



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS

**EVIDENCIAS DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA:
APRENDIENDO EVOLUCIÓN DESDE LA
METODOLOGÍA CIENTÍFICA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIOLÓGA

P R E S E N T A:

ROSARIO MONSERRAT ACOSTA PÉREZ



**DIRECTORA DE TESIS:
M. en C. ERÉNDIRA ALVAREZ PÉREZ**

Cd. Universitaria, D. F. 2014



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 del Jurado

1. Datos del alumno

Acosta
Pérez
Rosario Monserrat
59725526
Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Ciencias
Biología
303077338

2. Datos del tutor

M. en C.
Eréndira
Alvarez
Pérez

3. Datos del sinodal 1

Dr.
Arturo Carlos II
Becerra
Bracho

4. Datos del sinodal 2

Dr.
Luis Felipe
Jiménez
García

5. Datos del sinodal 3

Dr.
Alberto Vladimir
Cachón
Guillén

6. Datos del sinodal 4

M. en Fil. en C.
Martha Susana
Esparza
Soria

7. Datos del trabajo escrito

Evidencias de la evolución biológica: aprendiendo evolución desde la metodología científica
117 pp.
2014

***Con amor y admiración
para mis padres.***

*Las palabras nunca alcanzan
cuando lo que hay que decir
desborda el alma.*

-Julio Cortázar-

***A la memoria de mi
abuelito Jesús Pérez
Beltrán.***

*Adiós, muchachos, compañeros de
mi vida, barra querida de aquellos
tiempos. Me toca a mí hoy
emprender la retirada, debo
alejarme de mi buena muchachada.*

*Adiós, muchachos, ya me voy y me
resigno, contra el destino nadie la
talla, se terminaron para mí todas
las farras, mi cuerpo enfermo no
resiste más.*

-Adiós muchachos de Carlos
Gardel-

A Esme, Andreus y Vale

*Mis personas favoritas en el
mundo.*

Agradecimientos

A mis padres, por enseñarme que las metas se pueden cumplir, que ser una persona honrada y respetuosa es la mejor carta de presentación y que la acción de superarse todos los días se debe hacer sin perjudicar a terceros. Todo lo bueno que tengo dentro de mí se lo debo a ustedes.

A mi madre María Guadalupe Pérez Rodríguez, por esforzarse en todo momento para que pudiera cumplir mis metas. Por ser mi ejemplo, por acompañarme en cada momento de mi vida. Por enseñarme todos los días que se puede vivir plenamente si uno así lo desea, aunque las circunstancias sean adversas. ¡Te amo mamá!

Al tío que ha sido y quiero como un padre Agustín Pérez Rodríguez, por ser mi ejemplo, por darme su amor, su comprensión y apoyo. Por elegir recorrer el mismo camino que llevamos mi madre y yo. Pero sobre todo por enseñarme que siempre se debe luchar por lo que uno más desea, aunque las metas parezcan incansables, basta con esforzarse y actuar para cumplirlas. También quiero agradecer por los consejos, las sugerencias, las discusiones y las ideas que compartiste conmigo para construir esta investigación.

¡Gracias a los dos por estar siempre a mi lado!

A mi abuelito Jesús Pérez Beltrán y a mi abuelita Felisa Rodríguez Roa por su compañía, por las historias, los consejos, por enseñarme a compartir, a ayudar y a ser humilde. Gracias a los dos por apoyarme a culminar esta etapa de mi vida.

A Isabel Ortiz mi gran y mejor amiga, por las pláticas interminables, por escucharme, por ser mi paño de lágrimas, por demostrarme que las verdaderas amistades están siempre en los momentos difíciles.

A Vanelly Víquez por enseñarme que aún con el panorama más desalentador, es posible luchar por lo que se quiere.

A Elena Bustos, Aurora Vasallos, Carlos Estrada y Julián Nieves mis mejores amigos de la carrera, por los grandes y maravillosos momentos que compartimos en las aulas de la facultad, las reuniones, las pláticas, los regaños, los secretos que compartimos, las risas y los brindis. ¡Muchas gracias por su amistad!

Nuevamente agradezco a Isabel Ortiz, Elena Bustos y Aurora Vasallos, así como a Adrián Roque, Ángel Alvarado y Angélica Alvarado, por ser mi red de apoyo, mis mejores amigos, mis hermanos, mi familia. De verdad me siento afortunada de haberlos conocido y de que sean parte de mi vida.

Ken, aún recuerdo cuando comenzamos a escribir una historia llena de proyectos, aunque el final no terminó como lo planeamos, siempre estarás en mi corazón, por haber sido mi compañero, mi confidente, mi amigo, mi apoyo, por llenar mis días de alegría, por hacerme sonreír y por mostrarme que en ocasiones las personas toman buenas o malas decisiones que pueden cambiar la vida de otras y ante tales situaciones debemos tomar solamente la parte y la responsabilidad que nos corresponde.

Quiero agradecer enormemente a la Universidad Nacional Autónoma de México, mi segunda casa, el lugar donde se construyen nuevos conocimientos, donde las ideas se transforman y el lugar donde se forjan grandes profesionistas.

También quiero agradecer a la Facultad de Ciencias, a los profesores que contribuyeron en mi formación académica, por enseñarme que la preparación universitaria es importante para poder ser un ciudadano crítico, responsable, honesto y sobre todo capaz de resolver problemáticas.

Agradezco al taller “Estudios históricos, filosóficos y sociales de la biología evolutiva”, por confiar en mi trabajo y por brindarme la oportunidad de aprender todos los días sobre temas de evolución y didáctica de las ciencias.

A Eréndira Alvarez Pérez mi asesora de tesis, por guiarme en la investigación de didáctica de la biología evolutiva, por brindarme los recursos y los medios posibles para realizar el trabajo de investigación, por motivarme todos los días para defender este trabajo y mostrar que es importante que se realicen este tipo de investigaciones en la Facultad de Ciencias.

Agradezco a mis sinodales: Dr. Arturo Becerra, Dr. Luis Felipe Jiménez, Dr. Vladimir Cachón y M. en Fil. en C. Susana Esparza, por el tiempo y las recomendaciones para mejorar este trabajo de investigación.

Al Dr. Ricardo Noguera Solano y a la M. en Fil. en C. Susana Esparza, por el apoyo, el tiempo, los materiales proporcionados y la disposición para ayudarme a formarme en el área de la biología evolutiva.

Agradezco al proyecto PAPIME PE 208511 “Aprendiendo evolución” por el apoyo brindado durante el periodo enero–abril del año 2013 como alumna de licenciatura y del periodo mayo–diciembre del mismo año como tesista de licenciatura.

Finalmente agradezco al equipo *Papimefléxico* integrado por biólogos, diseñadores gráficos, profesores e investigadores de diferentes disciplinas de la biología, por enseñarme que el trabajo en equipo puede generar grandes resultados, sobre todo si hace con pasión, con responsabilidad y con compromiso. ¡Equipo *Papimefléxico* a seguir aprendiendo evolución!

