una sociedad globalizada, el Estado debe buscar e impulsar procesos en la lógica de la competencia, la regulación, la evaluación y la certificación, con lo que, aparentemente, se intentan asegurar niveles de competitividad frente a otras naciones. Asimismo, formar capital humano capaz de integrarse con los nuevos medios de información y participar en el mundo actual. Por lo tanto, la educación debe dar la posibilidad de una mejor inserción a la vida laboral y debe alcanzarse la oferta apropiada de recursos humanos calificados que las siguientes generaciones demandarán para un funcionamiento social adecuado (Lozano-Medina, 2009).

Los organismos internacionales interesados en la problemática educativa son el Banco Mundial (BM), la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), la OCDE, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) y después de la Segunda Guerra Mundial, durante el periodo de la Guerra Fría, estos organismos se vuelven relevantes en la discusión mundial sobre políticas económicas y sociales, permitiendo el debate sobre la internacionalización de las tendencias educativas, formulando, desde entonces, los estándares globales que deben cumplir los planes de estudio de la educación media superior (Maldonado, 2000; Gutiérrez-Legorreta, 2009).

| Edición del concurso | Aspirantes registrados |
|----------------------|------------------------|
| 1996 | 262,314 |
| 1997 | 238,956 |
| 1998 | 244,068 |
| 1999 | 247,691 |
| 2000 | 237,656 |
| 2001 | 245,823 |
| 2002 | 261,702 |
| 2003 | 276,490 |
| 2004 | 280,655 |
| 2005 | 287,886 |
| 2006 | 298,291 |
| 2007 | 296,778 |
| 2008 | 303,224 |
| 2009 | 317,603 |
| 2010 | 315,848 |
| 2011 | 310,016 |
| 2012 | 307,023 |
| 2013 | 310,163 |
| 2014 | 309,502 |
| 2015 | 317,193 |
| 2016 | 331,405 |

Cuadro 3. Aspirantes registrados en el concurso anual de la COMIPEMS desde 1996 (Obtenido y modificado de: COMIPEMS, 2017).

La UNESCO, por otro lado, menciona que el aspecto más relevante de la enseñanza es su calidad, es decir, que se debe buscar proporcionar una adecuada transmisión de valores y se cuente con docentes formados para ello. Esto implica cambios en el sistema educativo que, de acuerdo con la UNESCO, debe comprender una enseñanza y aprendizaje de mejor calidad y un mejor entorno escolar. Actualmente existe una gran diversidad en los tipos de instituciones de la educación media superior y es de esperarse que exista una heterogeneidad en los planes y programas de estudio por lo que la SEP, en la Reforma para la Educación Media Superior del 2008, pretende proporcionar el bachillerato a toda la población que la demande y tendrá un carácter integral y su impartición será de alta calidad. Asimismo, el alumnado debe desarrollar habilidades de comunicación y de pensamiento, se le fomentará la capacidad para la toma de decisiones y solución de problemas y propiciará la adopción de valores universalmente aceptados (Lozano-Medina, 2009).

El sistema educativo de México, en lo correspondiente al nivel bachillerato, cuenta con un sistema de enseñanza que permite a los y las estudiantes obtener conocimientos de cultura general dados por organismos internacionales interesados en la calidad de la educación mundial a través de estándares que deben cumplirse mediante los planes y programas de estudio que ofrecen las distintas instituciones mexicanas. Para los propósitos del presente trabajo, la enseñanza de la Biología (y en particular los temas de genética y de evolución) es de suma importancia, pues los jóvenes que cursan el bachillerato y decidan continuar con la educación superior serán –o podrían ser– futuros tomadores de decisiones capaces de incidir en los ámbitos que conduzcan a la mejora de nuestro país independientemente de su campo de trabajo.

Capítulo 2

La enseñanza de la genética y la evolución en el bachillerato

En materia educativa, la ciencia forma parte de la actividad cultural y la enseñanza de la misma está enfocada en cómo puede contribuir a que los jóvenes adquieran habilidades específicas para conocer e interpretar la naturaleza (Carvajal-Cantillo & Gómez-Vallarta, 2002). Como profesores, autores o editores de libros de texto en cualquier nivel educativo, es necesario que se muestren las habilidades del profesorado para enseñar temas científicos o relacionados con las ciencias naturales. Por principio, lo más adecuado es que deben conocer la materia a enseñar para fomentar o promover el pensamiento crítico y hacer que los y las estudiantes se apropien de conocimientos teóricos de la ciencia. Asimismo, deben preparar actividades que integren lo expuesto y aprendido en clase para que, en consecuencia, puedan evaluar de manera apropiada qué tanto ha interiorizado el alumnado (Gil, 1991).

El desarrollo de habilidades, actitudes y valores que fomentan una participación es fundamental para que los y las estudiantes ejerzan una participación en la sociedad a la que pertenecen, lo que se puede traducir en una mejor ciudadanía puesto que se pueden involucrar en la toma de decisiones públicas sobre temas referentes a la ciencia y la tecnología. Esto, suponiendo que los objetivos de enseñanza-aprendizaje se dieran en la mejor de las formas (Acevedo-Díaz, 2004). Al enseñar biología, la propuesta básica es que se cuestione tanto la realidad personal como el contexto en el que se va desarrollando una ciencia que es tanto dinámica como empírica, y de igual forma, debe basarse en las teorías

que forman parte de la *columna vertebral* de la misma; tal es el caso de la herencia genética y la evolución biológica (Ledezma, *et al.*, 2013).

Al inicio de las actividades del CCH en el año de 1971, el mapa curricular incluía tres materias de Biología repartidas en el tercero, quinto y sexto semestre, respectivamente y una materia de *Método experimental: física, química y biología* impartida en el cuarto semestre (Fig. 1). Los temas de genética y evolución estaban distribuidos en la segunda unidad denominada «Continuidad» y en la tercera unidad llamada «Diversidad»; ambos se impartían en todos los planteles del CCH (Fig. 2).

El tema de la genética –que se enseña en el bachillerato, de acuerdo con los planes y programas de estudio– comienza con la historia del trabajo de Gregor Johann Mendel que se publicó en las Actas de la Sociedad de Historia Natural de Brno y que, hasta inicios del siglo XX de manera independiente, Hugo de Vries y Karl Correns notaron que había proporcionado una solución al problema de la herencia biológica, acelerando el desarrollo de los estudios de la genética. Sin embargo, entender el trabajo de Mendel no fue sencillo pues el método involucró conocimientos en matemáticas y un pensamiento reduccionista cuya tradición provenía de la física (Aleixandre & Pérez, 1987; Pinar, 1999; Mayr, en Torrens *et al.*, 2015).

| COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES UNIDAD ACADÉMICA DEL CICLO DE BACHILLERATO PLAN DE ESTUDIOS ACADÉMICO Y REGLAS DE APLICACION | | | | | | | | | | | |
|--|----|---|----|--|----|---|----|--|----|---|----|
| PRIMER SEMESTRE | HS | SEGUNDO SEMESTRE | HS | TERCER SEMESTRE | HS | CUARTO SEMESTRE | HS | QUINTO SEMESTRE | HS | SEXTO SEMESTRE | HS |
| MATEMATICAS I | 4 | MATEMATICAS II | 4 | MATEMATICAS III | 4 | MATEMATICAS IV | 4 | 1a. OPCION (A ESCOGER UNA SERIE EN FORMA OBLIGATORIA) | | | |
| | | | | | | | | MATEMATICAS V LOGICA I ESTADISTICA I | 4 | MATEMATICAS VI LOGICA II ESTADISTICA II | 4 |
| FISICA I | 5 | QUIMICA I | 5 | BIOLOGIA I | 5 | METODO EXPERIMENTAL: FISICA, QUIMICA Y BIOLOGIA | 5 | 2a. OPCION (A ESCOGER UNA SERIE EN FORMA OBLIGATORIA) | | | |
| | | | | | | | | FISICA II QUIMICA II BIOLOGIA II | 5 | FISICA III QUIMICA III BIOLOGIA III | 5 |
| HISTORIA UNIVERSAL, MODERNA Y CONTEMPORANEA | 3 | HISTORIA DE MEXICO II | 3 | HISTORIA DE MEXICO I | 3 | TEORIA DE LA HISTORIA | 3 | 3a. OPCION (A ESCOGER UNA SERIE EN FORMA OBLIGATORIA) | | | |
| | | | | | | | | ESTETICA I ETICA Y CONOCIMIENTO DEL HOM- BRE I FILOSOFIA I | 3 | ESTETICA II ETICA Y CONOCIMIENTO DEL HOM- BRE II FILOSOFIA II | 3 |
| TALLER DE REDACCION I | 3 | TALLER DE REDACCION II | 3 | TALLER DE REDACCION E INVESTI- GACION DOCUMENTAL II | 3 | TALLER DE REDACCION E INVESTI- GACION DOCUMENTAL II | 3 | 4a. OPCION (A ESCOGER DOS SERIES EN FORMA OBLIGATORIA) | | | |
| | | | | | | | | ECONOMIA I CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES I PSICOLOGIA I DERECHO I ADMINISTRACION I GEOGRAFIA I GRIEGO I LATIN I | 3 | ECONOMIA II CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES II PSICOLOGIA II DERECHO II ADMINISTRACION II GEOGRAFIA II GRIEGO II LATIN II | 3 |
| TALLER DE LECTURA DE CLASICOS UNIVERSALES. | 2 | TALLER DE LECTURA DE CLASICOS ESPAÑOLES E HISPANOAMERICA- NOS | 2 | TALLER DE LECTURA DE AUTORES MODERNOS UNIVERSALES. | 2 | TALLER DE LECTURA DE AUTORES MODERNOS ESPAÑOLES E HISPANO- AMERICANOS | 2 | 5a. OPCION (A ESCOGER UNA SERIE EN FORMA OBLIGATORIA) | | | |
| IDIOMA EXTRANJERO | 3 | IDIOMA EXTRANJERO | 3 | IDIOMA EXTRANJERO | 3 | IDIOMA EXTRANJERO | 3 | CIENCIAS DE LA SALUD I CIBERNETICA Y COMPUTACION I CIENCIA DE LA COMUNICACION I DISEÑO AMBIENTAL I TALLER DE EXPRESION GRAFICA I | 2 | CIENCIAS DE LA SALUD II CIBERNETICA Y COMPUTACION II CIENCIA DE LA COMUNICACION II DISEÑO AMBIENTAL II TALLER DE EXPRESION GRAFICA II | 2 |
| SUMA TOTAL DE HORAS | 20 | | 20 | | 22 | | 22 | | 20 | | 20 |

OPCIONAL: ADIESTRAMIENTO PRACTICO PARA LA OBTENCION DEL DIPLOMA DE TECNICO, NIVEL BACHILLERATO

Figura 1. Plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades al momento de su creación en el año de 1971 (Obtenido y modificado de: Gaceta UNAM, 1971).

| TEMAS | PLANTELES | | | | |
|--|-----------|---|---|---|---|
| | V | N | A | S | O |
| I.- UNIDAD | | | | | |
| 1.- El origen de la vida. Biogénesis. Abiogénesis. | X | X | X | X | |
| 2.- Formación de compuestos orgánicos. Experimento de Miller. | X | X | X | X | X |
| 3.- Morfología y Fisiología celular. | X | X | X | X | X |
| 4.- Diferencias y semejanzas entre células animales y vegetales. | X | X | X | X | X |
| 5.- Material de Laboratorio. Uso del microscopio. | X | X | X | X | X |
| II.- CONTINUIDAD | | | | | |
| 1.- Comprensión de la terminología fundamental de genética. | X | X | X | X | X |
| 2.- Procesos de división celular o mitosis, Meiosis. | X | X | X | X | X |
| 3.- Mecanismos hereditarios. Aplicación de las leyes de Mendel y modificación de Morgan. | X | X | X | X | X |
| 4.- Genética de poblaciones. Ley de Hardy-Weinberg. | X | X | X | X | X |
| 5.- Determinación del sexo. | | | | | |
| 6.- Herencia ligada al sexo. | | | | | |
| III.- DIVERSIDAD | | | | | |
| 1.- Principales características de los diversos grupos de organismos vegetales y animales. | X | X | X | X | X |
| 2.- Bases para la clasificación de organismos. | | | | | |

| TEMAS | PLANTELES | | | | |
|---|-----------|---|---|---|---|
| | V | N | A | S | O |
| 3.- Teoría de Darwin y Lamarck sobre mecanismos de Evolución. | X | X | X | X | X |
| 4.- Mecanismos de selección natural, adaptación y mutación. | X | X | X | X | X |
| 5.- Evidencias evolutivas; fósiles. | X | X | X | X | X |
| IV.- INTERACCION | | | | | |
| 1.- Terminología. | X | X | X | X | X |
| 2.- Factores bióticos y abióticos de un ecosistema. | X | X | X | X | X |
| 3.- Características de los diversos ecosistemas. | X | X | X | X | X |
| 4.- Flujo de energía en las cadenas alimenticias, en el medio acuático y terrestre. | X | X | X | X | X |
| 5.- Metodología de campo. | | | | | |

Figura 2. Contenido temático de Biología I en el año de 1972. Se aprecian las unidades II y III en donde están los temas de genética y evolución, respectivamente. (Obtenido de: Compilación de programas CCH, 1972)

Dentro del plan actual de estudios del CCH (Fig. 3) el tema de la genética se presenta en el tercer semestre en la asignatura de Biología I durante la Unidad III «¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?» (Fig. 4a). El objetivo principal es que *el alumno identifique los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética, como responsables de la continuidad y cambio en los sistemas biológicos, para que comprenda su importancia biológica y evolutiva.* Esta Unidad se encuentra dividida en dos grandes temáticas (1) Reproducción y (2) Herencia. Dentro de la última, hay cinco temas de los cuales cuatro están directamente relacionados

con la herencia biológica y uno hace referencia a las implicaciones tecnológicas que han sido resultado de la profesionalización de la genética (CCHc, 2018).

Para el caso de la evolución biológica, se comienza con la publicación de «El Origen de las Especies» en 1859. Este tema, particularmente, permite explicar diferentes fenómenos biológicos que son relevantes en la actualidad como la resistencia a los antibióticos, las variedades entre las especies (ya sean importancia comercial o domésticas), la diversidad humana y también, fenómenos que son consecuencia de la evolución, como la gran diversidad de especies (Díaz de la Fuente, 2013). La teoría continúa siendo objeto de estudio de la biología, lo que complica la comprensión de la misma por estudiantes de todos los niveles educativos y por algunos miembros de la academia (Marco *et al.*, 2011).

| Semestre | MAPA CURRICULAR DEL PLAN DE ESTUDIOS ACTUALIZADO | | | | | | TOTAL Horas/ Créditos | |
|---|--|--|---|---|---|---|-----------------------|----------------|
| 1* | Asignatura | Matemáticas I Álgebra y Geometría | Taller de Computo* | Química I | Historia Universal Moderna y Contemporánea I | Taller de Lectura, Redacción e Iricación a la Investigación Documental I | Lengua Extranjera I | 28/24 56/48 |
| | Horas Créditos | 5 10 | 4 3 | 5 10 | 4 8 | 6 12 | 4 8 | |
| 2 | Asignatura | Matemáticas II Álgebra y Geometría | Taller de Computo* | Química II | Historia Universal Moderna y Contemporánea II | Taller de Lectura, Redacción e Iricación a la Investigación Documental II | Lengua Extranjera II | 28/24 56/48 |
| | Horas Créditos | 5 10 | 4 3 | 5 10 | 4 8 | 6 12 | 4 8 | |
| 3* | Asignatura | Matemáticas III Álgebra y Geometría Analítica | Física I | Biología I | Historia de México I | Taller de Lectura, Redacción e Iricación a la Investigación Documental III | Lengua Extranjera III | 29 58 |
| | Horas Créditos | 5 10 | 5 10 | 5 10 | 4 8 | 6 12 | 4 8 | |
| 4* | Asignatura | Matemáticas IV Álgebra y Geometría Analítica | Física II | Biología II | Historia de México II | Taller de Lectura, Redacción e Iricación a la Investigación Documental IV | Lengua Extranjera IV | 29 58 |
| | Horas Créditos | 5 10 | 5 10 | 5 10 | 4 8 | 6 12 | 4 8 | |
| | | Primera Opción | Segunda Opción | Tercera Opción | Cuarta Opción | Quinta Opción | | |
| | | Optativas | Optativas | Obligatoria | Optativas | Optativas | | |
| 5* | Asignatura | • Cálculo Integral y Diferencial I • Estadística y Probabilidad I • Cibernética y Computación I | • Biología III • Física III • Química III | Filosofía I 4 8 Optativa • Temás Selectos de Filosofía I | • Administración I • Antropología I • Ciencias de la Salud I • Ciencias Políticas y Sociales I • Economía I • Geografía I • Psicología I • Teorías de la Historia I | • Griego I • Latín I • Lectura y Análisis de Textos Literarios I • Taller de Comunicación I • Taller de Diseño Ambiental I • Taller de Expresión Gráfica I | 4 8 | 28 56 |
| | Horas Créditos | 4 8 | 4 8 | 4 8 | 4 8 | 4 8 | | |
| 6* | Asignatura | • Cálculo Integral y Diferencial II • Estadística y Probabilidad II • Cibernética y Computación II | • Biología IV • Física IV • Química IV | Filosofía II Optativa • Temás Selectos de Filosofía II | • Administración II • Antropología II • Ciencias de la Salud II • Ciencias Políticas y Sociales II • Derecho II • Economía II • Geografía II • Psicología II • Teorías de la Historia II | • Griego II • Latín II • Lectura y Análisis de Textos Literarios II • Taller de Comunicación II • Taller de Diseño Ambiental II • Taller de Expresión Gráfica II | 4 8 | 28 56 |
| | Horas Créditos | 4 8 | 4 8 | 4 8 | 4 8 | 4 8 | | |
| *La mitad de los alumnos cursarán en el primer semestre, la otra o en el segundo. En quinto y sexto semestres los alumnos cursarán siete materias: Filosofía; una materia de las opciones primera, segunda, cuarta y quinta; una de las opciones primera o segunda y una más de las opciones cuarta o quinta o bien Temás Selectos de Filosofía. | | | | | | | TOTAL DE HORAS | 166 |
| | | | | | | | TOTAL DE CRÉDITOS | 332 |

Figura 3. Plan de estudios actual del Colegio de Ciencias y Humanidades con las materias de Biología I y Biología II impartidas en el tercer y cuarto semestres (Obtenido y modificado de: CCH Sur, 2018).

Unidad 3. ¿Cómo se transmiten los caracteres hereditarios y se modifica la información genética?

| Propósitos: Al finalizar, el alumno: Identificará los mecanismos de transmisión y modificación de la información genética, como responsables de la continuidad y cambio en los sistemas biológicos, para que comprenda su importancia biológica y evolutiva. | | Tiempo: 35 horas |
|--|---|---|
| Aprendizajes | Temática | Estrategias sugeridas |
| El alumno: <ul style="list-style-type: none"> • Explica la meiosis como un proceso que antecede a la reproducción sexual y produce células genéticamente diferentes. • Compara diferentes tipos de reproducción asexual y sexual, tanto en procariontas como en eucariontas. • Reconoce las leyes de Mendel como la base de la explicación de la herencia en los sistemas biológicos. • Distingue a la herencia ligada al sexo y la codominancia como otros modelos de relación entre cromosomas y genes. • Distingue a la teoría cromosómica de la herencia como la explicación en la transmisión de los caracteres. • Aprecia que las mutaciones son fuente de cambio en los sistemas biológicos. • Reconoce las implicaciones biológicas y éticas de la manipulación del material genético. • Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información confiable proveniente de diferentes fuentes que contri- | 1. Reproducción <ul style="list-style-type: none"> • Meiosis y gametogénesis. • Nivel individuo. 2. Herencia <ul style="list-style-type: none"> • Herencia mendeliana. • Variantes de la herencia mendeliana. • Teoría cromosómica de la herencia. • Mutación y cambio genético. • Manipulación del DNA. | El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren algunas de las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> • Detecta las ideas previas de los alumnos acerca de la reproducción y herencia en los sistemas biológicos. • Emplea en clase diversos materiales y recursos, tanto escritos, visuales como digitales para el logro del aprendizaje de los alumnos, con base en la temática planteada. • Promueve la aplicación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas por los alumnos, durante el desarrollo de la unidad, a la solución de problemas o la realización de una investigación escolar, con relación a la temática abordada. • Orienta la discusión y análisis de la información y la comparación entre las ideas previas de los alumnos y los contenidos abordados. • Plantea escenarios, problemas o modelos que permitan aplicar los métodos propios de la biología en la construcción de conocimientos. • Promueve actividades que permiten al alumno recapitular lo aprendido, a través de discusiones grupales, exposiciones e informes de manera oral y/o escrita, de las investigaciones escolares. El logro de los aprendizajes por parte de los alumnos representa la finalidad de la acción didáctica, por lo que se propone que las actividades que éstos realicen estén abocadas a: <ul style="list-style-type: none"> • La búsqueda de información en libros, revistas o Internet, de acuerdo a las indicaciones del profesor/a, referente a la reproducción y la herencia. |

Figura 4a. Unidad 3 del plan de estudios del CCH de la materia de Biología I en donde se abordan temas de genética. (Obtenido y modificado de: CCHc, 2018).

Debido a que existen errores muy frecuentes en la enseñanza del tema de la evolución biológica (por ejemplo, la mezcla involuntaria en el alumnado tanto de la teoría lamarckista como de la darwinista) (Tejada *et al.*, 2013), el personal docente tiene como objetivo lograr que sus estudiantes comprendan apropiadamente los conceptos y procesos evolutivos para que así puedan incorporar esta información a su vida cotidiana (Rivas & González-García, 2016). Cuando se aborda el tema de «Evolución», es necesario familiarizarse con los errores más comunes en la interpretación de las teorías para identificarlos y crear estrategias adecuadas para evitarlos (Gregory, 2009). Gran parte del reto al momento de enseñar este

tema es que muchos estudiantes tienen dificultad para asociar este proceso tan abstracto con la vida cotidiana (Heddy & Sinatra, 2013).

En el plan de estudios mencionado anteriormente, el tema de la evolución biológica se presenta en el cuarto semestre de los estudios de bachillerato en la asignatura de Biología II durante la Unidad 1 «¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?» (Fig. 4b). El objetivo principal es que *el alumno identifique los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo*. Esta unidad se encuentra dividida en tres grandes temáticas: (1) Origen de los sistemas biológicos, (2) Evolución biológica, y (3) Diversidad de los sistemas biológicos y tanto la primera como la segunda temática, abordan las teorías y el pensamiento evolutivos (CCHc, 2018).

Unidad 1. ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?

| Propósitos: Al finalizar, el alumno: Identificará los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo. | | Tiempo: 40 horas |
|---|--|---|
| Aprendizajes | Temática | Estrategias sugeridas |
| El alumno: <ul style="list-style-type: none"> Reconoce distintas teorías sobre el origen de los sistemas biológicos, considerando el contexto social y etapa histórica en que se formularon. Identifica que la teoría quimiosintética permite explicar la formación de los precursores de los sistemas biológicos en las fases tempranas de la Tierra. Describe los planteamientos que fundamentan el origen evolutivo de los sistemas biológicos como resultado de la química prebiótica y el papel de los ácidos nucleicos. Reconoce la endosimbiosis como explicación del origen de las células eucariotas. Identifica el concepto de Evolución biológica. Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin–Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo. Relaciona los eventos más significativos en la historia de la vida de la Tierra con la escala del tiempo geológico. | 1. Origen de los sistemas biológicos <ul style="list-style-type: none"> Explicaciones acerca del origen de la vida. Teoría quimiosintética. Modelos precelulares. Teoría de endosimbiosis. 2. Evolución biológica <ul style="list-style-type: none"> Evolución. Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo. Escala de tiempo geológico. | El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren algunas de las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> Detecta las ideas previas de los alumnos acerca del origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos. Emplea en clase diversos materiales y recursos, tanto escritos, visuales como digitales para el logro del aprendizaje de los alumnos, con base en la temática planteada. Promueve la aplicación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas por los alumnos, durante el desarrollo de la unidad, a la solución de problemas o la realización de una investigación escolar, con relación a la temática abordada. Orienta la discusión y análisis de la información y la comparación entre las ideas previas de los alumnos y los contenidos abordados. Plantea escenarios, problemas o modelos que permitan aplicar los métodos propios de la biología en la construcción de conocimientos. Promueve actividades que permiten al alumno recapitular lo aprendido, a través de discusiones grupales, exposiciones e informes de manera oral y/o escrita, de las investigaciones escolares. El logro de los aprendizajes por parte de los alumnos representa la finalidad de la acción didáctica, por lo que se propone que las actividades que éstos realicen estén abocadas a: <ul style="list-style-type: none"> La búsqueda de información en libros, revistas o Internet, de acuerdo a las indicaciones del profesor/a, referente al origen, diversidad y evolución de los sistemas biológicos. |
| Aprendizajes | Temática | Estrategias sugeridas |
| <ul style="list-style-type: none"> Aprecia las evidencias paleontológicas, anatómicas, moleculares y biogeográficas que apoyan las ideas evolucionistas. Identifica el concepto de especie biológica y su importancia en la comprensión de la diversidad biológica. Conoce los criterios utilizados para clasificar a los sistemas biológicos en cinco reinos y tres dominios. Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información confiable proveniente de diferentes fuentes que contribuyan a la comprensión del origen, evolución y diversidad de sistemas biológicos. Realiza investigaciones en las que aplica conocimientos y habilidades, al fomentar actividades con las características del trabajo científico y comunicará de forma oral y escrita los resultados empleando un vocabulario científico. Reconoce la importancia del papel de la ciencia en la conservación de la biodiversidad. Muestra actitudes favorables hacia el trabajo colaborativo. Muestra una actitud crítica y reflexiva ante la relación ciencia–tecnología–sociedad–ambiente. Valora el conocimiento científico y tecnológico como parte del patrimonio de nuestro país y de la humanidad. Aplica habilidades, actitudes y valores en el diseño de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso. | <ul style="list-style-type: none"> Evidencias de la evolución. Especie biológica. 3. Diversidad de los sistemas biológicos <ul style="list-style-type: none"> Características generales de los dominios y los reinos. | <ul style="list-style-type: none"> La participación en actividades prácticas de laboratorio donde el alumno desarrolle aprendizajes de contenidos procedimentales y destrezas en el manejo de equipo y material de laboratorio. La elaboración de esquemas u organizadores gráficos, que les faciliten la comprensión de la temática. La selección, organización y expresión de la información en forma oral y/o escrita. La elaboración de modelos y otras representaciones que les faciliten a comprensión de los temas abordados en la unidad. |

Figura 4b. Unidad 1 del plan de estudios del CCH de la materia de Biología II en donde se abordan temas de evolución. (Obtenido y modificado de: CCHc, 2018).

Ambas unidades coinciden en que, desde la enseñanza de la biología, se desea fomentar habilidades tales como la observación, la formulación de explicaciones personales, la capacidad de comparar las características de los seres vivos, la formulación de preguntas y conjeturas razonables, la toma de decisiones responsables e informadas y compartir y discutir información. Asimismo, se busca fortalecer valores como el respeto a sí mismo, a otros seres vivos y al ambiente. Como se mencionó anteriormente, la ciencia permite entender el entorno en el cual los y las estudiantes se están desarrollando por lo que podrán enfrentarse a problemas no sólo de índole nacional, sino también global y las diferentes áreas de la biología, como la evolución, la genética, la biotecnología y la ecología -sólo por mencionar algunas- ayudarán a que los futuros profesionistas, egresados del bachillerato, puedan resolver los problemas de las sociedades modernas (Barahona & Cortés, 2008).

De la misma manera, la genética y la biología evolutiva ayudan a complementar las explicaciones sobre nuestros orígenes, nuestra historia de vida, las funciones realizadas como organismos y cómo interactuamos con otras formas de vida, pero no sólo a nivel biológico, también permite entender y reconstruir la historia de la cultura humana, de los lenguajes y su impacto se extiende hasta los campos de la biomedicina y en campos no biológicos como la ingeniería, las ciencias de la computación e incluso en el sistema de justicia (Losos *et al.*, 2013), por esto, enseñar biología en el bachillerato no es tan trivial como pudiera parecer y el cuerpo docente debe esmerarse en atraer al estudiantado al campo de las ciencias, independiente de si será parte de los estudios de nivel superior y de la vida futura a la que desean aspirar.

Capítulo 3

La representación visual de la genética y la evolución

Desde la filosofía de la ciencia y en particular desde el campo de los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, las imágenes científicas han adquirido gran interés, pues a partir de la década de 1990 se ha vuelto la mirada hacia la diversa gama de imágenes producidas y el análisis de éstas en la construcción del conocimiento; a esto hoy en día se le conoce como el *giro pictórico*. Asimismo, se han planteado preguntas sobre cómo y qué es lo que sucede cuando éstas imágenes viajan fuera del ambiente académico y se propagan en otros contextos (Burri & Dumit, 2008).

El uso de imágenes en la ciencia puede sintetizar una idea, describir relaciones espaciales y de objetos, facilitar la apropiación de un concepto, intercambiar ideas o mostrar qué es lo que se entiende acerca de un tema. Su potencial radica en la capacidad de alcance en distintas audiencias o en un determinado contexto. Además, son herramientas útiles para transmitir cierto tipo de conocimiento con lo cual es necesario extremar precauciones al producirlas, pues debe estar vinculada a su contexto, de lo contrario, las imágenes pueden causar –y/o acarrear– errores conceptuales en cualesquiera que sean los contextos en los que se difundan (Pauwels, 2008).

En biología frecuentemente se utilizan las imágenes como una herramienta importante de las investigaciones que se realizan en los laboratorios y pueden estar conformadas por diagramas, fotografías, dibujos, mapas, gráficas o simulaciones

computarizadas. Todas éstas son vías de comunicación que generalmente quedan plasmadas en publicaciones arbitradas (artículos científicos de investigación) y, eventualmente, en libros de texto. Las representaciones visuales son *representaciones externas en las que se interpretan algunas relaciones espaciales en la imagen y, por lo tanto, transmiten contenido* (Perini, 2013). La información proporcionada por las imágenes hace referencia a la localización de diferentes partes del objeto que se está representando (Postigo & López-Manjón, 2012).

Las imágenes no son autoexplicativas y en su mayoría, siempre estarán acompañadas por algún texto que implique una descripción de éstas, ya que pueden ayudar al estudiante a que interiorice el conocimiento o lo relacione directamente con alguna de las partes de la imagen (Cruz-Castillo, 2017), así como algunas de sus cualidades que las acompañan como la orientación de las formas en el espacio, el uso del color, la ampliación de ciertos detalles y las secuencias de imágenes pues la interpretación de las mismas se puede dar de una manera más apropiada (Myers, 1988; Palacios, 2006).

Actualmente, la sociedad se ve influenciada por la gran cantidad de imágenes que distribuyen los medios de comunicación y las redes sociales por lo que el campo de la educación y la enseñanza ha tenido que adecuarse a esta situación para mejorar el aprendizaje del estudiantado. Esto se ha logrado a través de la innovación en las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) y el diseño de las imágenes en los libros de texto (Palacios, 2006).

Una de las disciplinas biológicas (o de las ciencias de la vida) que más relevancia ha tenido es la genética, que estudia la variación y la herencia de los caracteres biológicos con lo cual se pueden entender los cambios y procesos evolutivos (Barahona & Cortés, 2008). Para abordar todos los temas relacionados con esta disciplina científica se han seleccionado

las imágenes más frecuentes en libros de texto que siguen el plan de estudios del CCH. Así pues, en los inicios del Colegio, se usaba como bibliografía recomendada para el alumno el libro *Biología. Unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos* que es una adaptación al castellano del libro *Biological science: an inquiry into life: a revision of BSCS High School biology* de John Moore, por parte del Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología (CNEB) y que fue auspiciado por la Universidad Nacional Autónoma de México y por el Instituto Politécnico Nacional.

Respecto a las imágenes de los libros de la década de 1990 y 2000, se utilizaron dos textos editados por profesores del CCH y que están disponibles en versión digital para todas las personas que requieran descargarlo desde la página de internet del portal académico del CCH³. Asimismo, se utilizan dos libros de la editorial Castillo/Macmillan que son utilizados tanto para el CCH como para la ENP y en escuelas de bachillerato particulares. Dentro de las imágenes más frecuentes para el tema de la herencia biológica está la figura de Gregor Mendel (1822-1884)⁴ como el principal científico representante de la genética (Fig. 5 y anexo 1). No sólo la imagen de Mendel es de las primeras en aparecen en los libros de texto, sino que, de igual manera, la imagen subsecuente es la de la morfología de la planta del chícharo (Fig. 6 y anexo 2) por la importancia al interior de los experimentos de cruizas y sus resultados.

³ <https://portalacademico.cch.unam.mx/profesor/materialdidactico/paquetesdidacticos>

⁴ En los libros revisados, la fotografía de Gregor Mendel es muy similar, pues sólo tiene pequeñas variaciones relacionadas con la orientación del perfil (izquierda o derecha), la fuente de donde se obtuvo la imagen y los colores; una es en blanco y negro y la otra es a color.

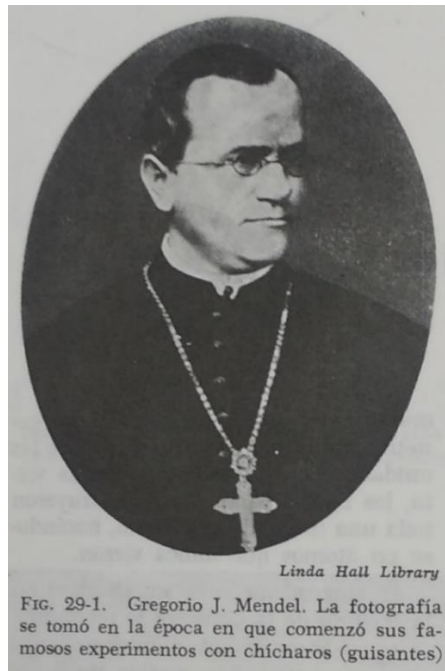


Figura 5. Gregor Mendel como el principal representante de la genética (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

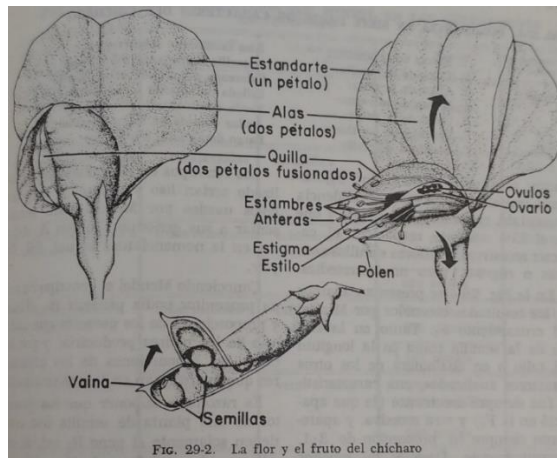


Figura 6. Dibujo de la anatomía de la flor del chícharo, así como su vaina y semillas (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

Otras de las imágenes que comparten los libros, dentro de este mismo tema, es un cuadro descriptivo de las características de la planta del chícharo que fueron seleccionadas por Mendel para realizar sus experimentos⁵ (Fig. 7, anexo 3 y anexo 4). Esta imagen es ampliamente utilizada en las clases del nivel bachillerato, pues resume mucha de la información que posee el artículo original de Mendel⁶, tanto de los caracteres utilizados como de sus resultados.

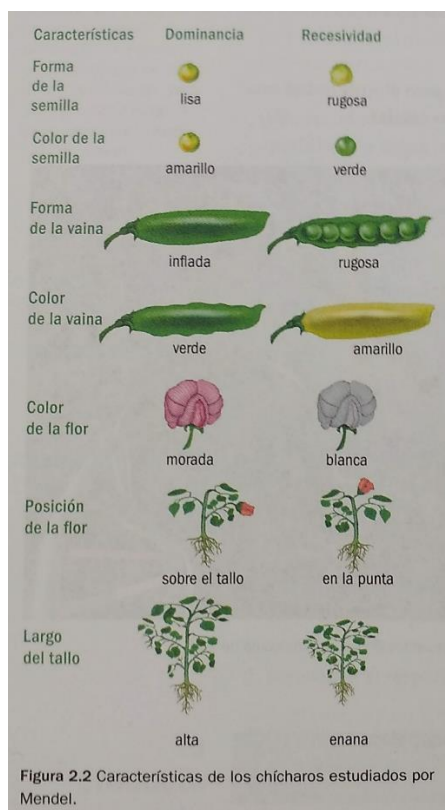


Figura 7. Cuadro con las características de la planta del chícharo que fueron seleccionadas por Mendel (Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

⁵ Los cuadros tienen variaciones en cuanto a tamaño, color, orden de las características y sólo uno posee *resultados obtenidos*. En sólo uno de los libros, el cuadro viene acompañado de dibujos que representan las características. Se incluyen imágenes de flores, vainas, tallos y semillas.

⁶ Véase Mendel, G. (1865). *Experiments in plant hybridization*. *Versuche über Pflanzenhybriden*. *Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn, Bd. IV für das Jahr 1865*, Abhandlungen, 3–47.

Al analizar los libros de texto, se encontraron imágenes de gran similitud para representar los resultados de las cruzas experimentales de Gregor Mendel, es decir, de manera visual, las reglas básicas de la transmisión genética o lo que comúnmente se conoce como las *Leyes de Mendel*. Para la *Primera ley*, se ilustra la segregación de caracteres durante la meiosis, la uniformidad a través de árboles genealógicos en donde los progenitores son *líneas puras* y los caracteres mediante letras mayúsculas y minúsculas, las cuales representan los conceptos de dominancia y recesividad, respectivamente. Asimismo, se integra la *Segunda ley* en la que se da la reconocida relación 3:1, que implica los resultados de heterocigotos dominantes y homocigotos recesivos (Fig. 8, anexo 5, anexo 6, anexo 7, anexo 8 y anexo 9).

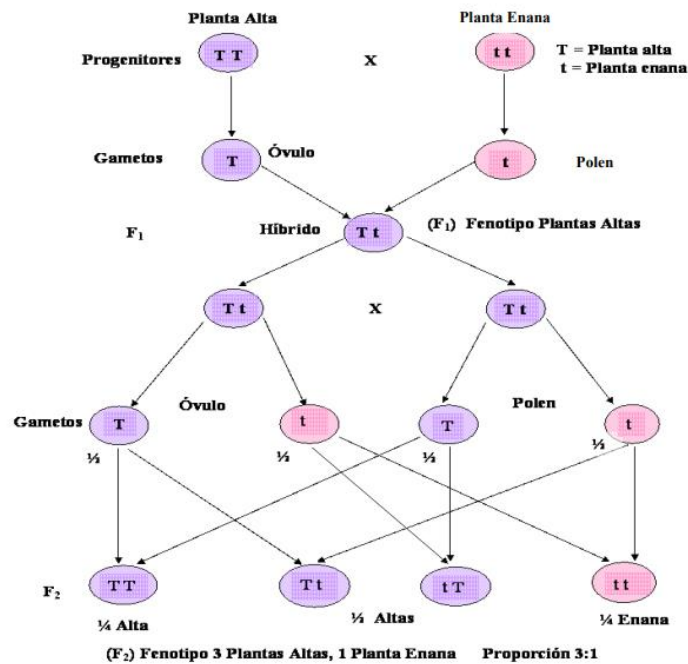


Fig. 5.4. Primera Ley de Mendel, en el ejercicio se puede ver la cruce entre una planta alta (T) y una enana (t) y la descendencia que se obtiene en la primera y segunda generaciones.

Figura 8. Árbol genealógico que representa la *Primera y Segunda ley de Mendel*, los resultados obtenidos y los conceptos de dominancia y recesividad (Obtenida y modificada de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

El tema que sigue a las *Leyes de Mendel* en los libros de texto es el de la genética de T. H. Morgan, donde sólo se encontró una fotografía que ayuda a identificarlo (Fig. 9). También, hay imágenes de 1970 que aluden al organismo *Drosophila melanogaster*, en el cual se basaron las investigaciones de Morgan; profundizando en las características cromosómicas, la determinación del sexo, la morfología y el dimorfismo sexual del organismo (Fig. 10, Fig. 11 y Fig. 12). De igual manera se ilustran los mecanismos *no mendelianos* de transmisión de herencia genética tales como la herencia ligada al sexo, la dominancia incompleta y la codominancia, producto de los trabajos del mismo Morgan.