Tabla de contenido

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Síntesis..... | 15 |
| Introducción..... | 16 |
| Planteamiento del problema..... | 18 |
| Preguntas de investigación..... | 19 |
| Objetivos..... | 20 |
| Capítulo 1. Marco teórico..... | 21 |
| 1.1. El lenguaje de la ciencia..... | 21 |
| 1.1.1. Hecho científico..... | 22 |
| 1.1.2. ¿Qué es una teoría científica?..... | 22 |
| 1.1.3. Evidencia científica..... | 23 |
| 1.2. Disciplinas que han aportado evidencias de la evolución..... | 24 |
| 1.2.1. Biología molecular..... | 25 |
| 1.2.2. Embriología..... | 27 |
| 1.2.3. Morfología comparada..... | 27 |
| 1.2.4. Paleontología..... | 29 |
| 1.2.5. Biogeografía..... | 31 |
| 1.2.6. Selección natural en acción..... | 31 |
| 1.3. Modelo de evolución por variación y selección natural..... | 32 |
| Capítulo 2. Contenidos sobre la evolución biológica en Educación Secundaria...34 | |
| 2.1. Propósitos generales de la formación científica en Educación Básica..... | 35 |
| 2.2. Aprendizajes esperados en planes y programas vigentes establecidos por SEP, relacionados con evidencias de la evolución biológica..... | 35 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.1. Evidencias de la evolución en el “Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución”, del curso Ciencias I..... | 36 |
| 2.3. Evaluación diagnóstica sobre el aprendizaje de las evidencias de la evolución biológica..... | 39 |
| 2.3.1. Tipo de estudio..... | 39 |
| 2.3.2. Muestra..... | 40 |
| 2.3.3. Unidad de análisis..... | 41 |
| 2.3.4. Muestreo y tipo de diseño..... | 42 |
| 2.3.5. Instrumento..... | 42 |
| 2.3.6. Procedimiento..... | 43 |
| 2.3.7. Resultados..... | 44 |
| 2.3.8. Análisis de resultados..... | 55 |
| Capítulo 3. Importancia de las evidencias de la evolución biológica al aprender biología evolutiva..... | 59 |
| 3.1. Metodología científica en la enseñanza de la evolución biológica..... | 59 |
| 3.2. Propuesta didáctica sobre evidencias de la evolución biológica a partir de la metodología científica..... | 61 |
| 3.2.1. El caso de <i>Tiktaalik roseae</i> | 61 |
| 3.2.2. <i>Geospiza fortis</i> y los efectos de la selección natural..... | 65 |
| Conclusiones..... | 68 |
| Referencias bibliográficas..... | 72 |
| Anexos..... | 84 |

Índice de figuras y tablas

Fig.1. **Relación entre hecho, teoría y evidencia científica.** Se muestra la relevancia y la relación que tienen estos conceptos en la explicación de la teoría de la evolución.

Fig.2. **Disciplinas que han aportado evidencias a la evolución biológica.** Se muestran las deducciones que surgen a partir de las evidencias a favor de la evolución.

Fig.3. **Respuestas sobre evidencias de la evolución biológica (EEB) en la muestra seleccionada.** Se muestran las categorías obtenidas en la evaluación diagnóstica sobre EEB.

Fig.4. **Respuestas sobre evolución biológica en la muestra del turno matutino.** Se muestran las categorías obtenidas sobre EEB en la muestra del turno matutino.

Fig.5. **Respuestas sobre evolución biológica en la muestra del turno vespertino.** Se muestran las categorías obtenidas sobre EEB en la muestra del turno vespertino.

Tabla 1. **Estructura del curso Ciencias I de Educación Secundaria.** Distribución de los temas fundamentales del curso de Ciencias I.

Tabla 2. **Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución en los libros de texto.** Estructura y contenido del Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución en los libros de texto que utilizó la muestra.

Tabla 3. **Muestra seleccionada.** Total de alumnos de primer grado de secundaria de la muestra seleccionada para realizar la evaluación diagnóstica.

Tabla 4. **Aplicación del instrumento de evaluación diagnóstica.** Fechas de aplicación del instrumento de evaluación diagnóstica sobre evidencias de la evolución biológica.

Tabla 5. **Respuestas de los cuatro grupos del turno matutino a la pregunta del instrumento de evaluación diagnóstica: ¿Conoces alguna evidencia de la evolución de los seres vivos? ¿Cuál o cuáles?** Respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno matutino.

Tabla 6. **Respuestas de los cuatro grupos del turno vespertino a la pregunta del instrumento de evaluación diagnóstica: ¿Conoces alguna evidencia de la evolución de los seres vivos? ¿Cuál o cuáles?** Respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno vespertino.

Tabla 7. **Categorías sobre evidencias de la evolución biológica.** Las categorías que se presentan se obtuvieron a partir de las respuestas que los estudiantes de los dos turnos dieron a los instrumentos de evaluación diagnóstica sobre EEB y a la metodología de la teoría fundamentada de datos.

Tabla 8. **Resultados pre y post instruccionales sobre evidencias de la evolución biológica en la muestra del turno matutino.** Categorías y número de respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno matutino.

Tabla 9. **Resultados pre y post instruccionales sobre evidencias de la evolución biológica en la muestra del turno vespertino.** Categorías y número de respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno vespertino.

Índice de abreviaturas

| | |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| AC | Ancestría común |
| CAT | Cambios a través del tiempo (no especifican) |
| CVC | Ciclo de vida de un individuo a) Completo |
| CVE | Ciclo de vida de un individuo b) Una etapa |
| CVR | Ciclo de vida de un individuo c) Un rasgo |
| CVS | Ciclo de vida de un individuo d) Sin otra mención |
| DEAA | Diferencias entre especies antiguas y actuales |
| DEE | Desconocimiento de las evidencias de la evolución |
| DTE | Desconocimiento del término evidencia |
| EDP | Evolución en dos pasos |
| EEB | Evidencias de la evolución biológica |
| EEEE | Evolución de una o más especies como evidencias de la evolución (animales y plantas) |
| EHCHS | Evolución humana e) Cambios del <i>Homo sapiens</i> primitivo al actual |
| EHD | Evolución humana d) Desplazamiento |
| EHDT | Evolución humana a) Desarrollo tecnológico |
| EHEAH | Evolución humana i) Extinción de ancestros homínidos |
| EHEELB | Evolución humana f) Estación erecta y locomoción bípeda |
| EHEH | Evolución humana c) Evolución de los homínidos |
| EHEMC | Evolución humana b) Evolución mental y craneal |
| EHESHE | Evolución humana g) Evolución del ser humano y otras especies |
| EHESHR | Evolución humana k) Evolución del ser humano y restos de antepasados |
| EHHPH | Evolución humana l) Homínidos, primates y humanos |