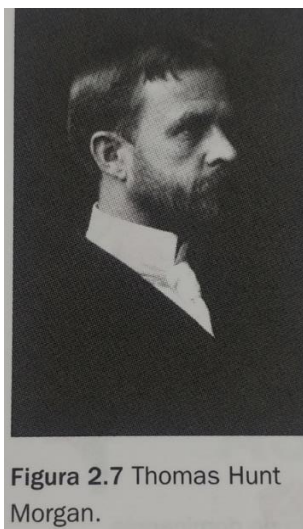


Figura 9. Fotografía de T. H. Morgan (Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

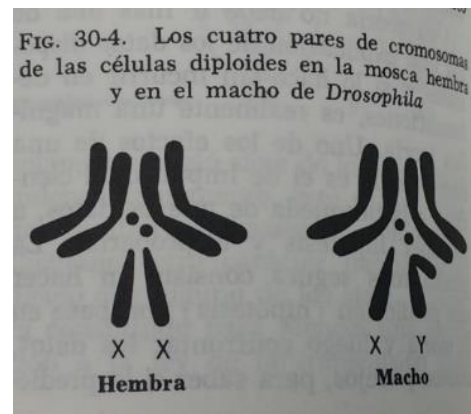


Figura 10. Representación de los cromosomas de *D. melanogaster*, tanto de hembra como de macho (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

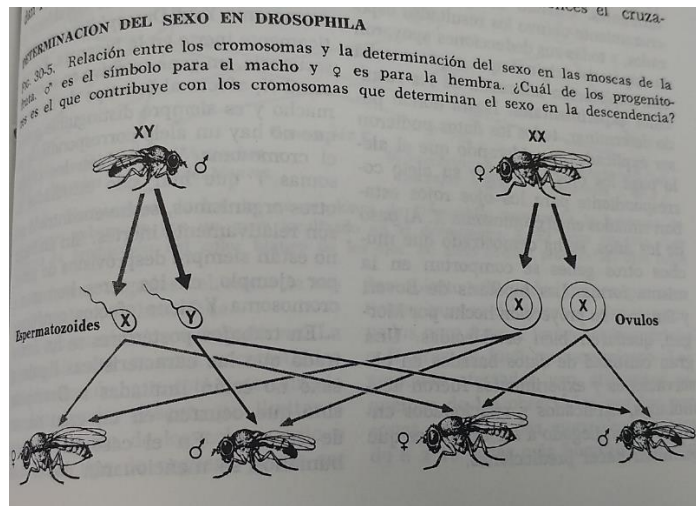


Figura 11. Árbol genealógico que representa la determinación del sexo en *D. melanogaster* (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).



Figura 12. Fotografía que ilustra el dimorfismo sexual en *D. melanogaster*. (Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

Para el tema de la herencia ligada al sexo, los libros toman como referencia dos grandes ejemplos. El primero es el del descubrimiento de Morgan al momento de realizar sus experimentos con *D. melanogaster*, la mutación de los ojos blancos en los machos de esta especie (Fig. 13, anexo 10).

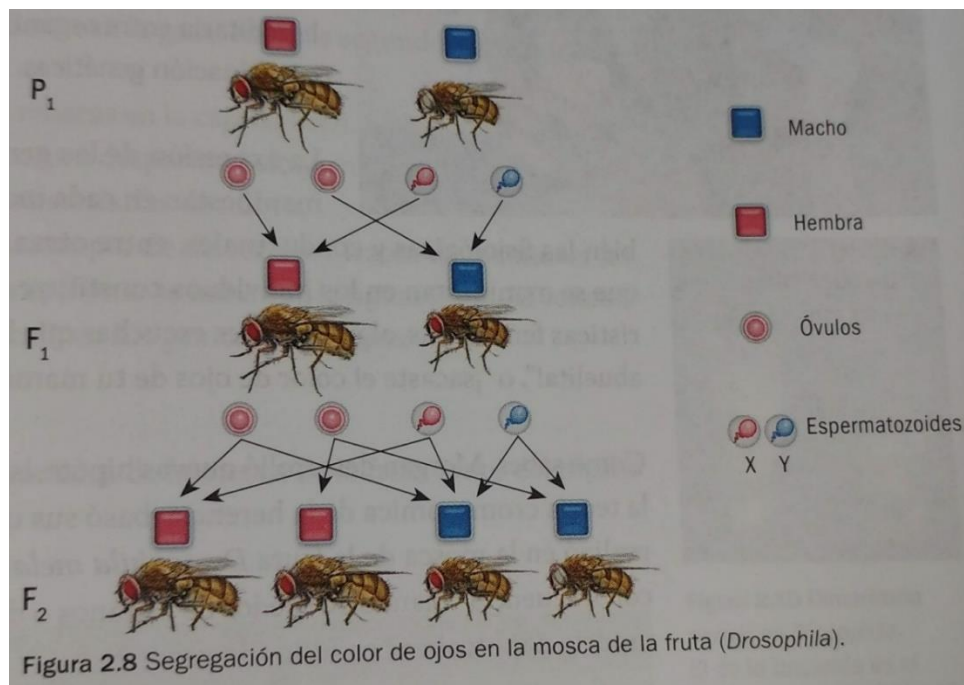


Figura 13. Árbol genealógico de *D. melanogaster* que busca ilustrar la herencia ligada al sexo tomando de ejemplo el color de los ojos de la mosca (Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

El segundo ejemplo de herencia ligada al sexo alude a las mutaciones que expresan enfermedades en seres humanos, en particular, la hemofilia, el daltonismo y el síndrome o enfermedad de Tay-Sachs (Anexo 11, anexo 12, anexo 13 y anexo 14). Únicamente en el libro de texto de 1970, se explica el caso de la familia real británica a través de un árbol genealógico que va desde la Reina Victoria hasta los últimos miembros de la descendencia registrados hasta ese momento (Fig. 14). En el caso de los otros libros, sólo se hace mención de la enfermedad y se esquematiza en un árbol genealógico hipotético.

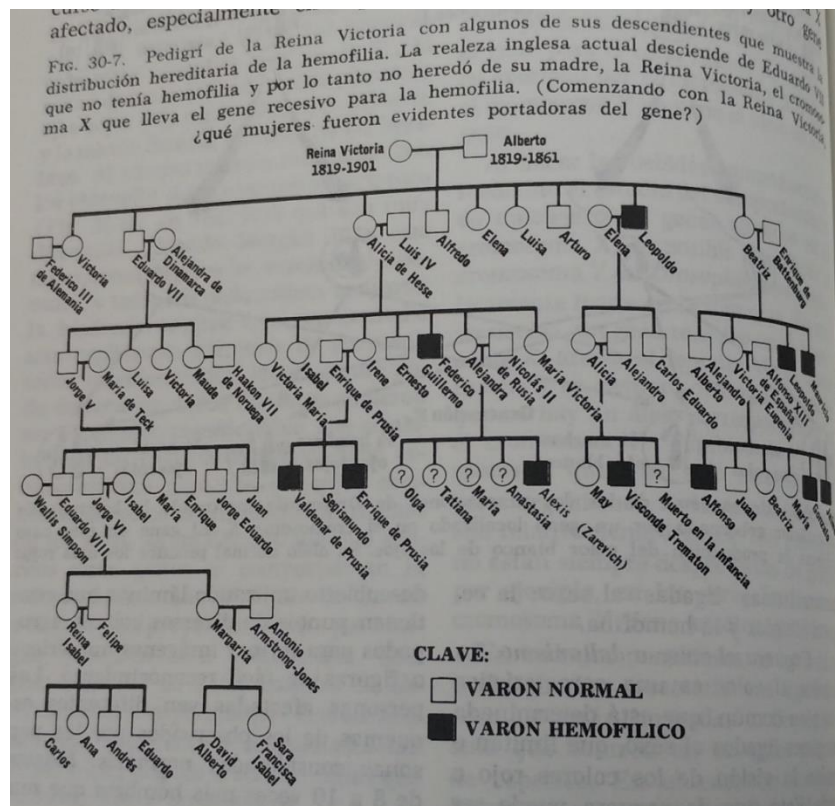


Figura 14. Árbol genealógico de la familia real británica que ejemplifica la herencia ligada al sexo a través de la enfermedad de la hemofilia (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

Poco después de la secuenciación de la bacteria *Haemophilus influenzae*, que fue el primer organismo del cual se obtuvo el genoma completo en 1995, se abrieron líneas de investigación específicamente dedicadas a esta actividad y fue hasta el año 2001 cuando el Proyecto de Genoma Humano (PGH) publicó sus resultados en la renombrada revista *Nature* (Martínez, 2004; NHGRI, 2018).

Dichos resultados, junto con los de otros organismos, influyeron en la enseñanza de la genética y de la evolución. Tal es el caso de la comparación de organismos de acuerdo con el tamaño de su genoma y su complejidad que en ocasiones se asocia erróneamente con un *supuesto grado de evolución* (Fig. 15). Este tipo de errores puede deberse al contexto en el que las imágenes se desarrollaron, pues la visión reduccionista del momento contaba con una carga teórica antropocéntrica en la que la secuenciación del genoma humano tenía por objetivo hallar el origen de algunas enfermedades genéticas que tiempo después se asociaron con diferentes tipos de poblaciones (Reardon, 2009; Yudell *et al.*, 2016).

Por último, los libros de texto abordan el tema de las mutaciones cromosómicas y aquí se ilustran a través de dos maneras. La primera es con fotografías o dibujos de cariotipos y la segunda es con cuadros que detallan las mutaciones y sus características (Fig. 16, anexo 15 y anexo 16). Cabe destacar que algunos cariotipos del libro de 1970 corresponden a los resultados obtenidos por Salvador Armendares Sagrera⁷, quien comenzaba a utilizar estas técnicas con fines clínicos (Barahona, 2017).

⁷ Estudió Medicina en la Facultad de Medicina de la UNAM y terminó la especialidad en Pediatría en el Hospital Infantil de México. Llevó a cabo su posgrado en el British Medical Research Council en Oxford, Inglaterra. Regresó a México y fundó la Unidad de Investigación en Genética Humana del Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social. En este lugar, dictó el primer curso de especialización de Genética Médica del país y uno de los primeros en Latinoamérica.

| - E V O L U C I O N A D O S + | Especie | Número de Genes | Número de pares de Bases (millones) | Fecha de Secuenciación |
|---|--|-----------------|--------------------------------------|------------------------|
| | <i>Escherichia coli</i> (bacteria) | 4,282 | 2.4 | 1998 |
| | <i>Saccharomyces cerevisiae</i> (levadura) | 6,000 | 13 | 1997 |
| | <i>Caenorhabditis elegans</i> (Nematodo) | 18,400 | 97 | 1998 |
| | <i>Drosophila melanogaster</i> (mosca de la fruta) | 14,200 | 140 | 2000 |
| | <i>Oryza sativa</i> (arroz) | 40,000 | 480 | 2000 |
| | <i>Homo sapiens</i> (hombre) | 30,000 | 3,300 | 2000 |

Fig. 5.16. Tamaño del genoma, puede verse como el número de genes de cada organismo aumenta en proporción a la complejidad y a la posición en la escala evolutiva, lo mismo ocurre con el número de pares de bases.

Figura 15. Cuadro comparativo de organismos secuenciados con relación en su número de pares de bases y asociándolos con una *escala evolutiva* (Obtenida y modificada de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

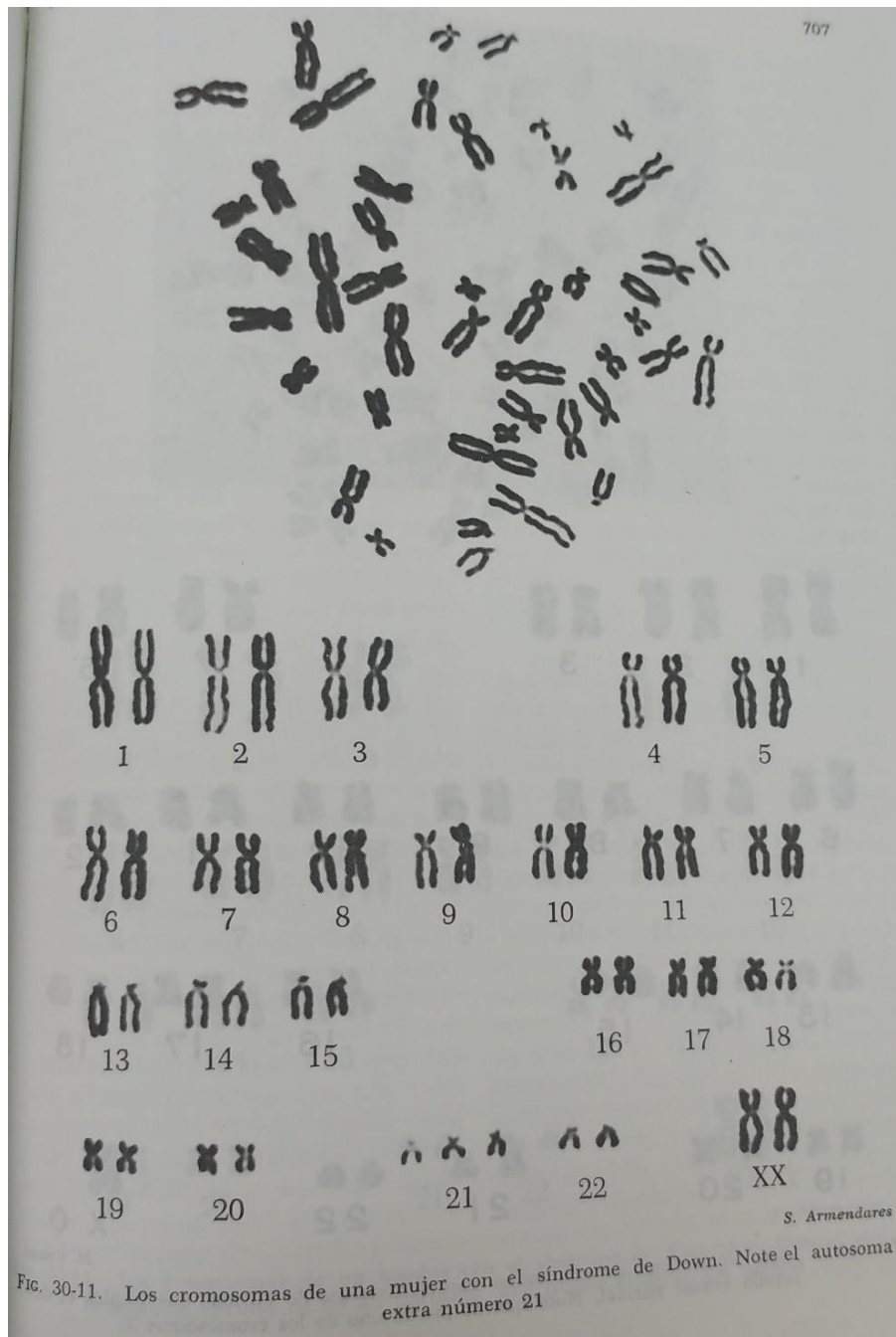


Figura 16. Cariotipo humano de una mujer con trisomía 21. El cromosoma adicional en el par 21 ocasiona el síndrome de Down (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

El siguiente tema que se aborda, de acuerdo con el plan de estudios del CCH, es el de la evolución biológica, destacando que se localiza en la Unidad 1 de la materia de Biología II que se imparte en el cuarto semestre, y éste va enfocado a explicar y permitir que el alumnado comprenda que el resultado de la evolución es la diversidad de los sistemas biológicos. A diferencia del tema de la genética, la teoría evolutiva ha presentado mucha controversia desde su publicación en 1859 y actualmente se le considera como un conjunto de teorías que están bien establecidas y a la selección natural como el mecanismo responsable de las características adaptativas (Barahona & Cortés, 2008; Gregory, 2009; CCHc, 2018).

Los libros de texto de donde se obtuvieron y analizaron las imágenes para la década de 1970 fue *Biología. Unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos* adaptado y traducido al castellano por parte del CNEB; para la década de 1990 y 2000 fueron los textos editados por profesores del CCH disponibles en versión digital y dos libros de la editorial Castillo/Macmillan, todos descritos anteriormente. Las imágenes más recurrentes al inicio son las de Charles Darwin (1809-1882) como el naturalista por excelencia (Fig. 17, anexo 17), el viaje de la embarcación *H.M.S. Beagle* (Fig. 17, anexo 18) y los pinzones de las islas Galápagos (Fig. 18, anexo 19 y anexo 20).

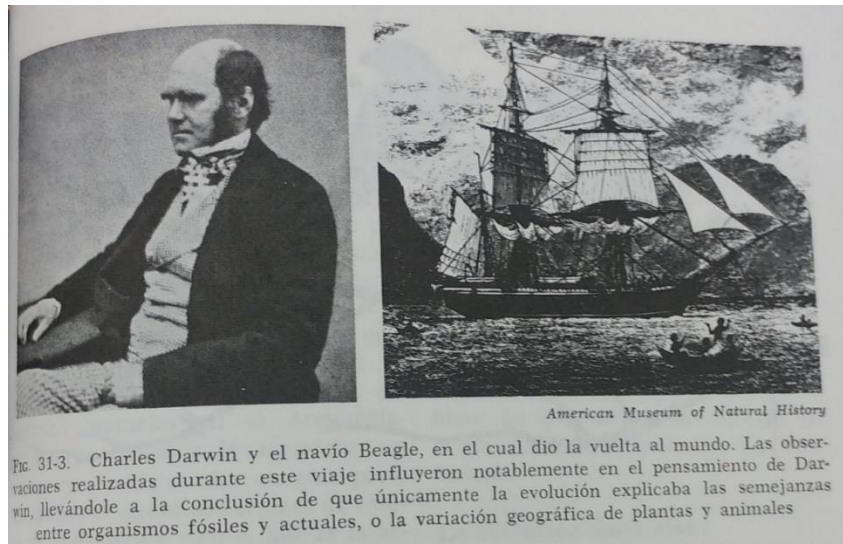


Figura 17. Darwin como naturalista representante de la evolución y el viaje de la embarcación *H.M.S. Beagle* como momento crucial para las primeras explicaciones evolutivas (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

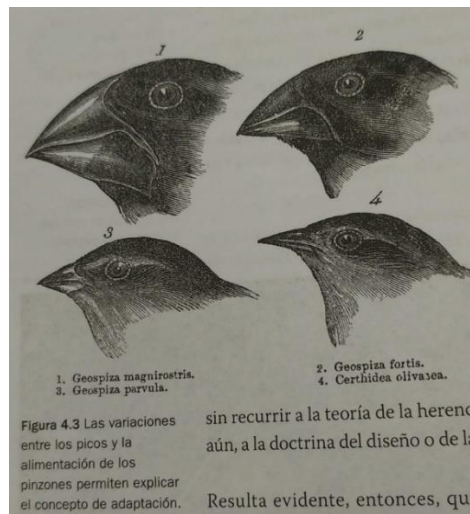


Figura 18. Las diferentes formas de los picos de los pinzones como modelo para explicar la adaptación (Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

En uno de los libros existe una comparación entre las propuestas de Lamarck y de Darwin (Fig. 19). Aunque viene acompañada de texto y se mencionan algunas diferencias básicas entre ellas, la imagen no es totalmente explícita ya que tiene la referencia de un supuesto esfuerzo que no se puede visualizar.