| | |
|-------|---------------------------------------------------------------------|
| EHLL | Evolución humana j) Linaje de la especie humana i) Lineal |
| EHLN | Evolución humana j) Linaje de la especie humana ii) No especificada |
| EHP | Evolución humana h) Parecido |
| FAE | Fósiles a) Asociación con una o más especies. |
| FCE | Fósiles c) Con explicación |
| FEA | Fenómenos evolutivos b) Adaptación |
| FECF | Fenómenos evolutivos d) Combinación de fenómenos |
| FEE | Fenómenos evolutivos a) Extinción |
| FEV | Fenómenos evolutivos c) Variación |
| FSM | Fósiles b) Sin otra mención |
| IED | Instrumento de evaluación diagnóstica |
| LN | Linaje |
| MA | Matutino grupo A |
| MAT | Matutino |
| MB | Matutino grupo B |
| MC | Matutino grupo C |
| MD | Matutino grupo D |
| MDTE | Mencionan dos o tres evidencias |
| MERE | Mencionan una evidencia y un resultado de la evolución |
| MET | Mencionan una evidencia y la teoría |
| MEVSN | Modelo de evolución por variación y selección natural |
| NCE | No creen en la evolución |
| RSS | Respuestas sin sentido |
| RT | Respuestas tautológicas |
| TD | Teorías b) Darwin |

| | |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TFD | Teoría fundamentada de datos |
| TLG | Teleología |
| TSN | Teorías a) Selección natural |
| UMED | Una o más especies como evidencias de la evolución c) Diferentes especies que no incluyen al ser humano |
| UMEH | Una o más especies como evidencias de la evolución a) Homínidos |
| UMEHD | Una o más especies como evidencias de la evolución b) Humano y diferentes especies |
| VA | Vespertino grupo A |
| VB | Vespertino grupo B |
| VC | Vespertino grupo C |
| VD | Vespertino grupo D |
| VES | Vespertino |

Síntesis

La evolución biológica no solo es tema transversal e integrador en la biología, también lo es en otras disciplinas, lo cual indica que es fundamental en la enseñanza de la ciencia en todos los grados educativos (Ruiz, Alvarez-Pérez, Noguera & Esparza-Soria, 2012: 81). Sin embargo, investigaciones en didáctica de la biología reportan dificultades en la enseñanza y en el aprendizaje de los contenidos evolutivos. Ante esta situación, se generó una propuesta didáctica sobre evidencias de la evolución biológica desde la metodología científica y se mostró, a partir de una experiencia de campo, la importancia de construir estrategias y recursos didácticos que favorezcan la enseñanza y el aprendizaje de dichos contenidos. Para cumplir con los objetivos de esta investigación se realizó un estudio exploratorio sobre los conocimientos de evidencias de la evolución biológica a una muestra seleccionada de estudiantes de primer grado de educación secundaria de la Ciudad de México, Distrito Federal.

Introducción

“Nada en biología tiene sentido, si no se mira bajo la luz de la evolución” Dobzhansky, Theodosius, 1964, 1973.

En biología, las explicaciones evolutivas siempre están presentes, desde los temas moleculares, botánicos, fisiológicos, etológicos hasta los ambientales, entre otros, es decir, las teorías evolutivas unifican a la biología. Además, su contenido puede encontrarse en la medicina, la agricultura, la sociología, la economía entre otras disciplinas (Ayala, 2011: 32-33; Futuyma, 2009: 1, 14; Valero & Jardón, 2006: 17). Dado que las explicaciones evolutivas son centrales en la biología, es lógico esperar que su contenido sea parte fundamental del currículum en todos los grados escolares (Sanders & Ngxola, 2009: 122).

La biología evolutiva cuenta con diferentes teorías, cuyos modelos explican diferentes fenómenos evolutivos. La teoría sintética de la evolución retoma los postulados centrales que planteó Darwin e incorpora los conocimientos de la genética a su explicación. Dentro de este cuerpo de conocimientos se encuentra el modelo de evolución por variación y selección natural (MEVSN), el cual explica las adaptaciones de las especies al medio ambiente en el que viven por medio de la selección natural de variaciones favorables para la supervivencia y la reproducción.

A partir de las evidencias aportadas por diferentes disciplinas de la biología se deduce que todos los seres vivos actuales y extintos son resultado de la evolución biológica.

En contraste, diversas investigaciones han documentado que los alumnos tienen concepciones alternativas¹ al MEVSN, un nivel bajo de comprensión de los principios

¹ Las concepciones alternativas se caracterizan por ser: 1) Semejantes a algunas de las teorías formuladas en los inicios del desarrollo científico. 2) Coherentes y explicativas, permiten al estudiante explicar diversos fenómenos del mundo, con independencia de que rara vez coincidan con los modelos científicos (González-Galli, 2011: 149). 3) Personales y compartidas, es decir, cada individuo construye sus propias concepciones, pero muchas de estas son

evolutivos (Chuang, 2003: 669-670; Tindon & Lewontin, 2004: 126; van Dijk & Reydon, 2010: 661-670; Araujo, 2010: 101) y el uso de explicaciones teleológicas para describir el cambio evolutivo (Tindon & Lewontin, 2004: 126; van Dijk & Reydon, 2010: 659). Además consideran la explicación de la teoría sintética de la evolución como un acto de fe, poco estricta o sin pruebas (Chuang, 2003: 673) y no como una teoría científica que se sustenta con evidencias.

Ante esta situación es indispensable generar propuestas que contribuyan a la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos evolutivos. Es por ello, que en esta tesis se proponen dos recursos didácticos para educación secundaria que respaldan, los temas de las evidencias de la evolución biológica y de la metodología científica, como parte de los contenidos que se deben considerar para enseñar y aprender el MEVSN.

El diseño de los recursos didácticos se hizo a partir de una investigación de campo en una escuela secundaria pública del Distrito Federal con el objetivo de explorar los conocimientos sobre evidencias de la evolución biológica en los estudiantes y, a partir de los resultados, generar la propuesta didáctica. Cabe resaltar que la evidencia empírica del estudio exploratorio refuerza la necesidad de construir recursos didácticos que favorezcan la enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica como un hecho que está más allá de duda razonable debido a que se cuenta con evidencias contundentes que permiten hacer esta afirmación.

Los recursos didácticos diseñados “El caso de *Tiktaalik rosea*” y “*Geospiza fortis* y los efectos de la selección natural”, tienen el objetivo de explicar la evolución biológica y funcionar como un ejemplo de la metodología que se emplea en la labor científica. Se espera que el uso de la propuesta didáctica contribuya en el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos evolutivos y al mismo tiempo permita esclarecer y solucionar problemáticas reportadas en la didáctica de la biología evolutiva.

compartidas por diferentes individuos. 4) Resistentes al cambio, muchas de las concepciones alternativas permanecen inalteradas aún después de la instrucción (González-Galli, 2011: 149; Smith, M. U., 2010: 539).

Cabe resaltar que en esta tesis se plantea, a partir del diagnóstico, una propuesta que no se validó durante la investigación, ya que esto queda fuera del objetivo del proyecto, el cual consistió en diseñar una propuesta didáctica fundamentada desde la biología, orientada por la investigación en didáctica de la biología evolutiva y sostenida en el diagnóstico levantado en las aulas de una escuela secundaria pública de la Ciudad de México.