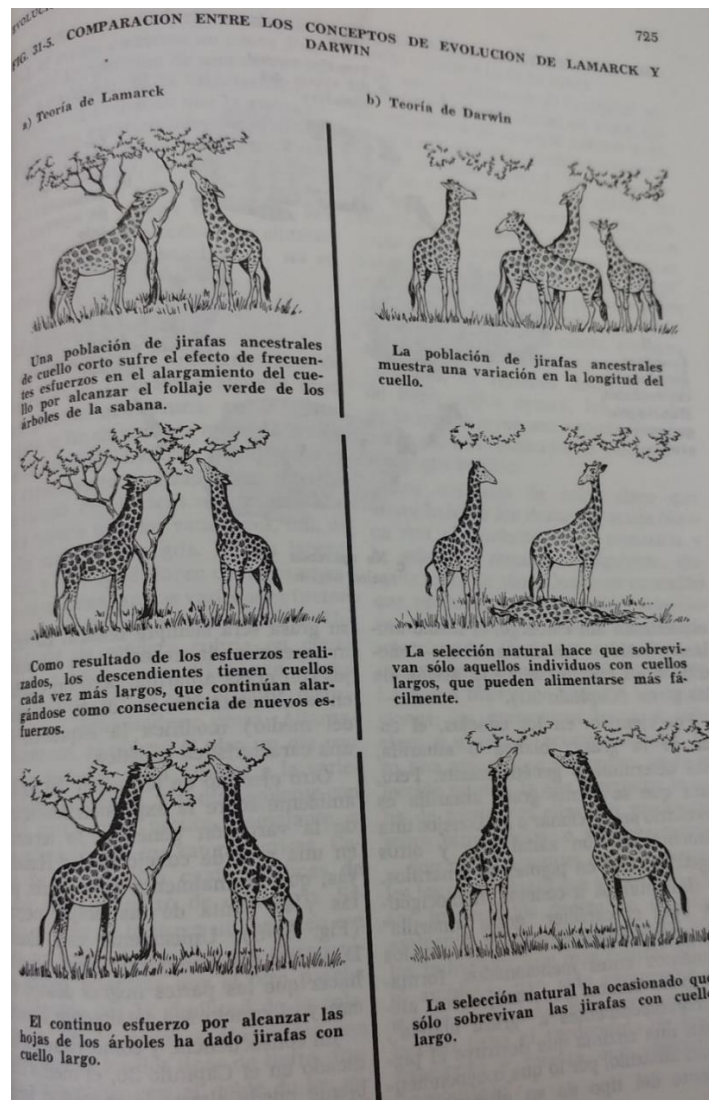


Figura 19. Comparación entre las propuestas de Lamarck y de Darwin sobre el cambio de los organismos (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

La imagen de la evolución del caballo (Fig. 20), generalmente, se presenta de dos maneras: la primera, como una evidencia *directa* de la evolución por ser parte del registro fósil; la segunda, como una línea en la que se aprecian cambios con respecto al tamaño corporal, la fusión de los dedos y la forma del cráneo. Un problema al que se hace referencia en esta imagen es la flecha que, aunque no está explicando algo en particular, denota una interpretación en la que existe una dirección que va desde la forma más ancestral a la reciente.

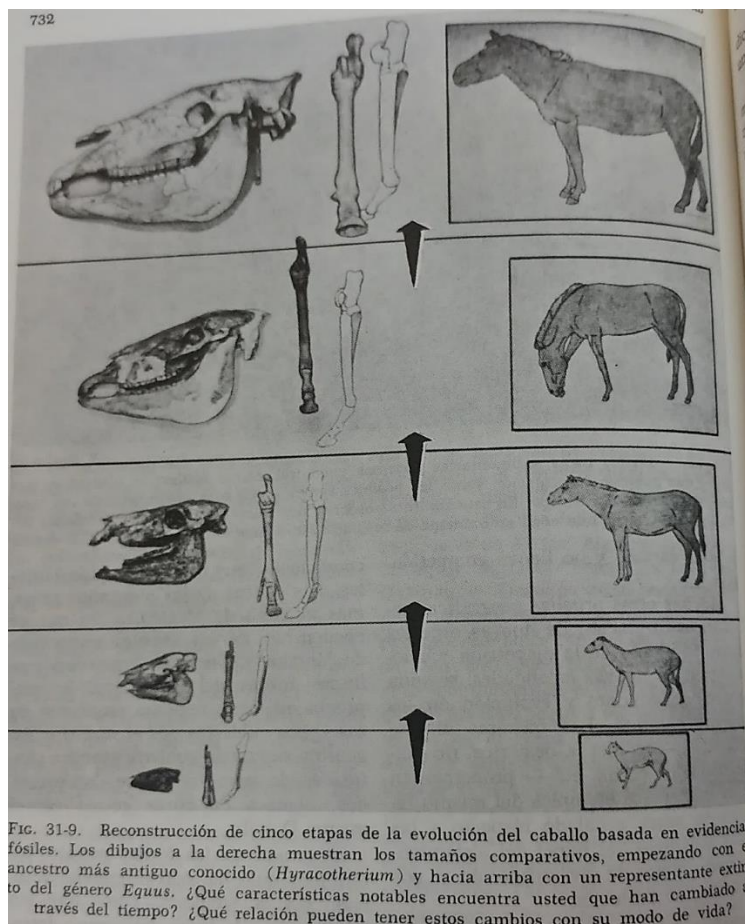


Figura 20. Reconstrucción lineal de la evolución del caballo con base en el registro fósil (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

Siguiendo con el plan de estudios, el tema subsecuente es el de *las aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo*, que comienza en la década de 1937 con Theodosius Dobzhansky, quien explicó los procesos evolutivos desde la genética en *Genetics and the Origin of Species*, con lo cual se abrió un camino que consolidaría el núcleo central del paradigma actual de la biología evolutiva con la selección natural y la genética mendeliana y que posteriormente sería conocida como la *Síntesis Moderna* o la *Teoría Moderna de la Evolución* (Torrens & Barahona, 2017). Uno de los exponentes de esta nueva síntesis es Ernst Mayr (Fig. 21), quien propone los modelos de especiación que coinciden en dos libros de texto (Fig. 22 y anexo 21). Relacionados con la Teoría Sintética, se desprenden los tipos de selección natural en donde se integra la genética de poblaciones, pero los libros de texto no profundizan en la metodología o el desarrollo de la misma (Fig. 23, anexo 22).

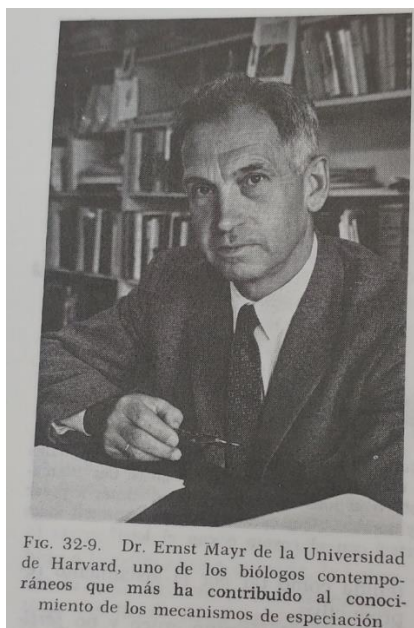


Figura 21. Ernst Mayr, colaborador de la teoría moderna de la evolución (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

Con base en lo anterior, se proponen distintos tipos de especiación:





| | | |
|-------------|---|--|
| Alopátrica | Es una forma de llamarle al aislamiento geográfico e indica que las poblaciones que quedaron aisladas, poco a poco, a lo largo de generaciones, serán genéticamente diferentes debido a la mutación, los cambios en las frecuencias alélicas a causa de la selección natural y la deriva génica y, al paso del tiempo, se podrá formar distintas especies. |  <p>Figura 4.24</p> |
| Peripátrica | Ocurre cuando una parte de la población funda otra en un sitio distinto, ya sea por migración, por cuello de botella por acción de una tormenta o por reducción del hábitat. |  <p>Figura 4.25</p> |
| Parapátrica | Si en una población los individuos sólo se aparean con sus "vecinos", que habitan en zonas con variaciones ecológicas, el flujo génico dentro de la población se reduce. No hay barreras geográficas. |  <p>Figura 4.26</p> |
| Simpátrica | Supón que hay una población que habita en un río (no hay barreras geográficas). En una columna de agua en el río hay diferentes condiciones de presión, temperatura y cantidad de oxígeno disuelto, lo que genera variaciones ecológicas en el río donde distintos individuos de la misma especie pueden vivir si tienen variaciones genéticas. Si los individuos de cada sección de la columna sólo se reproducen entre sí, a lo largo de muchas generaciones, por aislamiento reproductivo, se podría formar una nueva especie. |  <p>Figura 4.27</p> |

Figura 22. Cuadro descriptivo de los distintos tipos de especiación (Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

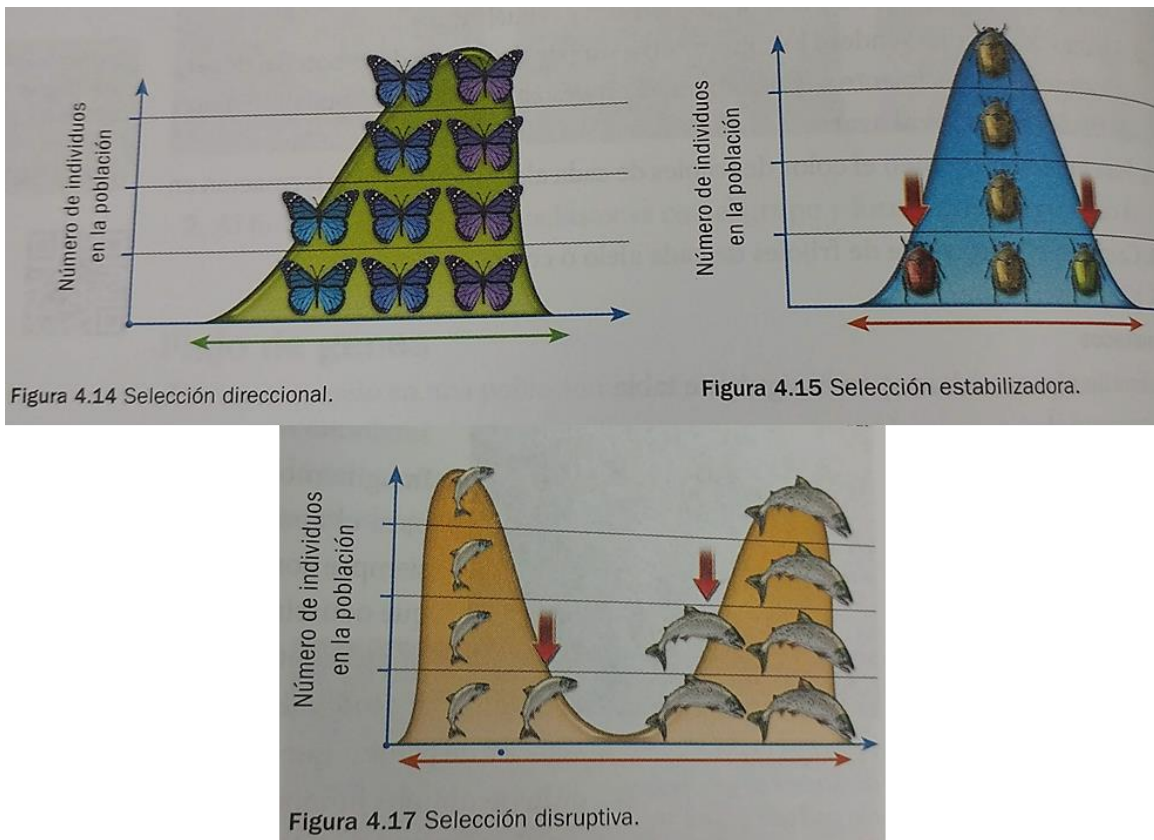


Figura 23. Gráficas de los tres tipos de selección desarrolladas en el tema de la Teoría Sintética
(Obtenida y modificada de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

El concepto más importante que los y las estudiantes pueden desarrollar para entender la evolución biológica está relacionado con la escala de tiempo geológico, pues concede la capacidad de entender que la evolución es un proceso que conlleva millones de años y cuyo resultado es la diversidad de seres vivos que habitan la Tierra (Torrens *et al.*, 2015). Para esto, sólo dos de los libros analizados presentan el tema de escalas geológicas o fósiles (Fig. 24, anexo 23).

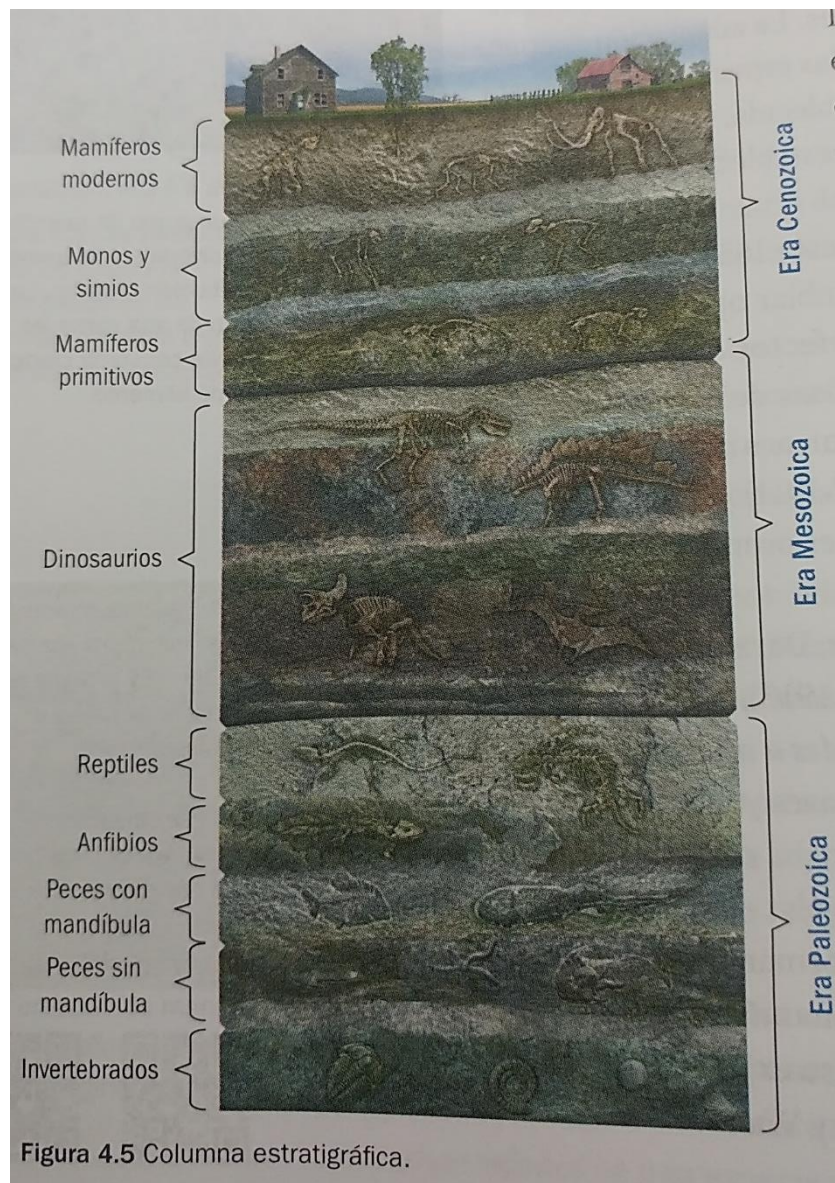


Figura 24. Escala de tiempo geológico que muestra diferentes eras y algunos fósiles índice (Obtenida y modificada de Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

Finalmente, y como elementos de cierre en el temario, las imágenes que se presentan son *las evidencias de la evolución*, las cuales se han agrupado en tres categorías: embriología comparada (Fig. 25, anexo 24 y anexo 25), las estructuras homólogas⁸ (Fig. 26 y anexo 26) y semejanzas en las secuencias moleculares de diferentes organismos (Fig. 27 y anexo 27).

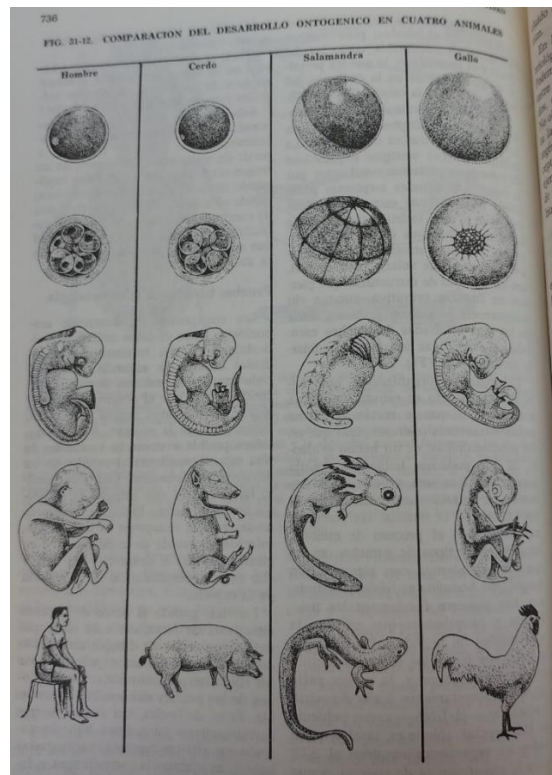


Figura 25. Cuadro comparativo del desarrollo embrionario en el ser humano, el cerdo, la salamandra y el gallo (Obtenida y modificada de: CNEB, 1970).

⁸ El término homología es propuesto por Richard Owen (1804-1892) en 1843 (véase Ochoa & Barahona. 2014. *El Jano de la morfología. De la homología a la homoplasia, historia, debates y evolución*. Capítulo 3) y está definida como la semejanza de determinadas partes entre organismos diferentes. De manera más sencilla, dos o más caracteres que comparten un origen o ancestro en común y permiten comprender la historia evolutiva de los organismos (Zaballos & Moreno, 2011).

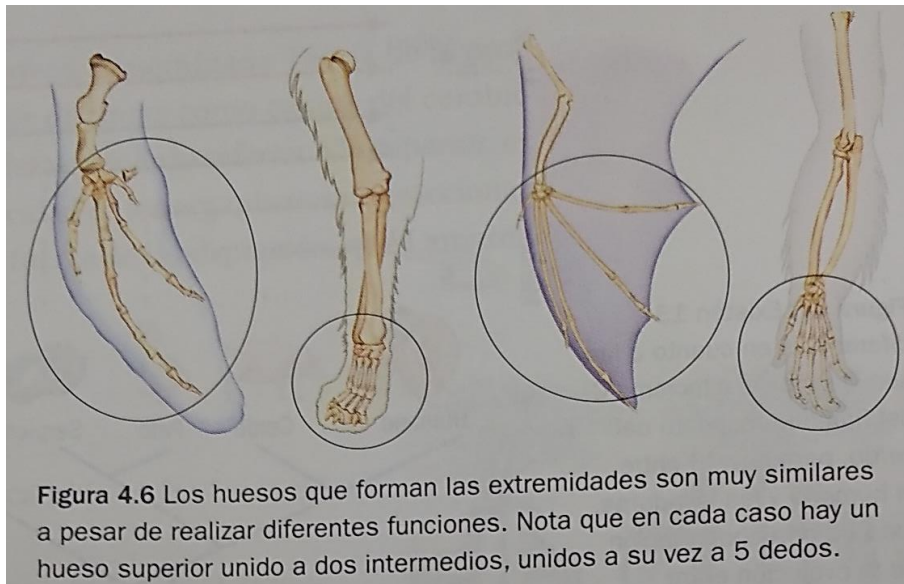


Figura 26. Comparación de estructuras homólogas en mamíferos (Obtenida y modificada de Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

| | | | | | | | | |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Hombre | Tir | Leu | Lis | Lis | Ala | Tre | Asn | Glu |
| Perro | Tir | Leu | Lis | Lis | Ala | Tre | Lis | Glu |
| Gallina | Tir | Leu | Lis | Asp | Ala | Tre | Ser | Lis |

Fig.2.16. Semejanzas y diferencias en la secuencia de aminoácidos que componen la porción terminal del citocromo C, en tres especies. Tamarin, 1996.

Figura 27. Comparación de la secuencia de residuos de aminoácidos del citocromo C en el ser humano, el perro y la gallina (Obtenida y modificada de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

Conclusiones

La transformación de los planes y programas de estudio de la educación media superior en el Colegio de Ciencias y Humanidades sobre los temas de genética y evolución ha sido el resultado de las investigaciones realizadas por la comunidad científica especializada, descritas a lo largo del presente trabajo, y que han logrado llegar hasta los libros de texto del bachillerato. Desde la publicación de «La estructura de las revoluciones científicas» de Thomas Kuhn (1962), los libros de texto adquirieron un enorme valor para el campo de los estudios sociales de la ciencia, pues él consideraba que los paradigmas (término que desarrolla a lo largo de su trabajo) quedan totalmente establecidos y aceptados por la comunidad científica cuando éstos llegan a los libros de texto.

El momento histórico en el cual se fundó el CCH resulta ser una época crucial, tanto de manera global como de manera local, pues la Guerra Fría ya se encontraba en marcha entre las dos grandes potencias mundiales que ambicionaban con hacer prevalecer su sistema político-económico y en México se habían suscitado la matanza de Tlatelolco en 1968 y unos meses después de la creación del CCH, el históricamente llamado *Halconazo*⁹. Ambos eventos fueron realizados por organizaciones estudiantiles de diferentes escuelas y niveles educativos que se manifestaban en contra de factores políticos del momento y en los que la población se veía afectada. Asimismo, el país se preparaba para la inauguración de los XIX Juegos Olímpicos y quienes asistieron a este evento, tanto atletas como espectadores, no fueron ajenos ni al contexto global ni al local.

⁹ [Recuperado de: <http://www.jornada.com.mx/2008/06/09/index.php?section=politica&article=018n1pol> el 7 de noviembre de 2018].

Es hasta el 12 de abril de 1971 que el CCH abre sus puertas en tres planteles iniciales los cuales fueron Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo; un año después se inauguran el Oriente y el Sur. Para esta época, el nivel medio superior estaba únicamente bajo la supervisión de la UNAM, con sus planteles de la ENP, y de la SEP con los Bachilleratos Tecnológicos. La apertura y la innovadora metodología de enseñanza del CCH, permitió que una gran parte de la población del área metropolitana mexicana pudiera tener acceso a este nivel educativo cuyos propósitos pretenden inculcar valores en el estudiantado desde diversos aspectos disciplinarios. Lo anterior, parte de una gran división que actualmente se conserva en casi todos los planteles del nivel medio superior como son la matemática, la ciencia experimental, la histórica-social y las artes y humanidades.

El análisis comparativo de las imágenes de los libros de texto del bachillerato en el periodo comprendido entre la década de 1970 hasta el 2000/2010 de los temas abordados, permite entender cómo éstos se han aceptado junto con sus posteriores discusiones. El libro de texto del CCH utilizado desde sus inicios, que es una adaptación del libro *Biological science: an inquiry into life: a revision of BSCS High School biology* de John Moore con su respectiva traducción al castellano, tiene como imágenes clásicas de la genética las fotografías de Gregor Mendel, diagramas que resumen su trabajo y los resultados del equipo de T.H. Morgan, las cuales han tenido ligeras variaciones que no problematizan la aceptación y el estudio de estos temas, tanto así, que en la actualidad se siguen utilizando.

De igual manera, el libro refleja los avances científicos y tecnológicos de la genética en México de esa época con las imágenes que obtiene el grupo de trabajo de León de Garay y que a su vez provienen de las redes de colaboración que éste tuvo mientras realizaba sus estudios de posgrado en el Reino Unido y posteriormente al formar el Programa de Genética y Radiobiología al interior de la Comisión Nacional de Energía Nuclear. Es aquí donde

también se puede notar que han existido modificaciones en las representaciones visuales de la genética pues de pasar a imágenes obtenidas como resultado del trabajo de laboratorio que fueron publicadas en revistas de corte científico –es decir, revisadas por pares– ahora son fotografías a las que se les ha añadido un impacto más *realista* proporcionándoles colores y mostrando técnicas novedosas que permiten identificar regiones particulares en los cromosomas humanos.

Posteriormente, en la última década del siglo XX con las técnicas de secuenciación humana, el tema de la genética se vio forzado a renovarse, pero sólo el libro de texto editado por un grupo de docentes del CCH se dio a la tarea de incluir una imagen que, si bien no es la más adecuada, permite (re)interpretar la visión de los grandes proyectos de la entonces reciente era genómica. Resulta problemático el hecho de que se hace una relación entre el número de pares de bases con una aparente *escala evolutiva*. Esto posiblemente puede deberse al contexto bajo el que este grupo de docentes fue formado, pues antes de 1997, al menos en la licenciatura en biología de la Facultad de Ciencias, el tema de la evolución no era una materia obligatoria. Debido a esto, la carga teórica¹⁰ puede ser un obstáculo para dar un mejor enfoque sobre el tema.

Por otro lado, es posible observar cómo las imágenes se van transformando, y aquí se hace referencia al hecho de que la mayoría de éstas en los libros posteriores a la década de 1990, al menos en la parte del tema de la genética, ya no incluyen una gran cantidad de texto en las mismas. Éste ha sido sustituido por colores que, junto con sus acotaciones, proporcionan un aspecto más limpio y estético. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, las imágenes no son autoexplicativas, por lo que, en ocasiones, los pies de

¹⁰ Véase Olivé, L. & Pérez-Ransanz, A. R. (2005). *Filosofía de la ciencia: teoría y observación* para profundizar sobre el concepto de *carga teórica* propuesto por Norwood Hanson.

figura resultan ser extensos y no permiten que quien los observe interiorice o se apropie del conocimiento que busca reflejar la imagen.

Es así como el tema de la genética ha tenido menos complicaciones y discusiones que la teoría evolutiva propuesta por Charles Darwin desde la publicación de su libro *El Origen de las especies* en 1859. Las imágenes que aquí se presentan dan un reflejo del paradigma de la Síntesis Moderna en donde se agrupan, además de esta teoría, la genética mendeliana, los trabajos de T. H. Morgan y la genética de poblaciones. Se puede observar que las fotografías de Darwin, la embarcación *H. M. S. Beagle* y la ruta de la misma, son tomadas como referentes del inicio de la propuesta de la evolución por selección natural. Sin embargo, la dificultad de las discusiones radica en que la comunidad científica se encuentra en desventaja al no verse capaz de representar de manera gráfica un proceso que conlleva millones de años y, además, da como resultado toda la biodiversidad existente.

Las imágenes que podrían tomarse como las más adecuadas para explicar el tema de la evolución biológica debieran ser aquellas que representan los enunciados que constituyen la teoría de la evolución. Éstos se pueden agrupar principalmente en cinco, como son: (I) la descendencia de todos los organismos a partir de un ancestro en común, (II) el crecimiento exponencial de las poblaciones, (III) la competencia entre un cierto número de individuos – de la misma especie– por determinados recursos, (IV) la variación al interior de las poblaciones y que ésta es heredable, y (V) que no toda la descendencia sobrevive o se puede reproducir y la que sí lo logra es gracias a sus características adaptativas, las cuales fueron heredadas y, eventualmente, también pasarán a la siguiente generación¹¹. Las imágenes que se enmarcan en el contexto de las poblaciones permiten que el estudiantado contemple que

¹¹ Gregory (2009) hace una descripción de estos cinco enunciados con base en el trabajo de Ernst Mayr y los agrupa en dos categorías donde la primera son observaciones directas y la segunda son inferencias.

la evolución por selección natural se da en este nivel de organización, es decir, que quienes evolucionan son las poblaciones y no los individuos.

Por otra parte, las imágenes que ilustran la adaptación en los libros de texto analizados son aquellas que también representan la línea de descendencia respecto a un ancestro en común y dicha noción va relacionada con un tiempo evolutivo de millones de años. Hasta este momento, para entender la adaptación, es necesario que los y las estudiantes hayan comprendido que la fuente de la variación sobre la cual actúa la selección natural son las mutaciones –término empleado en los temas de genética– y que éstas son aleatorias. Asimismo, en el aprendizaje del tema, las escalas geológicas y su duración, así como los fósiles más representativos, son preponderantes para desarrollar este pensamiento. La manera en cómo se hace referencia a estos conceptos y fenómenos se apoya en la imagen del árbol filogenético, una metáfora propuesta por Darwin que, para efectos de comunicación y educación, cualquier persona puede interpretarlo y usarlo para abordar el conocimiento sobre la diversidad¹².

En otro orden, las imágenes que pueden resultar más integrativas, dependiendo qué tanto se ha comprendido en el tema de la evolución, son las de *evidencias anatómicas*, pues en éstas se incluyen la selección natural, las adaptaciones y el origen común de los seres vivos. Dentro de éstas se halla el común denominador que es el ser humano y existe una correspondencia entre las distintas morfologías independientemente de las diferencias en su forma y función. También, es importante destacar que las imágenes de embriología comparada permiten visualizar ontogenias ancestrales, lo cual refuerza el concepto de un origen común.

¹² Véase Torrens, E. & Barahona, A. (2014). La representación de la evolución en los libros de texto mexicanos. *Ciencias Sociales y Educación*, para profundizar en el tema de la metáfora del árbol evolutivo y las implicaciones de su representación en el ámbito educativo.

Finalmente, enseñar genética y evolución en la educación media superior, implica el impulso de un pensamiento crítico y que exista una cultura científica de las teorías con las cuales se encuentra trabajando la comunidad científica. Con esto, se comienza a fomentar una cultura científica y se pueden interpretar de una manera adecuada los fenómenos de la naturaleza y comprender la gran diversidad de organismos que habitan el planeta. Una de las dificultades respecto al aprendizaje de estos temas, es la desconexión entre la naturaleza y la cotidianidad de quienes cursan el bachillerato, pues al ser fundamentalmente abstractos, no tienen un reflejo inmediato en la vida de los y las estudiantes y les pueden resultar irrelevantes para sus posteriores estudios. Sin embargo, familiarizarse con estos temas de la biología ayuda a contrarrestar ideas preconcebidas tales como las *razas*, pues éstas son constructos sociales sin sustento biológico que fomentan actitudes de discriminación, o que existe un origen *divino* de la vida, y ésta se ve regida por una entidad metafísica, asimismo, cabe destacar que la enseñanza de la biología, desde la historia y la filosofía de la ciencia, permite superar malentendidos o conceptos erróneos (*misconceptions*) que todavía no han llegado al ámbito de los libros de texto.

Anexos

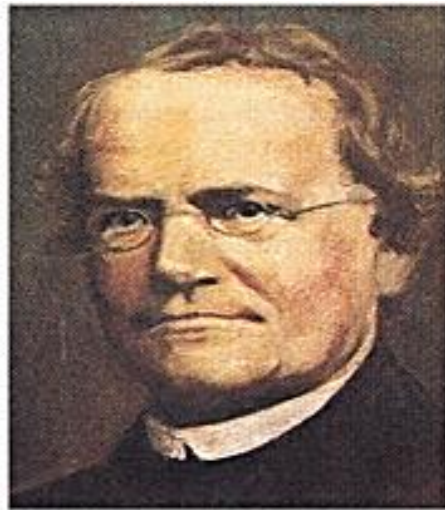


Fig. 5.1. Fotografía de Gregor Johann Mendel, padre de la Genética. Tomado de http://www.library.villanova.edu/services/exhibits/gregor_johann_mendel.htm

Anexo 1. Fotografía de G. Mendel (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

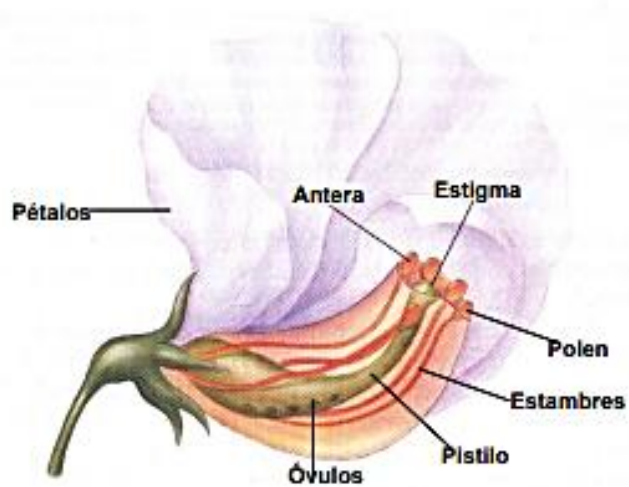


Fig. 5.2. Estructuras reproductoras de la flor de chícharo, se muestran los estambres con las anteras productoras del polen, el pistilo con los óvulos dentro y el estigma que recibe al polen. Tomado de Solomon 2001.

Anexo 2. Dibujo de la anatomía de la flor del chícharo (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

FIG. 29-4. RESULTADOS OBTENIDOS POR MENDEL EN LAS GENERACIONES DE CHICHAROS

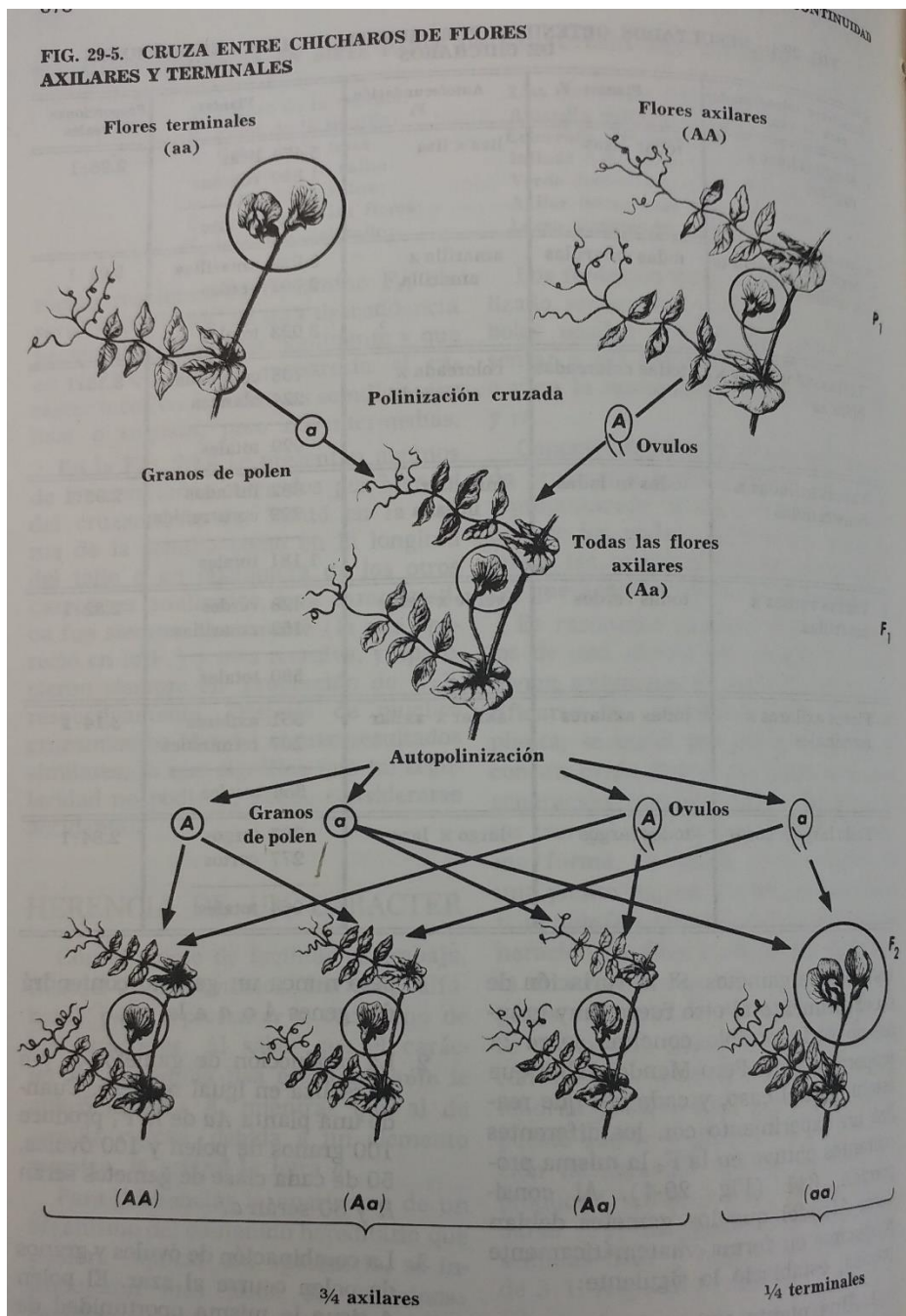
| Caracteres seleccionados para la cruce P ₁ | Plantas F ₁ | Autofecundación F ₁ | Plantas | Proporciones F ₂ reales |
|---|------------------------|--------------------------------|---|------------------------------------|
| 1. Semillas lisas x rugosas | todas lisas | lisa x lisa | 5 474 lisas 1 859 rugosas <hr/> 7 333 totales | 2.96:1 |
| 2. Semillas amarillas x verdes | todas amarillas | amarilla x amarilla | 6 022 amarillas 2 001 verdes <hr/> 8 023 totales | 3.01:1 |
| 3. Testas coloreadas x blancas | todas coloreadas | coloreada x coloreada | 705 coloreadas 224 blancas <hr/> 929 totales | 3.15:1 |
| 4. Vainas infladas x constreñidas | todas infladas | inflada x inflada | 882 infladas 299 constreñidas <hr/> 1 181 totales | 2.95:1 |
| 5. Vainas verdes x amarillas | todas verdes | verde x verde | 428 verdes 152 amarillas <hr/> 580 totales | 2.82:1 |
| 6. Flores axilares x terminales | todas axilares | axilar x axilar | 651 axilares 207 terminales <hr/> 858 totales | 3.14:1 |
| 7. Tallo largo x corto | todos largos | largo x largo | 787 largos 277 cortos <hr/> 1 064 totales | 2.84:1 |

Anexo 3. Cuadro con las características de la planta del chícharo que fueron seleccionadas por Mendel y resultados obtenidos (Obtenido y modificado de: CNEB, 1970).

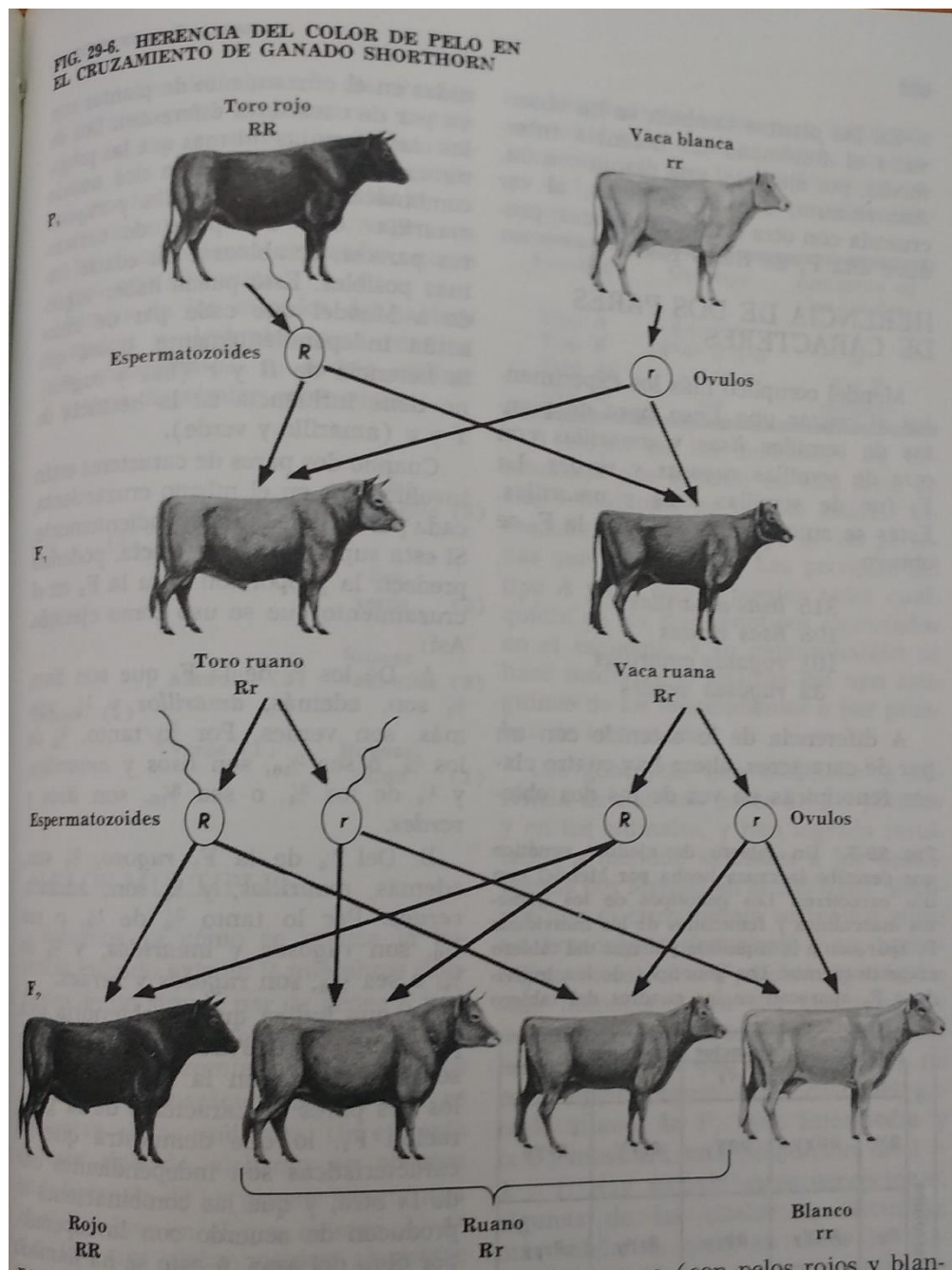
| | Característica Dominante | Característica Recesiva |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| Forma de la semilla | Lisa | Rugosa |
| Color de la semilla | Amarillo | Verde |
| Forma de la vaina | Inflada | Angosta |
| Color de la vaina | Verde | Amarillo |
| Altura de la planta | Alta | Enana |
| Color de la flor | Púrpura | Blanca |
| Posición de la flor | Axial | Terminal |

Fig. 5.3. Se indican las siete características que Mendel eligió para sus estudios, señalando cuales son dominantes y recesivas.