Planteamiento del problema

Una teoría científica es un planteamiento lógico que proporciona explicaciones provisionales sobre los fenómenos naturales (Gould, 2004: 102; Jiménez *et al*, 2007: 2) y se prueba empíricamente indagando si las predicciones formulas concuerdan con el mundo empírico (Dobzhansky, Ayala, Stebbins, & Valentine, 1980: 472-474; Ruiz & Ayala, 1998: 15).

Las teorías evolutivas tienen éxito porque proporcionan explicaciones lógicas a una serie de fenómenos evolutivos, a partir de los argumentos planteados se pueden formular hipótesis y posteriormente corroborarlas empíricamente. La teoría de la evolución explicada desde el marco teórico del MEVSN cuenta con una gran cantidad de evidencias que confirman las consecuencias de la teoría (Ayala, 2011: 34). A partir de las evidencias aportadas por diferentes disciplinas se deduce que todos los seres vivos actuales y extintos son resultado de la evolución biológica.

En contraste, investigaciones en didáctica de la biología evolutiva han documentado diversos problemas en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos evolutivos (Alters & Nelson, 2002; Alvarez-Pérez *et al.*, 2010; Chuang, 2003; Fail, 2008; Fernández & Sanjosé, 2007; Geraedts & Boersma, 2006; González-Galli, 2011; González-Galli *et al.*, 2005, 2010 (a) (b); Hernández, Alvarez-Pérez & Ruiz, 2009; Jiménez Aleixandre, 2002; Kampourakis, 2007; Moore & Cotner, 2009; Tindon & Lewontin, 2004; van Dijk & Reydon, 2010, entre otros). Algunos de los problemas

reportados se pueden clasificar en diferentes categorías de análisis, entre las que destacan la naturaleza del modelo², los planes y programas de estudio³, los contenidos⁴, los profesores⁵, los alumnos⁶ y los recursos didácticos⁷.

Uno de los objetivos de la educación es formar individuos críticos e interesados en la investigación e innovación científica (SEP, 2006: 23-25). La comprensión de las evidencias de la evolución biológica visto desde la metodología de la ciencia contribuirá a que los estudiantes aprendan que el origen evolutivo de los organismos es una conclusión científica establecida (Ayala, 2011: 36) y la forma en que los científicos llegan a estas conclusiones.

Preguntas de investigación

² van Dijk & Reydon (2010) mencionan que la teoría es conceptualmente complicada, que existen diferentes concepciones de los elementos de los cuales la teoría evolutiva consiste y que existen controversias y debates sobre los conceptos científicos establecidos.

³ Tindon & Lewontin (2004) mencionan que existen errores y dificultades en la presentación de los contenidos, además del poco contenido evolutivo que se presenta en los planes de estudio.

⁴ van Dijk & Reydon (2010) y Tindon & Lewontin (2004) mencionan que en los libros de texto se observa el uso de sinónimos en palabras que tienen significado diferente en el lenguaje de la ciencia, indistinción del significado de conceptos en el lenguaje científico y en el lenguaje común y la explicación simplificada de los conceptos biológicos.

⁵ Chuang (2003) y Moore & Cotner (2009) argumentan que en ocasiones por presiones sociales y creencias propias los profesores no enseñan la teoría de la evolución y algunos no consideran la evolución como un tema central e importante para la biología. Moore & Cotner (2009) señalan que los profesores no conocen bien la teoría, algunos prefieren enseñar teorías anti-evolutivas como el creacionismo y otros desconocen los conocimientos previos de los alumnos, por lo tanto, minimizan, restan importancia o ignoran sus dudas. Tindon & Lewontin (2004) mencionan que los profesores tienen poca preparación y la mayoría consideran que los alumnos de educación secundaria no tienen una base teórica suficiente para comprender la evolución biológica.

⁶ Chuang (2003) menciona que los alumnos consideran la teoría de la evolución poco estricta o sin pruebas, además tienen conceptos erróneos de la teoría y un nivel bajo de comprensión de los principios evolutivos. Por su parte Tindon & Lewontin (2004) exponen que los alumnos responden de manera lamarckiana para explicar el cambio evolutivo, tienen concepciones alternativas acerca de conceptos fundamentales de evolución y utilizan distintos términos evolutivos como sinónimos. van Dijk & Reydon (2010) y Tindon & Lewontin (2004) argumentan que los alumnos utilizan explicaciones teleológicas para describir el cambio evolutivo.

⁷ Tindon & Lewontin (2004) mencionan que hacen falta recursos didácticos sobre temas evolutivos y tiempo para utilizar el material en horas de clase, también menciona que muchos libros de texto no toman en cuenta las dificultades de los alumnos cuando se enfrentan a temas de evolución.

¿Los alumnos de Educación Secundaria adquieren conocimientos sobre evidencias de la evolución biológica a través de los contenidos de los planes y los programas vigentes de la SEP y con instrucción convencional?

¿Por qué es importante aprender biología evolutiva desde la metodología de la ciencia?

¿Cómo se pueden enseñar y aprender contenidos de biología evolutiva a partir de la metodología científica?

Objetivo general

Generar una propuesta didáctica sobre evidencias de la evolución biológica desde la metodología científica para aprender contenidos de biología evolutiva en educación secundaria.

Objetivo particular

Mostrar a partir de una experiencia de campo la necesidad de construir recursos didácticos para la enseñanza de la biología evolutiva, a través de las evidencias de la evolución biológica.

Capítulo 1. Marco teórico

1.1. El lenguaje de la ciencia

La ciencia se define como un cuerpo de conocimientos y al mismo tiempo como una actividad humana (González-Galli, 2010a: 82; Mayr, 1998: 40) que busca la organización sistemática del conocimiento del universo. La ciencia realiza afirmaciones acerca de fenómenos observables en el mundo natural, formula leyes, teorías generales y explicaciones para dichos fenómenos, identificando las causas que hacen posible su ocurrencia (Dobzhansky *et al.*, 1980: 472, 474; Futuyma, 2009: 612; McNeill & Krajcik, 2008: 121; Monroe, 2000: 17; Ruiz & Ayala, 1998: 8, 12-13).

La organización sistemática del conocimiento, la explicación de las causas que producen los hechos observados y la posibilidad de que la explicación científica pueda ser refutada mediante la observación y la experimentación, son características que distinguen a la ciencia del conocimiento adquirido por sentido común (Dobzhansky *et al.*, 1980: 472-474; Ruiz & Ayala, 1998: 12-13).

De igual forma el lenguaje científico suele ser diferente del lenguaje que se emplea en la vida cotidiana. El lenguaje que se usa en ciencia se caracteriza por ser preciso, explicativo, argumentativo y por tener un concentrado de información sobre conceptos que son complejos y con un alto grado de abstracción (Revel-Chion, 2010: 72-73). Cuando los estudiantes se enfrentan al proceso de entendimiento de los conceptos, no llegan a comprenderlos en su totalidad, los confunden o utilizan como sinónimos tanto en el lenguaje común y en el científico. El no realizar una distinción entre los términos usados coloquialmente y los términos científicos propicia conflictos y malas interpretaciones de conceptos que son fundamentales (Chuang, 2003: 669; Tindon & Lewontin, 2004: 126, 129; van Dijk & Reydon, 2010: 657,664).