Anexo 4. Cuadro con las características de la planta del chícharo que fueron seleccionadas por Mendel (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

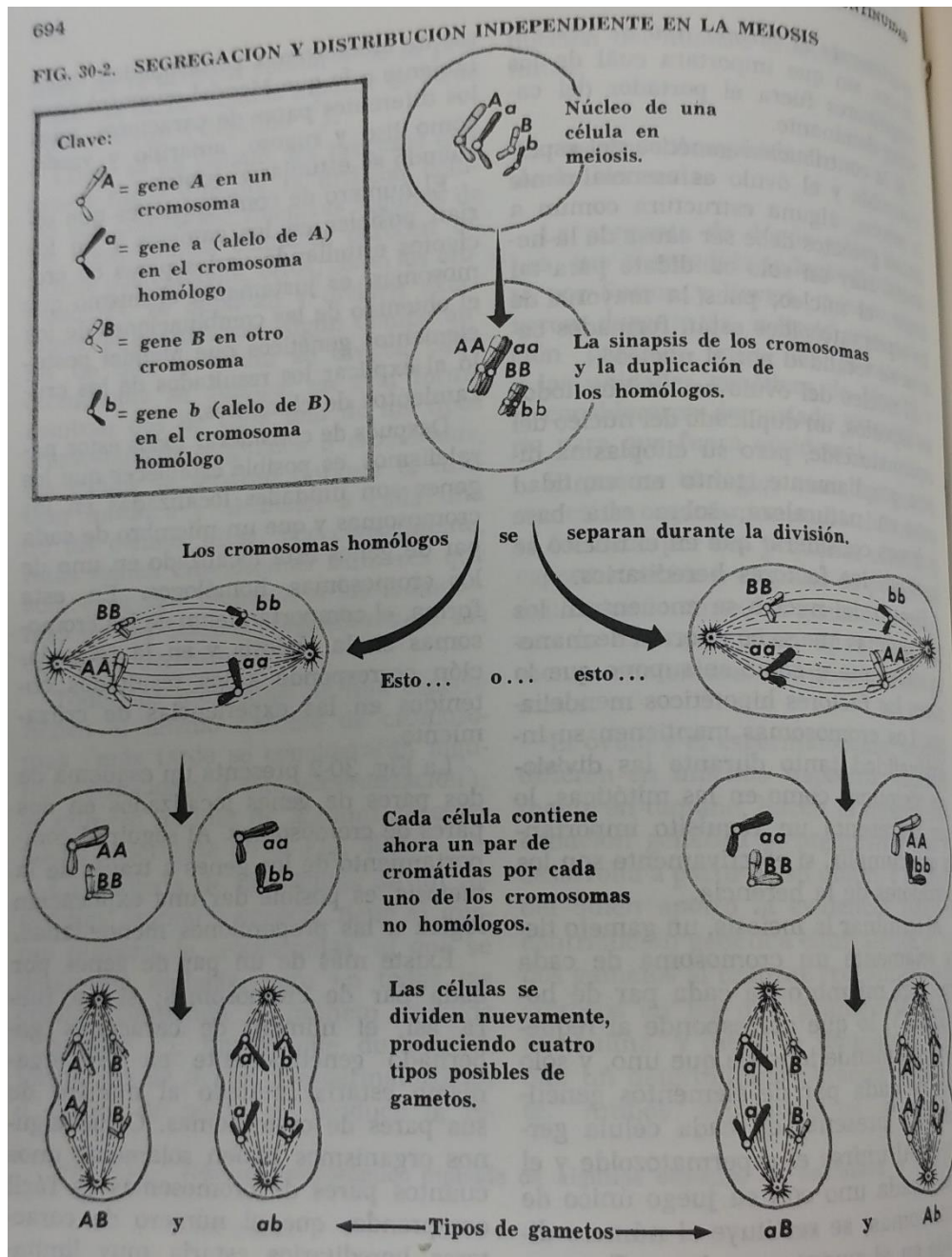


Anexo 5. Árbol genealógico que representa la *Primera y Segunda ley de Mendel* en las flores de la planta del chícharo, los resultados obtenidos y los conceptos de dominancia y recesividad (Obtenido y modificado de: CNEB, 1970).



Anexo 6. Árbol genealógico que representa la *Primera y Segunda ley de Mendel* en el color del pelo del ganado Shorthorn y los conceptos de dominancia y recesividad (Obtenido y modificado de: CNEB, 1970).

FIG. 30-2. SEGREGACION Y DISTRIBUCION INDEPENDIENTE EN LA MEIOSIS



Anexo 7. Segregación de caracteres durante la meiosis (Obtenido y modificado de: CNEB, 1970).

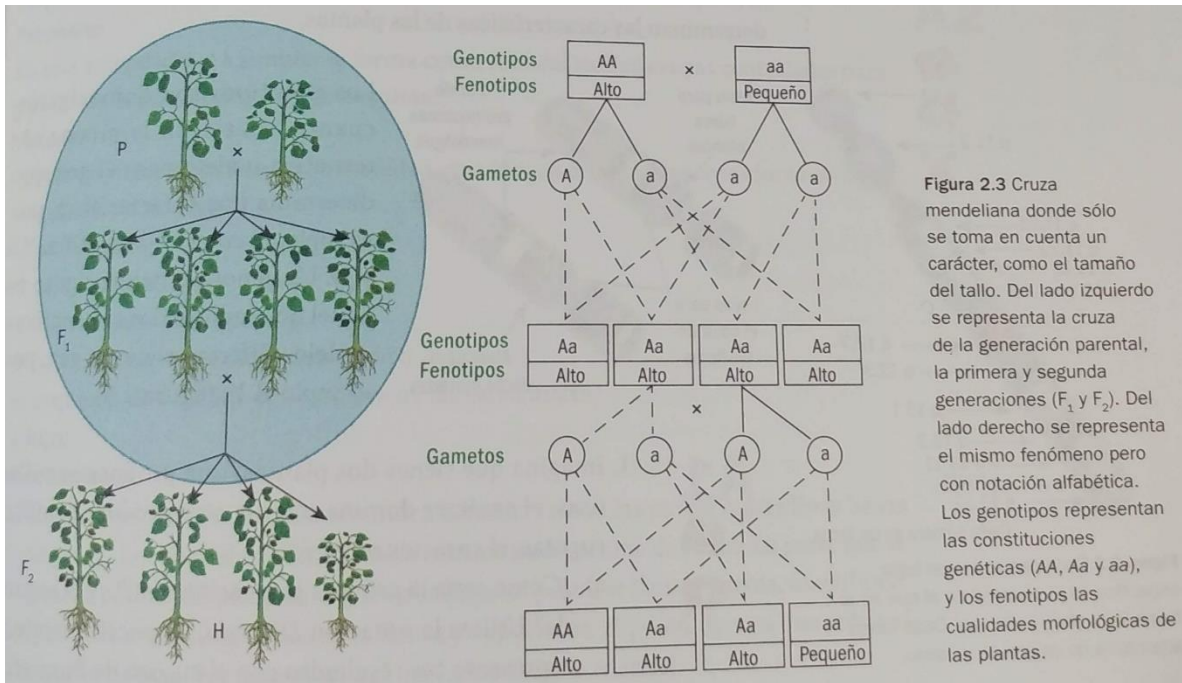


Figura 2.3 Cruza mendeliana donde sólo se toma en cuenta un carácter, como el tamaño del tallo. Del lado izquierdo se representa la cruce de la generación parental, la primera y segunda generaciones (F₁ y F₂). Del lado derecho se representa el mismo fenómeno pero con notación alfabética. Los genotipos representan las constituciones genéticas (AA, Aa y aa), y los fenotipos las cualidades morfológicas de las plantas.

Anexo 8. Árbol genealógico que representa la *Primera y Segunda ley de Mendel* en el tallo de la planta del chícharo, los resultados obtenidos y los conceptos de dominancia y recesividad (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

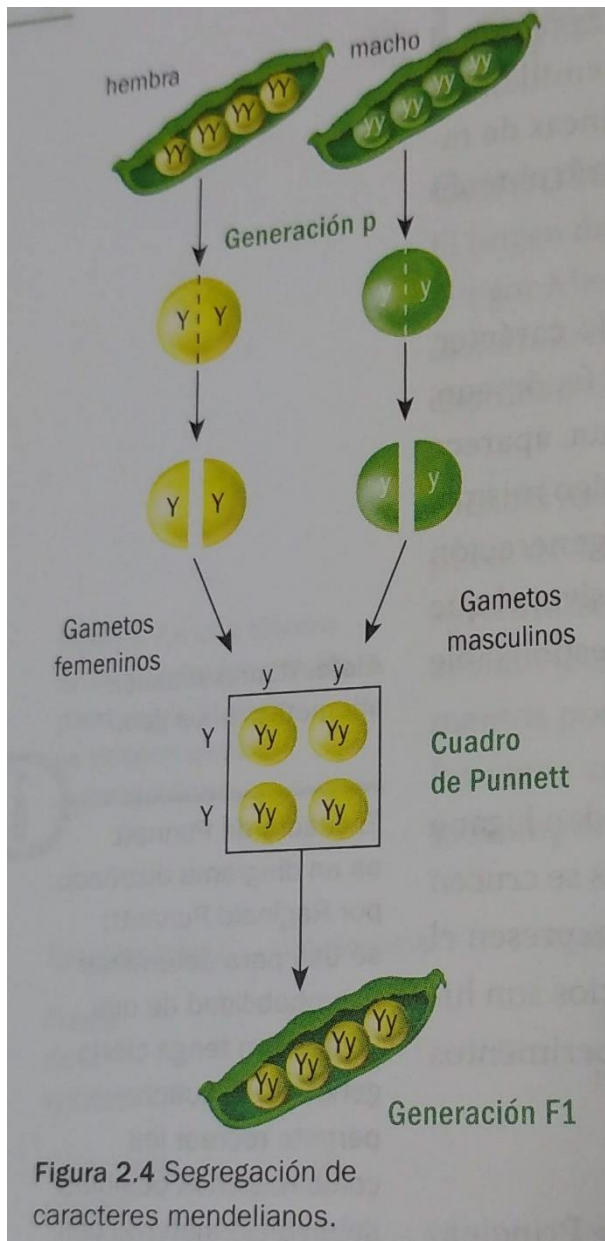
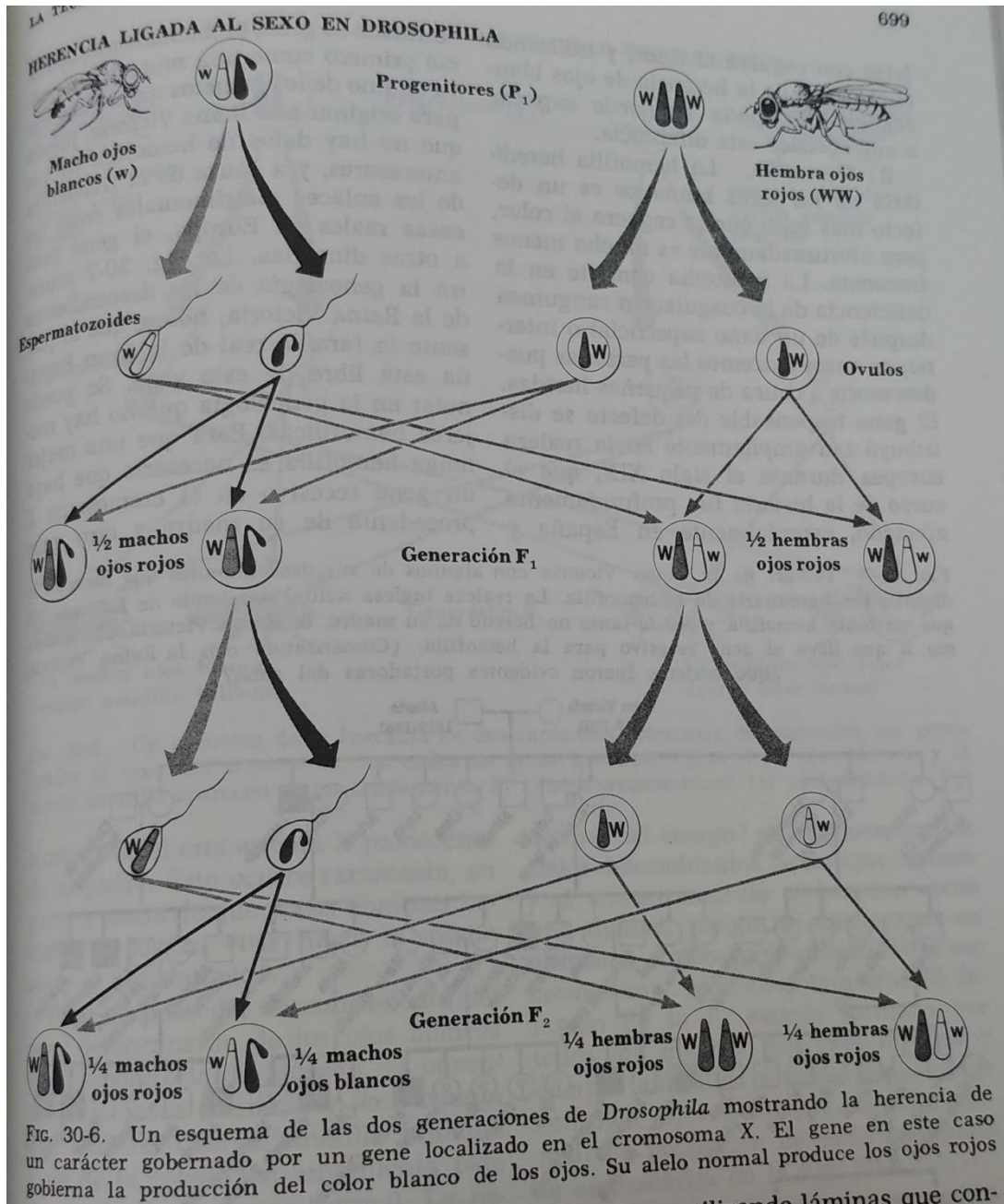


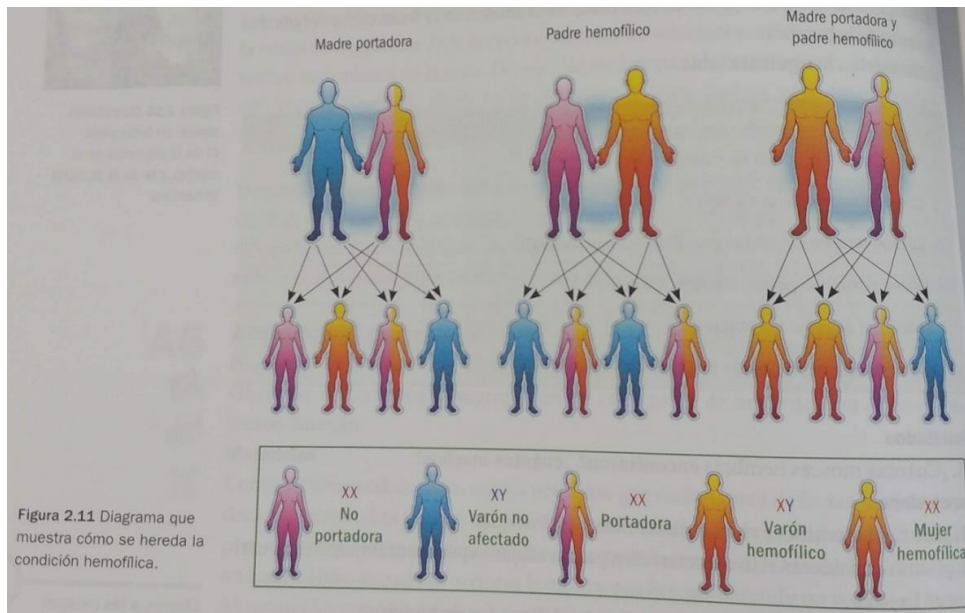
Figura 2.4 Segregación de caracteres mendelianos.

Anexo 9. Árbol genealógico que representa la *Primera ley de Mendel* en las semillas de la planta del chícharo, los resultados obtenidos y los conceptos de dominancia y recesividad.

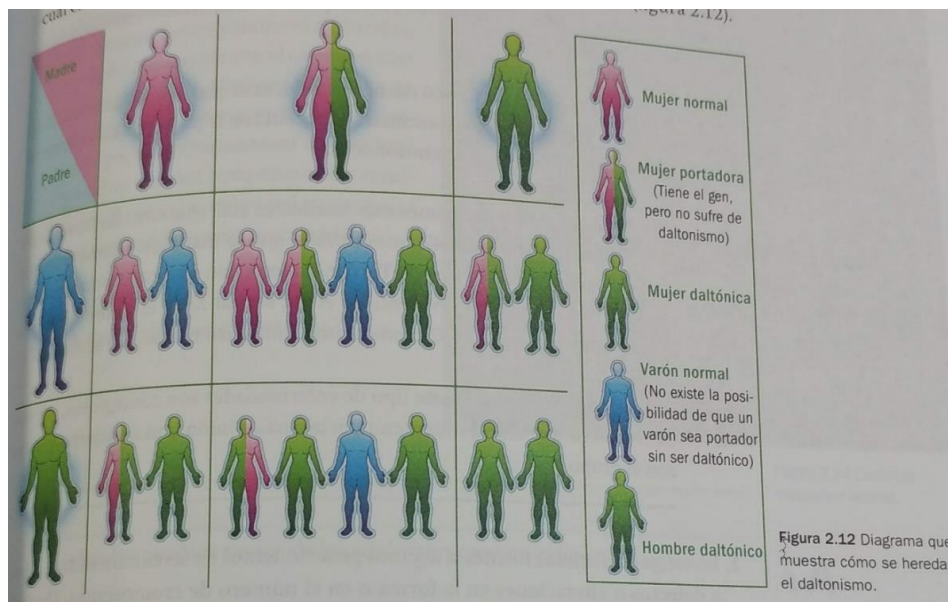
Aquí también se incluye el *Cuadro de Punnett* (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).



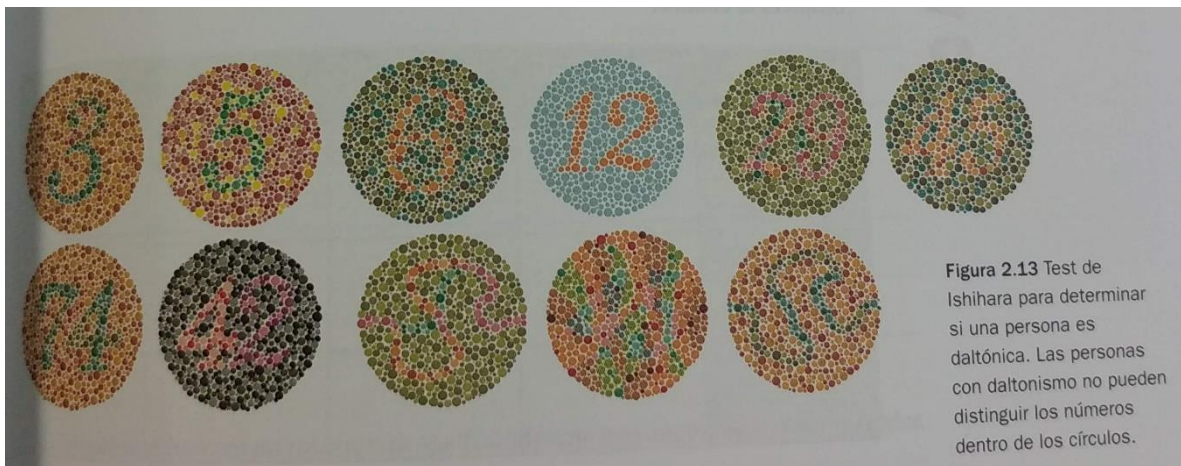
Anexo 10. Árbol genealógico de *D. melanogaster* que busca ilustrar la herencia ligada al sexo tomando de ejemplo el color de los ojos de la mosca (Obtenido y modificado de: CNEB, 1970).



Anexo 11. Diagrama que ejemplifica la herencia ligada al sexo a través de la enfermedad de la hemofilia (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).



Anexo 12. Diagrama que ejemplifica la herencia ligada al sexo a través de la enfermedad del daltonismo (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).