1.1.1. Hecho científico

En el lenguaje de la ciencia, un hecho científico, es un proceso que ocurre en el mundo natural, el cual puede ser observado y verificado (Ayala, 2011: 33-35; Dawkins, 2009: 26; Futuyma, 2009: 613; Gould, 2004: 102; Jiménez *et al.*, 2007: 4; National Center for Science Education, 2013; Quesada, 2007: 15) para su posterior formulación como modelo teórico de interpretación (Fourez, 1994 citado en González-Galli, 2010: 79).

Los hechos científicos existen antes de la construcción de la teoría que los explica, son invariantes respecto de otras explicaciones y son fundamentales para la posterior formulación de hipótesis. Así mismo, son la base estructural del conocimiento teórico – científico (Bakker & Clark, 1994: 285; Díaz, 2009: 93; Díaz, Calzadilla & López, 2004: 5-7; Jiménez *et al.*, 2007: 4-5) y al mismo tiempo sirven como criterio de comprobación o refutación de la teoría (Díaz, 2009: 93; Díaz *et al.*, 2004: 5-7; Chalmers, 2000 citado en González-Galli, 2010a: 79).

1.1.2. ¿Qué es una teoría científica?

Una teoría científica no es una idea que surge en un momento fortuito o una especulación y mucho menos una creencia sin fundamento (Bakker & Clark, 1994:17; Futuyma, 2009:14), por el contrario, es un planteamiento lógico que incluye conceptos y proposiciones (Criado, 1984: 15; Gould, 2004: 102; The role of theory in advancing 21st century biology: catalyzing transformative research, 2008) el cual, describe, explica e interpreta los procesos que ocurren en la naturaleza (González-Galli, 2010b: 227; Gould, 2004: 102) a partir de metodologías que le dan un grado de certeza. Es decir, son explicaciones provisionales sobre los fenómenos naturales, las cuales han sido demostradas y confrontadas con los hechos y están en espera de nuevas confirmaciones o de su refutación (Chuang, 2003: 673; Coney, 2010: 39-40; Dawkins,

2009: 22-23, 139; Futuyma, 2009: 612-613; Jiménez *et al.*, 2007: 2; Quammen, 2004: 6; Ruiz & Ayala, 1998: 12-13, 19; Sanders & Ngxola, 2009: 121).

Uno de los problemas más frecuentes, es que en el lenguaje común, el término “teoría” suele utilizarse como una suposición que no ha sido verificada ni comprobada (Ayala, 2011: 31-42; Coney, 2009: 38; Sanders & Ngxola, 2009: 121) o como una explicación que tiene nula o poca evidencia. En el lenguaje científico, teoría implica un cuerpo de conocimientos basados en explicaciones y principios relacionados entre sí (Coney, 2009: 39; Ruiz & Ayala, 1998: 24).

Cuando no se realiza la distinción en el significado de este concepto, se propicia que los estudiantes consideren la teoría de la evolución como un acto de fe, poco estricta, sin pruebas (Chuang, 2003: 673), un argumento inválido, poco confiable y no como una teoría científica que se sustenta con evidencias. En la actualidad ninguna persona tendría que dudar del hecho de la evolución, puesto que se cuentan con suficientes evidencias que respaldan los argumentos de la misma (Ayala, 2011: 38-42; Dawkins, 2009: 22).

1.1.3. Evidencia científica

Una evidencia científica es una observación empírica relacionada con el fenómeno natural que se está estudiando (Kuhn & Pearsall, 2000: 116). La evidencia científica debe ser exacta, adecuada y suficiente, ya que aporta información a la explicación (teoría científica) del fenómeno o hecho científico (McNeill & Krajcik, 2008: 134). Es decir, la evidencia científica justifica y confirma los hechos observados del fenómeno natural (hecho científico) (Kuhn & Pearsall, 2000: 117-118).



Fig. 1. Los hechos científicos son fenómenos observables en la naturaleza y las teorías científicas se encargan de explicar las causas que los provocan. Las evidencias científicas respaldan a las teorías, las cuales son validadas por la comunidad científica.

1.2. Disciplinas que han aportado evidencias de la evolución

Diferentes disciplinas biológicas han aportado evidencias a favor de la evolución biológica. Estas evidencias consisten fundamentalmente en afirmar que hay un origen común entre todos los seres vivos y que el origen de nuevas especies se produce a partir de especies ancestrales (Dawkins, 2009: 232; González, 2009: 39-47). Estos argumentos muestran que en la historia de los seres vivos se ha generado el cambio y la diversificación de las especies a partir de un ancestro común (González, 2009:

39,47). Uno de los procesos que ha generado el cambio es la selección natural, y es el único proceso evolutivo que promueve la adaptación (González, 2009: 39,47; Savage, 1975: 98; Ruiz & Ayala, 2008: 467-469).

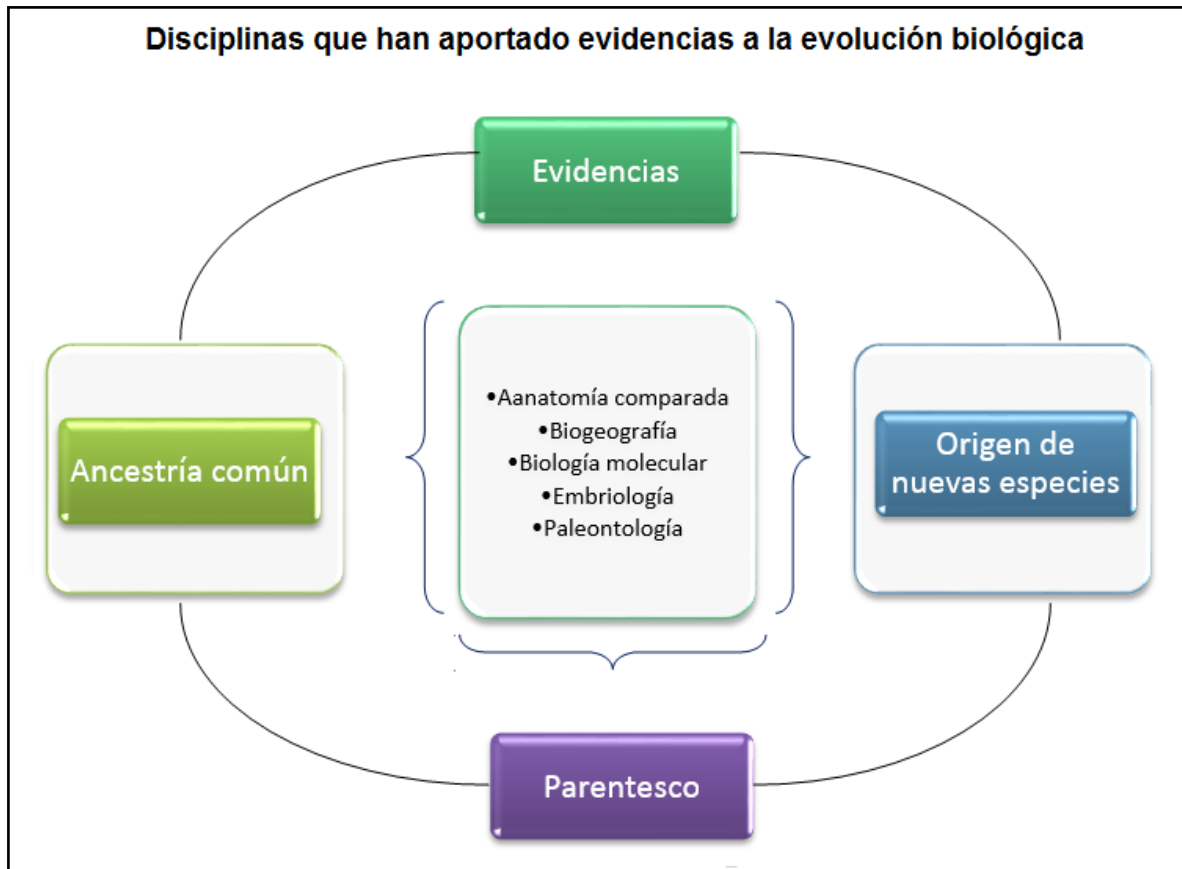


Fig. 2. Las disciplinas biológicas aportan evidencias de que todas las especies descienden de un mismo ancestro común, que la adaptación de las especies a los diferentes ambientes se da por la selección natural y que las nuevas especies se originan a partir de especies ancestrales.

1.2.1. Biología molecular

A partir de estudios teóricos y experimentales la biología molecular ha demostrado que todos los seres vivos desde las bacterias hasta los organismos multicelulares

comparten las mismas vías bioquímicas y el mismo código genético (Coney, 2010: 27; Freeman & Herron, 2002: 24; González, 2009: 39-40; Kardong, 2005: 86). El ácido desoxirribonucleico (DNA) es la molécula que transmite la información hereditaria generación tras generación⁸ y la encargada de codificar las instrucciones necesarias para el funcionamiento de las células. La mayoría de las enzimas que replican y reparan el material hereditario y el sistema que traduce el mensaje codificado en el DNA a proteínas son comunes en todos los organismos. El hecho de que todas las especies comparten el mismo código de 4 letras [adenina (A), guanina (G), citosina (C) y timina (T)], significa que todas las especies provienen de un ancestro común que tenía el mismo código genético y lo heredó a sus descendientes (Coney, 2010: 27; González, 2009: 40; Kardong, 2005:86). Con unas pocas excepciones, todos los organismos estudiados hasta la fecha utilizan los mismos tripletes de nucleótidos, o codones para especificar a los mismos RNA de transferencia portadores de aminoácidos (Freeman & Herron, 2002: 24).

La comparación de secuencias de DNA, proteínas respiratorias, hemoglobinas o citocromo C entre diferentes especies, se realizan para determinar relaciones de parentesco entre los seres vivos y observar su posición en el árbol evolutivo dependiendo del grado de semejanzas y diferencias entre una y otra (Dawkins, 2009: 289-291; Lehninger, 1990: 114-117; Sánchez & Ruiz, 2006: 103).

Con los estudios mencionados, se puede afirmar que la biología molecular es la disciplina que ha proporcionado la evidencia más directa y confiable para reconstruir la historia evolutiva de los seres vivos en la Tierra (Ruiz & Ayala, 1998: 90; Ruiz & Ayala, 2002: 90; Sánchez & Ruiz, 2006: 101).

⁸ En el año de 1995 Eva Jablonka y Marrison J. Lamb propusieron la explicación evolutiva llamada “herencia epigenética”. En ella sostienen que no toda la información hereditaria está incorporada en la secuencia de DNA de los organismos, además afirman que es posible que dicha información pueda ser obtenida bajo influencia del ambiente (Hernández-Marroquín, V. R., 2011: 159-160).

1.2.2. Embriología

La embriología estudia los cambios que se producen durante el desarrollo embrionario de un individuo (Ruiz & Ayala, 2002: 88, Quammen, 2004: 5, González, 2009: 122). Con base en estudios embriológicos, se tiene evidencia de que los grupos de animales relacionados evolutivamente (que comparten ancestros comunes), tienen rasgos comunes en las etapas iniciales del desarrollo embrionario (Jiménez *et al.*, 2007: 5; Kardong, 2005: 90).

Un ejemplo de esto se presenta en el grupo de los vertebrados formado por aves, peces, reptiles y mamíferos. En las primeras etapas del desarrollo todos los embriones son similares y pasan por un estadio en el que presentan cola y hendiduras branquiales, estas últimas sólo se desarrollan y son funcionales en los peces. (Audesirk, T.; Audesirk, G. & Byers, 2008: 279). Las semejanzas en los embriones se deben a que los vertebrados comparten un ancestro común que tenía las mismas características y los genes que codifican dichas estructuras son similares entre este grupo de animales (Freeman & Herron, 2002: 24).

1.2.3. Morfología comparada

La morfología comparada es la disciplina que se encarga del estudio comparativo de la estructura corporal de los seres vivos (Quammen, 2004: 5). Desde la antigüedad numerosos especialistas en esta disciplina estudiaron estructuras óseas y órganos de diferentes especies y determinaron tres tipos de patrones.

El primero consiste en las homogenias, las cuales son características semejantes compartidas entre distintos grupos de especies (Dobzhansky *et al.*, 1980: 263; Dawkins, 2009: 259; Freeman & Herron, 2002: 24; Kardong, 2005: 88-89), debido a la herencia a partir de un antepasado común (Burnie, 2004: 10; Dobzhansky *et al.*, 1980: 263; González, 2009: 87-88,120; Kardong, 2005: 88-89). Entre el ancestro común y las

diferentes especies permanece el patrón compartido, aunque en el tiempo dichas características evolucionen en diferentes direcciones. Las homogeneas son resultado de la evolución paralela, la cual da como resultado, rasgos similares entre organismos que comparten un ancestro común reciente (Dobzhansky *et al.*, 1980: 265-266; Kardong, 2005: 85-86, 89).

Los miembros superiores de mamíferos como los murciélagos, perros, ballenas y el ser humano tienen los mismos huesos en número y posición relativa, aunque cada uno de estos realice distintas actividades y superficialmente cada una de las extremidades sea diferente. Esta semejanza en la posición de los huesos se explica a partir de un antepasado común que tenía los mismos huesos, los heredó a sus descendientes y con el paso del tiempo la selección natural favoreció la adaptación de las extremidades a diferentes medios (Dobzhansky *et al.*, 1980: 263; González, 2009: 120; Kardong, 2005: 85-86; Sánchez & Ruiz, 2006: 40-41).

No podemos creer que los huesos semejantes en el brazo del mono, en la pata anterior del caballo, en el ala del murciélago, en la aleta de la foca, sean de utilidad especial en estos animales. Podemos atribuir con seguridad estas estructuras a herencia (Darwin, Charles, 2009 [1859]: 195).