Anexo 13. Prueba de Ishihara que puede ser realizada en el aula y, en su caso, identificar a las personas con daltonismo (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

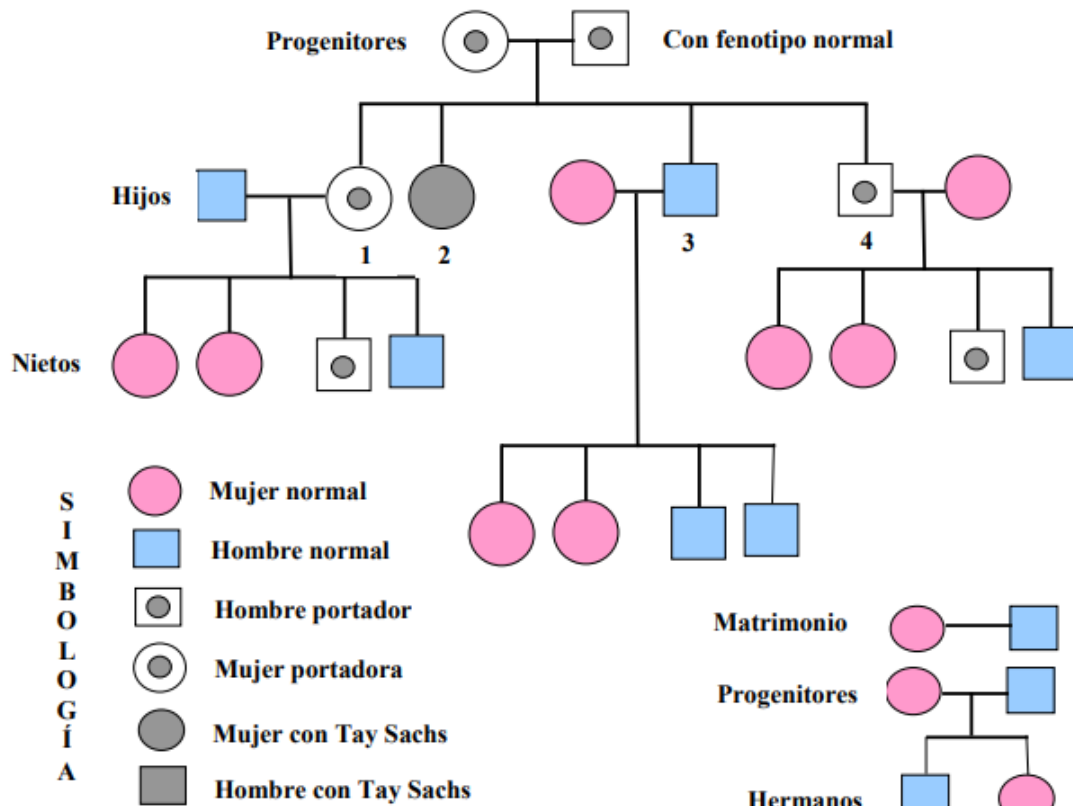
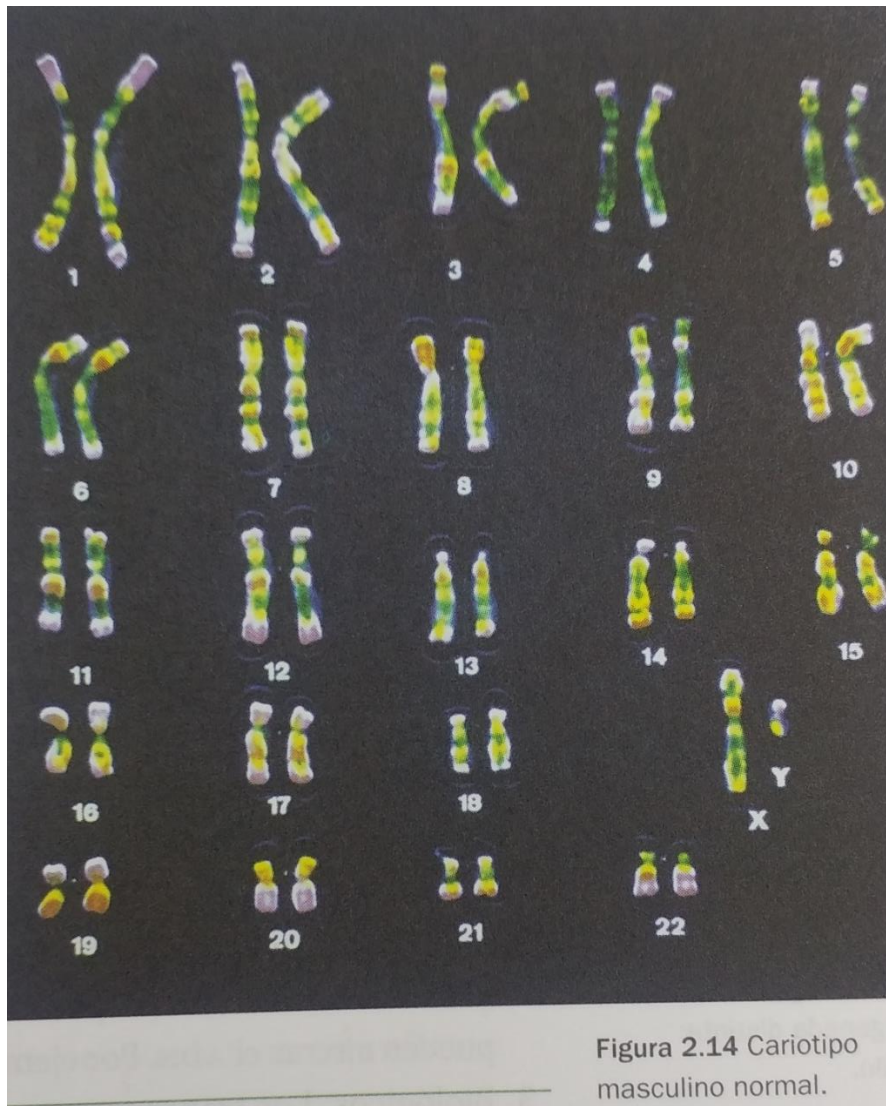


Fig. .5.10. Genealogía del síndrome de Tay Sachs. Cuando los progenitores son heterocigotos, la probabilidad de que hereden a sus hijos la enfermedad es de: el 25% que la padezcan, el 50% serán portadores, sólo tendrán un gene que produzca la enzima y el 25% serán sanos.

Anexo 14. Árbol genealógico que ejemplifica la herencia ligada al sexo a través del síndrome o enfermedad de Tay-Sachs (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



Anexo 15. Cariotipo humano de un varón. Los colores observados son resultado de tinciones realizadas a los cromosomas (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

Mutaciones Cromosómicas

| Síndrome | Nombre común | Cromosoma afectado | Características |
|-----------------------------------|----------------------|---|--|
| Cri-du-chat | Maullido de gato | Delección del brazo corto del cromosoma 5 | Los niños afectados lloran con chillidos que recuerdan el maullido de un gato, presentan microcefalia, cardiopatías congénitas, retraso mental y de crecimiento, se presenta en 1 de cada 20,000 nacimientos. |
| Prader-Willi | SPW | Delección del brazo largo del cromosoma 15 | Las personas que padecen este síndrome, presentan hipotonía muscular, apetito insaciable (si no se cuida la dieta presentan obesidad), hipogonadismo y desarrollo sexual incompleto, retraso mental y funcional en diferentes grados, baja estatura, manos y pies pequeños y problemas de comportamiento. 1 afectado en cada 15,000 nacimientos. |
| Delección del cromosoma 18 | | Delección del brazo largo del cromosoma 18 | Los niños que nacen con este síndrome, presentan retraso mental, problemas motrices, deformación cráneo facial y anomalías en las extremidades. |
| Translocación 22-9 | Cromosoma Filadelfia | Translocación del brazo del cromosoma 22 al brazo corto del cromosoma 9 | Consiste en una translocación que se da en algunas células somáticas, de personas afectadas por leucemia mieloide crónica, esta enfermedad se presenta a cualquier edad. La frecuencia de aparición es de 1 persona en cada 100,000 al año. |

Fig. 5.18. Mutaciones cromosómicas autosómicas estructurales.

Anexo 16. Cuadro de mutaciones cromosómicas que únicamente incluye aquellas que son autosómicas estructurales (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

Mutaciones Cromosómicas

| Síndrome | Nombre común | Cromosoma afectado | Número cromosómico | Características |
|----------------|--------------|--------------------|--------------------|--|
| Down | Trisomía 21 | 21 | 45-XX ó 45-XY | Este síndrome se caracteriza por retraso mental, cara ancha, pelo lacio, nuca plana, manos cortas, baja estatura, anomalías internas, principalmente cardíacas, la incidencia de aparición esta relacionada con la edad de la madre, en mujeres de 20 años la probabilidad de tener un niño Down es de 1 en 1500 nacimientos, si la madre tiene 35 años la probabilidad es de 1 en 350 y si tiene 43 años es de 1 en 50. |
| Edwards | Trisomía 18 | 18 | 45-XX ó 45-XY | La mayoría de los bebés que padecen este síndrome, no sobreviven al nacimiento y aquellos que lo logran viven menos de un año, entre los síntomas están la discapacidad mental, enfermedades cardíacas, hernias, orejas de implantación baja, mandíbula pequeña. La probabilidad de que un niño nazca con este síndrome es de 1 de cada 3000 niños. |
| Patau | Trisomía 13 | 13 | 45-XX ó 45-XY | Las características de los niños que presentan esta enfermedad son, cabeza de tamaño muy pequeño, anomalías en los ojos, un gran número presenta labio leporino, pies arqueados, los bebés afectados sólo viven unos días, la mayoría no llega a nacer. La probabilidad es de 1 de cada 12,000 nacimientos. |

Fig. 5.19. Mutaciones Cromosómicas autosómicas que afectan el número cromosómico.

Anexo 16 (continuación). Cuadro de mutaciones cromosómicas que únicamente incluye aquellas que son autosómicas y afectan el número cromosómico (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

Mutaciones Cromosómicas

| Síndrome | Nombre común | Cromosoma afectado | Número cromosómico | Características |
|---------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------|---|
| Klinefelter | Trisomía XXY | X sexual de más en varones | 44-XXY | Las personas afectadas, son varones estériles, con testículos poco desarrollados, gran estatura, presentan algunas características feminoides como, desarrollo de glándulas mamarias y vello púbico con una distribución femenina. La probabilidad de que nazca un bebe con esta enfermedad es de 1 en cada 1000 nacimientos de varones. |
| Turner | Monosomía XO | X sexual de menos en mujeres | 44-XO | Lo padecen mujeres que sólo poseen un cromosoma sexual X, son estériles, la cabeza la tienen en forma de esfinge, les crece el pelo desde muy abajo, las glándulas mamarias están poco desarrolladas, los brazos y codos presentan ciertas deformidades, tienen baja estatura, su coeficiente intelectual va de medio a bajo, tienen una supervivencia normal. La frecuencia de aparición es de 1 de cada 2500 niñas que nacen. |
| Doble Y | Súper macho | Y sexual de más en varones | 44-XXY | Esta anomalía consiste en una duplicación del cromosoma Y, son varones de gran estatura que ocasionalmente presentan un leve retraso mental y comportamiento violento, suelen ser fértiles, la probabilidad de padecer esta enfermedad es de 1 de cada 1000 niños que nacen. |
| Del triple X | Súper hembra ó trisomía XXX | X sexual de más en mujeres | 44-XXX | Es una anomalía en las mujeres que poseen un cromosoma X de más, pueden llegar a tener algunos problemas de aprendizaje únicamente, en la mayoría de los casos pasa inadvertido, la frecuencia de aparición es de 1 de cada 1500 niñas que nacen. |

Fig. 5.20. Mutaciones Cromosómicas Sexuales que afectan el número cromosómico.

Anexo 16 (continuación). Cuadro de mutaciones cromosómicas que únicamente incluye aquellas que son sexuales y afectan el número cromosómico (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



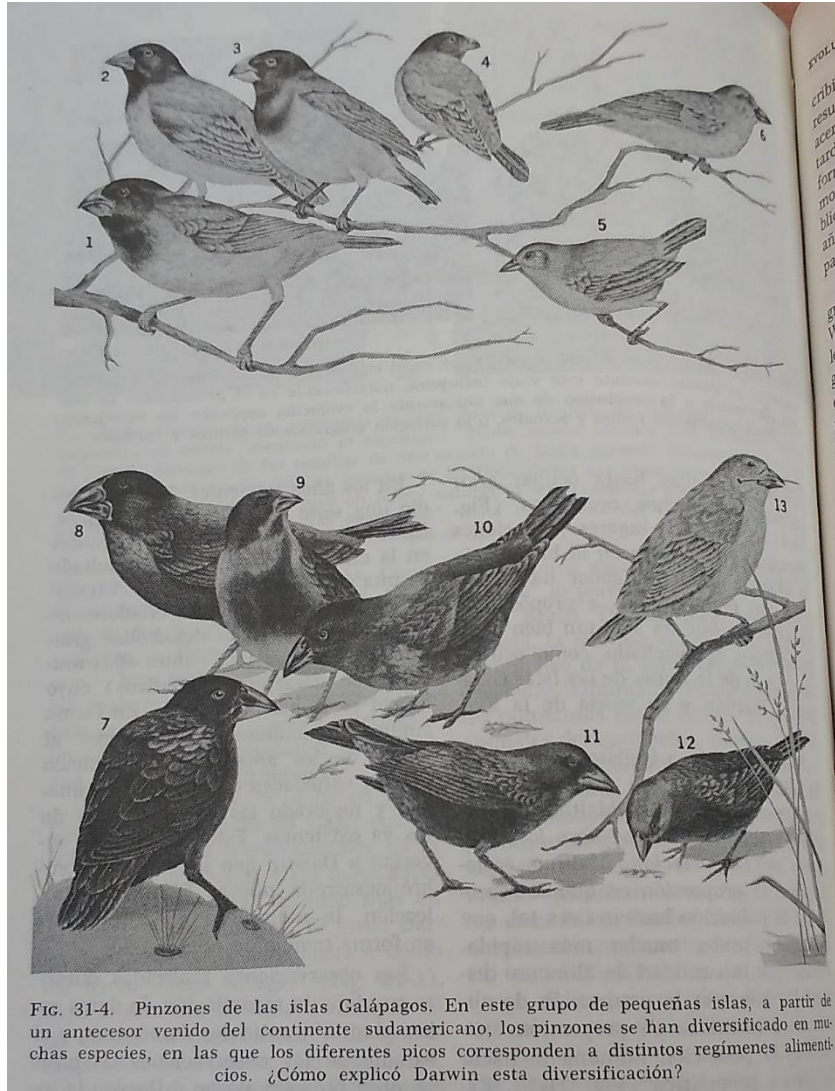
Fig.2.3. Charles Robert Darwin. En las islas Galápagos fue en donde encontró la clave de su teoría. Muy Especial, No. 19.

Anexo 17. Dibujo de Charles Darwin (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



Fig.2.4. Mapa que muestra la travesía que Darwin realizó a bordo del Beagle. Las principales escalas, fueron: 1.Partida del puerto de Plymouth (27-XII-1831), 2.Islas de Cabo Verde (16-I-1832), 3.Isla de Fernando de Noronha (20-II-1832), 4.Puerto de Montevideo (28-VII-1832), 5.Islas Malvinas (1-III-1833), 6.Islas Malvinas (10-III-1834), 7.Estrecho de Magallanes (10-VI-1834), 8.Puerto de Valparaíso (23-VII-1834), 9.Puerto de El Callao (20-VI-1835), 10.Islas Galápagos (16-IX-1835), 11.Tahití (15-XI-1835), 12.Nueva Zelanda (12-XII-1835), 13.Puerto de Sydney (12-I-1836), 14.Isla Hobart (Tasmania) (5-II-1836), 15.Bahía del Rey Jorge (7-III-1836), 16.Islas de los Cocos (2-IV-1836), 17.Isla Mauricio (30-IV-1836), 18.Ciudad del Cabo (1-VII-1836), 19.Isla de Santa Helena (8-VII-1836), 20.Bahía (1-VIII-1836), 21.Islas de Cabo Verde (20-IX-1836), 22.Islas Azores (31-IX-1836), Llegada al puerto de Falmouth (2-X-1836). Solomon, 2001

Anexo 18. Mapa de la ruta que siguió la embarcación *H.M.S. Beagle* desde 1831 hasta 1836 (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



Anexo 19. Los pinzones como modelo que ejemplifica la adaptación y diversificación de especies (Obtenido y modificado de: CNEB, 1970).

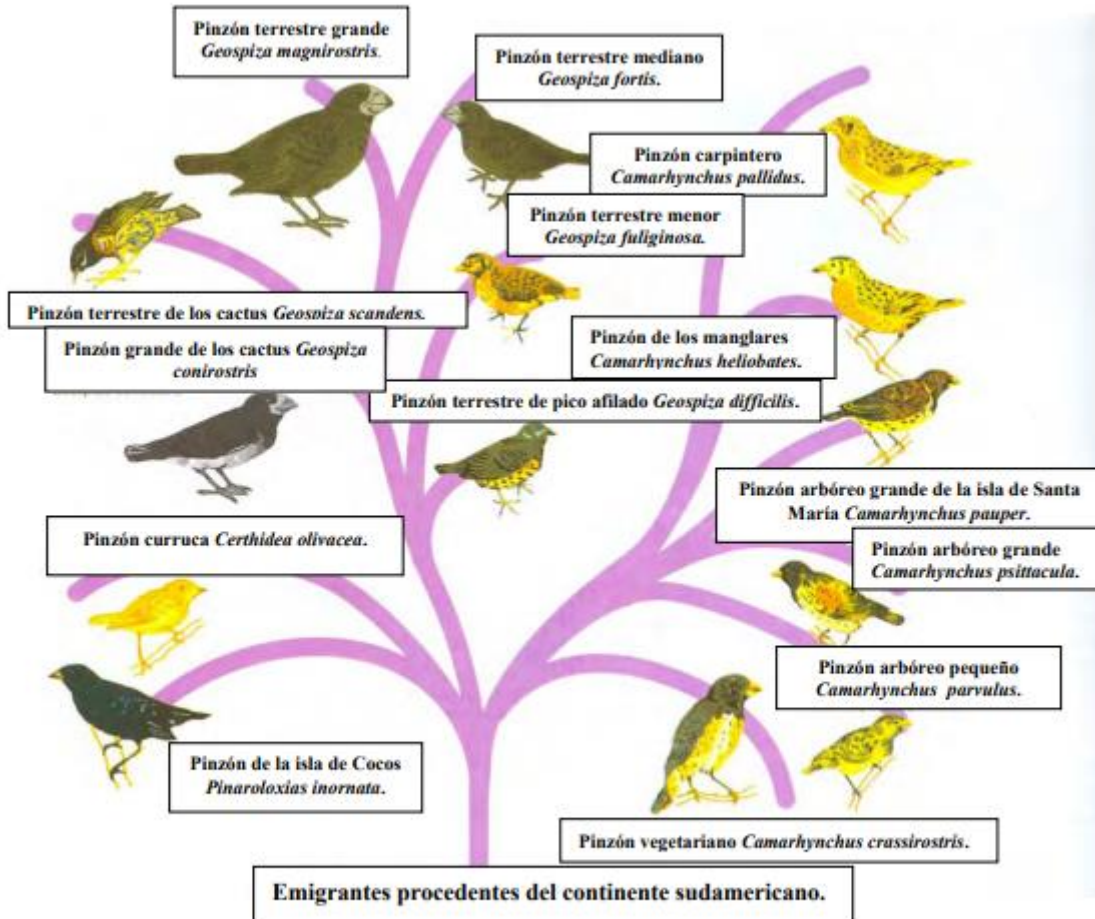


Fig. 2.20. Pinzones de Darwin residentes de las islas Galápagos. Tamarin, 1996.