El segundo patrón son los órganos o estructuras vestigiales, los cuales son homólogos a una estructura que cumple o cumplió una función importante en especies relacionadas (Freeman & Herron, 2002: 31; Kardong, 2005: 95). Generalmente son de tamaño pequeño y sin ninguna función en la actualidad para las especies que las presentan (Dodson, 1963: 62). Estas partes del cuerpo rudimentarias, fueron de gran importancia en un antepasado remoto y se heredaron a especies actuales casi en el mismo estado (Darwin, 2009 [1859]: 193). Se pueden observar a nivel estructural, de desarrollo y genético (Freeman & Herron, 2002: 31) y son evidencia del cambio evolutivo a través del tiempo (Burnie, 2004:10; Freeman & Herron, 2002: 32).

Admito, por completo, que muchas estructuras no son actualmente de utilidad directa a sus poseedores, y pueden no haber sido nunca de utilidad alguna a sus antepasados;

pero esto no prueba que fueron formadas únicamente por belleza o variedad (Darwin, 2009 [1859]: 195).

En la actualidad, podemos observar estructuras vestigiales en varias especies, los peces que habitan las cavernas tienen cuencas oculares, sin embargo son ciegos (Burnie, 2004: 10-11; Freeman & Herron, 2002: 31), algunas serpientes tienen caderas y patas traseras pequeñas (Burnie, 2004:10-11; Dodson, 1963: 62-65; Freeman & Herron, 2002: 31), el ser humano tiene el apéndice vermiforme (que en el pasado cumplió una función en el proceso de la digestión), la muela del juicio, el coxis, entre otros (Burnie, 2004: 10-11; Dodson, 1963: 62-65).

El tercer patrón son las homoplasias o estructuras análogas y son aquellas características que evolucionaron independientemente en distintos grupos de especies. Estas características son similares y desempeñan la misma función en las diferentes especies que las poseen (Burnie, 2004: 11; Dobzhansky *et al.*, 1980: 263; Dodson, 1963: 59; Kardong, 2005: 88-89). La correspondencia de características similares se debe a una semejanza funcional y no a una ancestría común (Dobzhansky *et al.*, 1980: 263, 265).

Las homoplasias son resultado de la evolución convergente, la cual da como resultado rasgos similares entre organismos que no comparten un ancestro común reciente. Como ejemplo de estas características se encuentran las alas de aves, murciélagos y moscas, las cuales se formaron independientemente como adaptaciones que permiten el vuelo (Dobzhansky *et al.*, 1980: 265; Kardong, 2005: 89). Igualmente el tiburón (pez cartilaginoso) y el delfín (mamífero) tienen semejanzas morfológicas externas, estas características evolucionaron independientemente como adaptaciones a la vida acuática (Dobzhansky *et al.*, 1980: 265).

1.2.4. Paleontología

La paleontología es la disciplina que se encarga del estudio de los fósiles (Quammen, 2004: 5) para reconstruir la historia de vida de las especies. Las evidencias de vida en el pasado (fósiles) se encuentran localizadas en todo el planeta, pueden encontrarse restos de organismos diminutos hasta organismos de gran tamaño. Con el estudio comparativo entre fósiles y especies actuales, la paleontología proporciona información acerca de cómo se han modificado las especies a lo largo del tiempo (Freeman & Herron, 2002: 33-34).

El registro fósil está constituido por restos de organismos o por evidencias de la actividad orgánica de las especies. Un fósil, es cualquier evidencia de vida en el pasado con más de 10 mil años de antigüedad, la cual se conservó hasta nuestros días y es posible estudiarla (González, 2009: 43; Sour & Rivera, 1997: 12).

El estudio de los fósiles es clave para reconstruir la historia evolutiva de las especies, ya que muestran cómo han cambiado con el tiempo e indican cuándo se originaron y cuándo se extinguieron diferentes especies, es decir, forman una cronología de la vida en la Tierra (Burnie, 2004: 6,40; Freeman & Herron, 2002: 33-34; González, 2009: 44-45; Monroe, 2000: 13).

Se han encontrado fósiles de especies marinas en zonas desérticas, lo que muestra que los hábitats también cambian a lo largo del tiempo, ya que las condiciones ambientales no son constantes. Los fósiles más antiguo que se han encontrado son de impresiones de células bacterianas en rocas de unos 3 500 millones de años (Freeman & Herron, 2002: 35-65,41).

El registro fósil o la cronología de vida en la Tierra proporciona información sobre las especies que existieron en el pasado (Burnie, 2004: 6; González, 2009: 44-45), indica cómo se han transformado las especies en el tiempo y muestra especies intermedias entre grupos de organismos (González, 2009: 46; Jiménez *et al.*, 2007: 5). Los fósiles de *Archaeopteryx lithographyca* y *Tiktaalik roseae* representan formas intermedias o de transición entre especies y presentan tanto características de las poblaciones ancestrales, como caracteres nuevos de las especies descendientes (Freeman & Herron, 2002: 34-35; González, 2009: 46; Sánchez & Ruiz, 2006: 46).

1.2.5. Biogeografía

La biogeografía describe y explica las causas de la distribución geográfica de las especies en el planeta (Futuyma, 2009: 134; Katinas & Crisci, 2009: 31; Mongue-Nájera, 2008: 102-103; Morrone, 2001: 41; Moya, 1989: 27; Quammen, 2004: 5) y revela la correspondencia entre la distribución geográfica actual y la historia geológica de la Tierra (González, 2009: 43).

Algunos de los patrones de distribución que se han descrito al observar y estudiar floras y faunas de distintas partes del planeta, evidencian la existencia de especies íntimamente relacionadas, el origen de nuevas especies, la ancestría común y la descendencia con modificación.

En las islas y en los continentes existen diferencias en la diversidad biológica, en las primeras se presenta una proporción alta de endemismos y en la segunda existe mayor diversidad de especies (Schussheim, 1986: 99; Ruiz & Ayala, 2008: 459).

Las especies que son muy similares entre sí tienden a agruparse geográficamente, como los sinsontes, pinzones y tortugas que Darwin observó en las Islas Galápagos. Esta correspondencia en la distribución sugiere que son descendientes de un antecesor común que vivió en la misma zona (Freeman & Herron, 2002: 26).

La biogeografía proporciona evidencias de la evolución como uno de los procesos responsables de la biodiversidad. La distribución de los seres vivos en la Tierra depende de procesos históricos: geológicos (como el movimiento de las placas tectónicas), evolutivos y ecológicos, estos últimos favorecen el proceso de especiación mostrando que, la separación geográfica promueve la diferenciación entre especies.

1.2.6. Selección natural en acción

Charles Darwin (1809-1882) definió la selección natural, como la preservación de las características favorables y la destrucción de las características perjudiciales, en otras palabras, la definió como la supervivencia y reproducción diferencial (Darwin, 2009 [1859]: 84; Valero & Jardón, 2006:16).

En la teoría de evolución por selección natural publicada en 1859, Darwin explica 4 postulados fundamentales: 1) En las poblaciones naturales, existe variación en los individuos que la conforman, 2) en cada generación nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, 3) los recursos para mantener a las poblaciones son limitados. Debido al crecimiento de las poblaciones y la escases de los recursos, 4) se propicia una lucha entre los individuos. En esta competencia, los individuos con variaciones favorables, tendrán mayores probabilidades de sobrevivir, reproducirse y heredar las variaciones favorables a la siguiente generación (Darwin, 2009 [1859]: 68, 85-89, 98; Mayr, 1998: 205-208; Ruiz & Ayala, 2008: 467-468).