Anexo 20. Las diferentes especies de pinzones que se diversificaron a partir de un ancestro en común (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

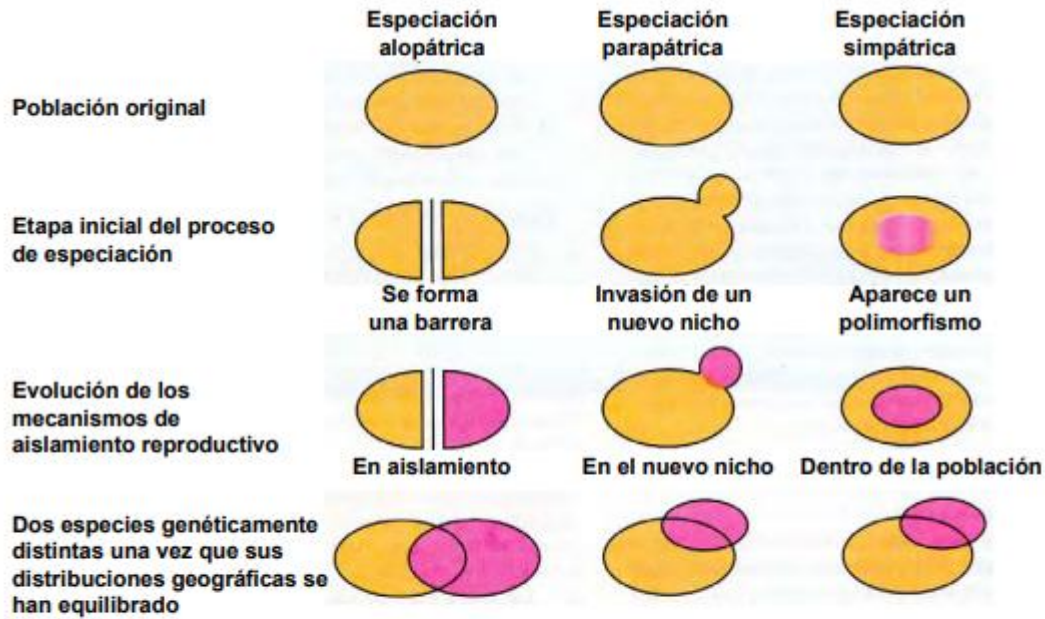


Fig.2. 19. Mecanismos de especiación: Alopátrica, el aislamiento reproductivo evoluciona después de que la población se ha dividido geográficamente. Parapátrica, el aislamiento reproductivo surge cuando un segmento de la población invade un nuevo nicho. Simpátrica, el aislamiento reproductivo evoluciona mientras el grupo incipiente está aún dentro de la población. Tamarin, 1996

Anexo 21. Cuadro ilustrado de los mecanismos de especiación (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

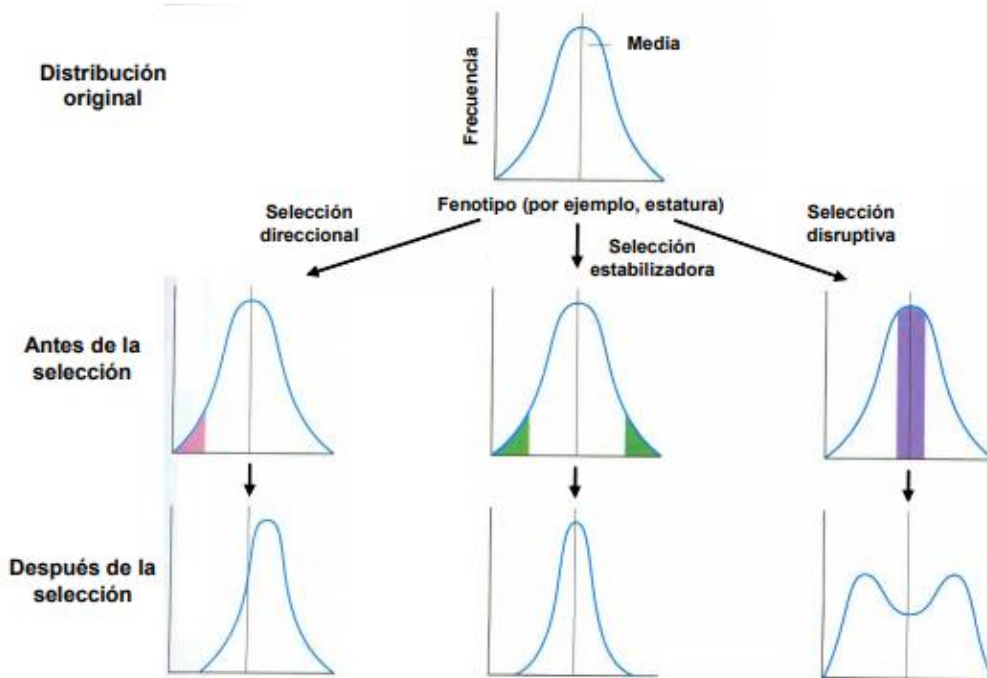


Fig.2.10. Gráfica que muestra como actúa la selección direccional, estabilizadora y disruptiva. Tamarin, 1996.

Anexo 22. Gráficas de los tipos de selección dirección, estabilizadora y disruptiva (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



Fig.2.11. Fósil de un trilobite, artrópodo marino que durante 340 millones de años fue una de las criaturas más abundantes en los mares. *Muy Especial*, No. 19.

Anexo 23. Fotografía de un fósil de trilobite que se relaciona con la parte geológica del tema de la evolución biológica (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).

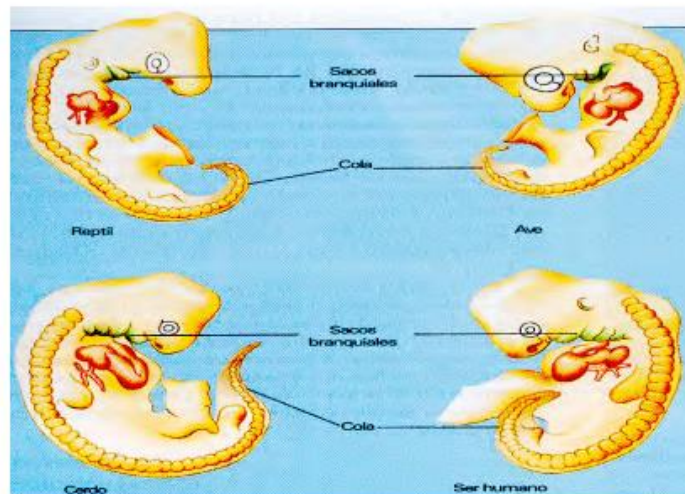


Fig.2.15. Embriología comparada. Las fases iniciales del desarrollo embrionario son muy parecidas en los vertebrados. Solomon, 2001.

Anexo 24. Comparación y señalización de semejanzas entre embriones de reptil, ave, cerdo y ser humano (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



Anexo 25. Imagen comparativa entre tres embriones de pez, ave y ser humano (Obtenido y modificado de: Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

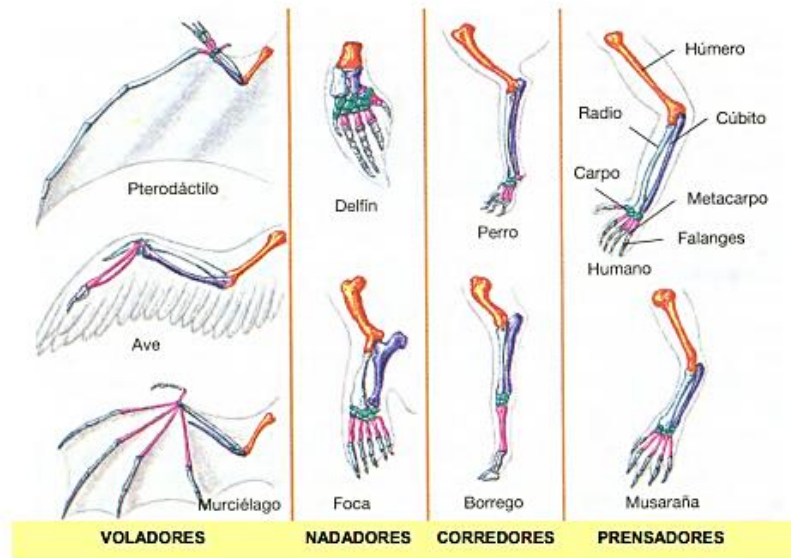
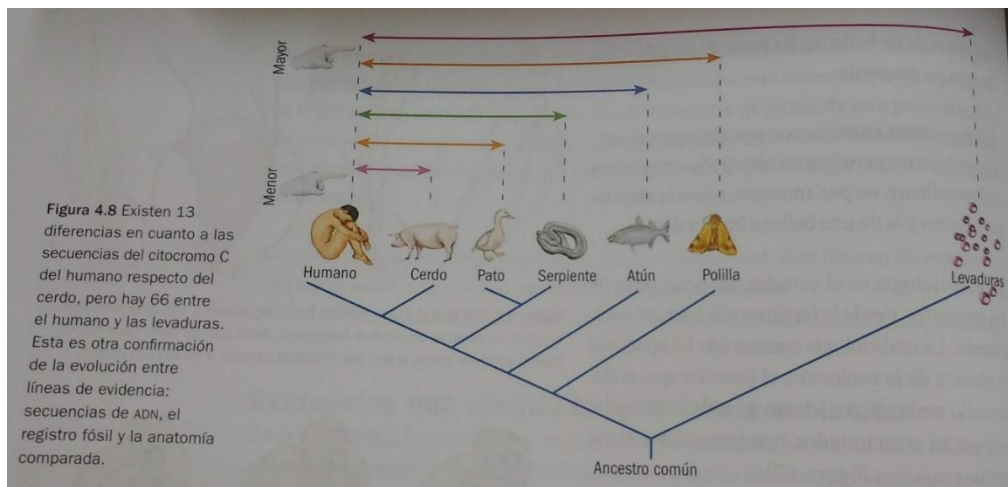


Fig.2.13. Estructuras homólogas. Comparación de los miembros delanteros de un grupo de vertebrados, y las adaptaciones que han sufrido. Audesirk, 1996

Anexo 26. Representación de homologías entre vertebrados (Obtenido y modificado de: Calcáneo-Garcés, M. G. & de la Cueva Barajas, B. L., 2010).



Anexo 27. Árbol filogenético que agrupa diferentes organismos de acuerdo con la secuencia del citocromo C (Obtenida y modificada de Barahona & Corona-Tinoco, 2012).

Referencias

1. Acevedo-Díaz, J. A. (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 1 (1).
2. Aguilar-Cruz, D. M. (2016). *De México para el mundo: Biología y política en la transición demográfica en el contexto de la Guerra Fría*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
3. Alcántara, Armando, & Zorrilla, Juan Fidel. (2010). Globalización y educación media superior en México: En busca de la pertinencia curricular. *Perfiles educativos*, 32(127), 38-57.
4. Aleixandre, M. P. J., & Pérez, J. F. (1987). El “desconocido” artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 5(3), 239-246.
5. Barahona, A. (2006). Historia de la genética en México. *Investigación y Ciencia*. 22-28; 359.
6. Barahona, A. (2017). Karyotyping and the Emergence of Genetic Counselling in Mexico in the 1960s. *History of Human Genetics* 485-501. Springer.
7. Barahona, A. & Corona-Tinoco, M. (2012). *Biología 2*. Segunda Edición. Macmillan Education. México.
8. Barahona, A. & Cortés, O. (2008). *Valores y la enseñanza de la biología en secundaria*. Ediciones Castillo, México. 212 pp.
9. Bruckmann, M., & Dos Santos, T. (2005). Los movimientos sociales en América Latina: un balance histórico. *Seminário Internacional REG GEN: Alternativas Globalização*, 8.

10. Burri, R. V., & Dumit, J. (2008). 13 Social Studies of Scientific Imaging and Visualization. *The handbook of science and technology studies*, 297.
11. Calcáneo-Garcés, M. G.; de la Cueva Barajas, B. L. (2010). *Libro de texto para la asignatura de Biología I*. Colegio de Ciencias y Humanidades. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
12. Carvajal Cantillo, E., & Gómez Vallarta, M. D. R. (2002). Concepciones y representaciones de los maestros de secundaria y bachillerato sobre la naturaleza, el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias. *Revista mexicana de investigación educativa*, 7(16).
13. Cervantes-Montes, C. (2015). *El programa de genética y radiobiología de la Comisión Nacional de Energía Nuclear y su repercusión en la Biología*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
14. Colegio de Ciencias y Humanidades (CCHa). 2017. [Disponible en: <http://www.cch.unam.mx/misionyfilosofia> y consultado el 17 de agosto de 2017].
15. Colegio de Ciencias y Humanidades (CCHb). 2017. [Disponible en: <http://www.cch.unam.mx/plandeestudios> y consultado el 31 de agosto de 2017].
16. Colegio de Ciencias y Humanidades (CCHc). 2018. [Disponible en: http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/programas2016/BIOLOGIA_I_II.pdf y consultado el 1 de febrero de 2018].
17. Colegio de Ciencias y Humanidades plantel sur (CCH Sur). 2018. [Disponible en: http://escolares.cch-sur.unam.mx/pdf/MAPA_CURRICULAR.pdf y consultado el 7 de mayo de 2018].
18. Comisión Metropolitana de Instituciones Públicas de Educación Media Superior (COMIPEMS). 2017. [Disponible en: https://www.comipems.org.mx/template.php?6L1_KoERnIaO8ZnbgIV4tvp7wAZ]

w8Mrjz93-7pwYnj-QrXK3XVo-5PYZoBkJj6h7g5IWZ3bj7IxiTRkLHPooog.. y consultado el 17 de agosto de 2017].

19. Compilación de los programas de las materias del primero al cuarto semestres. Primera Parte. (1972). Colegio de Ciencias y Humanidades. UNAM. México. pp. 42-43.
20. Consejo Nacional para la Enseñanza de la Biología (CNEB). (1970). *Biología. Unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos*. Editorial CECSA. México.
21. Cruz-Castillo, J. W. (2017). *La representación visual del tema de la evolución biológica en las monografías escolares*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.
22. Díaz de la Fuente, M. (2013). *El reto de enseñar y aprender evolución: una propuesta didáctica*. Máster Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.
23. Dirección General de Bachillerato (DGB). 2017. [Disponible en: http://www.dgb.sep.gob.mx/bachillerato_general.php y consultado el 5 de septiembre de 2017].
24. Dirección General de Educación Tecnológica Industrial (DGETI). 2017. [Disponible en: <http://www.dgeti.sep.gob.mx/index.php/quienes-somos/74-que-es-la-dgeti> y consultado el 24 de agosto de 2017].
25. Escuela Nacional Preparatoria (ENP). 2017. [Disponible en: <http://www.dgenp.unam.mx/acercaenp/mision.html> y consultado el 17 de agosto de 2017].
26. *Se creó el Colegio de Ciencias y Humanidades*. (1971). *Gaceta UNAM*, 2, Número Extraordinario.

27. Galicia, Alma Rosa Neyra. (2010). El bachillerato mexicano y la política educativa: desde sus inicios hasta la educación basada en competencias. *Textual. Análisis del medio rural latinoamericano*, 55, 63-82.
28. Gil Pérez, D. (1991). ¿Qué hemos de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), 069-77.
29. Gregory, T. R. (2009). Understanding natural selection: essential concepts and common misconceptions. *Evolution: Education and Outreach*, 2 (2), 156.
30. Gutiérrez-Legorreta, L. A. (2009). El devenir de la educación media superior. El caso del estado de México. *Tiempo de educar*, 10 (19).
31. Heddy, B. C., & Sinatra, G. M. (2013). Transforming misconceptions: Using transformative experience to promote positive affect and conceptual change in students learning about biological evolution. *Science Education*, 97(5), 723-744.
32. Hobsbawm, E. (1999). Historia del siglo XX. 1914-1991. *Región y Sociedad*, 11 (17.1999), 188.
33. Iggers, G. G., Wang, Q. E., & Mukherjee, S. (2013). *A global history of modern historiography*. Routledge.
34. Kuhn, T. S. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Tercera edición. Fondo de Cultura Económica. México.
35. Ledezma, J. C. R., Ascensio, S. Y. C., & Mora, J. M. J. (2013). Salud Pública en México Implicaciones para la enseñanza de la Biología y las Ciencias de la Salud. *Revista Bio-grafía Escritos sobre la biología y su enseñanza*, 6 (10), 50-58.
36. Losos, J. B., Arnold, S. J., Bejerano, G., Brodie III, E. D., Hibbett, D., Hoekstra, H. E., Mindell, D. P., Monteiro, A., Moritz, C., Orr, H. A., Petrov, D. A., Renner, S. S., Ricklefs, R. E., Soltis, P. S. & Turner, T. L. (2013). Evolutionary biology for the 21st century. *PLoS Biology*, 11(1), e1001466.

37. Lozano-Medina, A. (2009). *El bachillerato escolarizado en México. Situación y prospectiva*. Seminario de Educación Superior. Universidad Nacional Autónoma de México. 315 pp.
38. Maldonado, A. (2000). Los organismos internacionales y la educación en México. El caso de la educación superior y el Banco Mundial. *Perfiles Educativos*, 87.
39. Marco, B., Borrás, S., & Mocholí, C. S. (2011). La evolución biológica en los libros de texto españoles de educación secundaria y bachillerato. Situación actual. *Revista de Educación en Biología*, 14(1), p. 23.
40. Martínez, J. M. R. (2004). Secuenciación de genomas. *Arbor*, 177 (698), 285-310.
41. Myers, G. (1988). Every picture tells a story: Illustrations in EO Wilson's Sociobiology. *Human Studies*, 11(2-3), 235-269.
42. Nappi, C. (2013). The global and beyond: Adventures in the local historiographies of science. *Isis*, 104 (1), 102-110.
43. National Human Genome Research Institute (NHGRI). 2018. [Disponible en: <https://www.genome.gov/27562862/breve-historia-del-proyecto-del-genoma-humano/> y consultado el 24 de septiembre de 2018].
44. 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, Facultad de Ciencias y Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano. México.
45. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2015. [Disponible en: <https://www.oecd.org/mexico/Education-at-a-glance-2015-Mexico-in-Spanish.pdf> y consultado el 24 de agosto de 2017].

46. Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE). 2016. [Disponible en: <https://www.oecd.org/education/skills-beyond-school/EAG2016-Mexico.pdf> y consultado el 24 de agosto de 2017].
47. Palacios, F. J. P. (2006). Uso (y abuso) de la imagen en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 24(1), 13-30.
48. Pauwels, L. (2008). An integrated model for conceptualising visual competence in scientific research and communication. *Visual Studies*, 23(2), 147-161.
49. Perini, L. (2012). Depiction, detection, and the epistemic value of photography. *The Journal of Aesthetics and Art Criticism*, 70(1), 151-160.
50. Perini, L. (2013). Diagrams in biology. *The Knowledge Engineering Review*, 28(3), 273-286.
51. Pinar, S. (1999). La introducción de la genética en España durante el primer tercio del siglo XX. *Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 22(44), 453-474.
52. 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.
53. Reardon, J. (2009). *Race to the Finish: Identity and Governance in an Age of Genomics*. Princeton University Press.
54. Rivas, M. L., & González García, F. (2016). ¿Comprenden y aceptan los estudiantes la evolución? Un estudio en bachillerato y universidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 248–263.

55. Secretaría de Educación Pública (SEP). 2017. [Disponible en: http://www.dgb.sep.gob.mx/informacion-academica/programas-de-estudio-cie/Enfoque_Intercultural_Bachillerato_Gral.pdf y consultado el 17 de agosto de 2017].
56. Sivasundaram, S. (2010). Sciences and the global: on methods, questions, and theory. *Isis*, 101 (1), 146-158.
57. Subsecretaría de Educación Media Superior (SEMS). 2017. [Disponible en: http://www.sems.gob.mx/en_mx/sems/antecedentes_dgb y consultado el 17 de agosto de 2017].
58. Tejada, M. D. P. J., García, F. G., & Hódar, J. A. (2013). El aprendizaje del concepto biológico de población: cómo pueden las ciencias sociales y las matemáticas colaborar con la didáctica de la biología. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales* 22, 110-114.
59. Torrens, E. & Barahona, A. (2014). La representación de la evolución en los libros de texto mexicanos. *Ciencias Sociales y Educación*, 3(6), 19-42.
60. Torrens, E., Villela, A., Suárez-Díaz, E. & Barahona, A. (2015). *La biología desde la historia y la filosofía de la ciencia*. Universidad Nacional Autónoma de México. México. pp. 409-451.
61. Torrens, E. & Barahona, A. (2017). *La evolución biológica en los libros de texto mexicanos*. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ciencias y Centro de Estudios Filosóficos, Políticos y Sociales Vicente Lombardo Toledano. México.
62. Walker, M. (2012). The 'national' in international and transnational science. *The British Journal for the History of Science*, 45 (03), 359-376.

63. Yudell, M., Roberts, D., DeSalle, R., & Tishkoff, S. (2016). Taking race out of human genetics. *Science*, 351(6273), 564-565.
64. Zaballos, J. P., & Moreno, A. G. (2011). *Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas)*. Pruebas anatómicas y taxonómicas de la evolución: homologías, analogías, simetrías. REDUCA (Biología), 2 (2).