Un ejemplo de selección natural en acción se observó en las poblaciones de *Bistum betularia*, una palomilla que habita los bosques de Inglaterra. La forma típica de la palomilla es de color blanco y existe una variante que es de color moteado. Antes de la Revolución industrial (1760-1870), en los árboles de los bosques de Inglaterra predominaban los individuos de color blanco, ya que se mimetizaban en la corteza blanca de los árboles, mientras que las formas moteadas eran visibles para los depredadores. Sin embargo, cuando comenzó la Revolución industrial, los bosques fueron afectados por las grandes cantidades de humo contaminante que despedían las fábricas, provocando que los troncos de los árboles se tornaran color oscuro. Con este cambio en el ambiente, los individuos que predominaron en los bosques fueron los de color moteado, mientras que las formas típicas fueron depredadas.

Con este ejemplo se demuestra que la selección natural es un proceso que está actuando en todo momento, conservando las variantes con mayor adecuación en un determinado tiempo y ambiente.

1.3. Modelo de evolución por variación y selección natural

La biología evolutiva⁹ cuenta con una familia de teorías, cuyos modelos explican diferentes fenómenos evolutivos; dentro de esta familia se encuentra el equilibrio puntuado, el neutralismo, la teoría epigenética, la teoría endosimbiótica, la teoría sintética, entre otras (González-Galli, 2010b: 227). Esta última, conserva los postulados centrales de Darwin e incorpora los conocimientos de la genética a su explicación. El modelo que explica la adaptación de las especies al medio en que viven y el origen de nuevas especies a partir de especies ancestrales, es el modelo de evolución por variación y selección natural (MEVSN). Esta explicación científica, es considerada por la comunidad científica como uno de los paradigmas de la biología, ya que integra conceptos evolutivos fundamentales y cuenta con evidencias contundentes.

El MVESN plantea que los individuos de una especie son diferentes, es decir, existe variación al interior de la especie. Las variaciones que sean beneficiosas para la supervivencia en los individuos que las portan, tenderán a conservarse, heredarse y aumentar las probabilidades de supervivencia y reproducción (Ayala, 2011: 35-38; Darwin, 2009 [1859]: 67-70, 81; Mayr, 1998: 205-208; Ruiz & Ayala, 2008: 465-466).

Las poblaciones tienden a crecer de manera exponencial, es decir, en cada generación nacen más individuos de los que pueden sobrevivir aunque existen factores que regulan el tamaño poblacional y debido a que los recursos necesarios para que los individuos sobrevivan son limitados, se produce una lucha por la existencia. En esta lucha, los individuos que presentan variaciones favorables para la supervivencia, tendrán mayores posibilidades de sobrevivir y reproducirse. A la conservación de las variaciones favorables para la supervivencia y la reproducción diferencial se le conoce como selección natural (Ayala, 2011: 35-38; Darwin, 2009 [1859]: 68, 85-89, 98; Mayr, 1998: 205-208; Ruiz & Ayala, 2008: 467-468).

El MEVS natural explica cómo se adaptan las especies a través del tiempo al medio en que viven y cómo, a partir de especies ancestrales, se originan nuevas especies que presentan nuevas y variadas formas de adaptación.

⁹ Es el área de conocimiento de la biología que se centra en el estudio y la investigación de la evolución biológica (Guzmán-Sánchez, 2013: 130).

Capítulo 2. Contenidos sobre la evolución biológica en Educación Secundaria

El curso Ciencias I establecido por el ejecutivo federal en 2006, está organizado en cinco bloques. Los temas fundamentales del curso están relacionados con el conocimiento de los seres vivos, el cuidado del ambiente, el funcionamiento del cuerpo humano (nutrición, respiración y reproducción) y la promoción de la salud (SEP, 2006: 31).

| Estructura del curso Ciencias I de Educación Secundaria | | | | |
|---------------------------------------------------------|-----------|-------------|--------------|-----------------|
| Bloque 1 | Bloque 2 | Bloque 3 | Bloque 4 | Bloque 5 |
| Biodiversidad | Nutrición | Respiración | Reproducción | Calidad de vida |

Tabla 1. Distribución de los temas fundamentales del curso Ciencias I de Educación Secundaria en México, Distrito Federal.

Los contenidos relacionados con evolución se encuentran en los primeros cuatro bloques, enfatizando la interacción de los seres vivos y el ambiente en términos de diversidad y adaptación.

Los temas evolutivos del bloque 1 son la evolución, la biodiversidad, la adaptación, la selección natural y las interacciones entre los seres vivos y su ambiente. En el bloque 2 se presenta la interacción depredador-presa desde un enfoque evolutivo, para explicar las diferentes formas de nutrición en términos de adaptación y selección natural. En el bloque 3 se explica la respiración en términos evolutivos, realizando una comparación entre las estructuras respiratorias de los seres vivos y la relación con el ambiente en donde habitan. Finalmente, el bloque 4 aborda aspectos generales de los procesos de división celular (mitosis y meiosis), presenta el tema de herencia biológica y destaca la relación entre genotipo y fenotipo. Además se comparan algunas de las

adaptaciones relacionadas con los mecanismos de reproducción sexual y asexual (SEP, 2006: 35-37).

Con esto se espera que los alumnos construyan una base de conocimientos biológicos relacionados con la evolución, la herencia y la ecología, que les permita seguir aprendiendo a lo largo de su vida.

2.1. Propósitos generales de la formación científica en Educación Básica

Los propósitos están orientados a proporcionar una formación científica para que los alumnos: 1) Desarrollen habilidades del pensamiento científico para que puedan representar e interpretar los fenómenos y procesos naturales. 2) Reconozcan que la ciencia es una actividad humana en constante construcción. 3) Den soluciones a problemáticas y tomen decisiones en beneficio de la salud y el medio ambiente. 4) Valoren el impacto de la ciencia y la tecnología en el ambiente natural, social y cultural. 5) Relacionen el conocimiento científico con el de otras disciplinas para explicar los fenómenos naturales. 6) Comprendan los fenómenos naturales desde una perspectiva sistémica (SEP, 2006: 21).

2.2. Aprendizajes esperados en planes y programas vigentes establecidos por SEP, relacionados con evidencias de la evolución biológica

Del subtema 2.2. Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin, se espera que los alumnos: 1) Relacionen la información del registro fósil con las características de los organismos actuales, para enfatizar que son evidencias que han permitido reconstruir la evolución de los seres vivos. 2) Identifiquen las evidencias que empleó Darwin para explicar la evolución de los seres vivos y 3) reconozcan las habilidades y actitudes que aplicó Darwin en el estudio de los seres vivos (SEP, 2006: 41).

2.2.1. Evidencias de la evolución en el “Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución”, del curso Ciencias I

El ejecutivo federal estableció en 2006, en los planes y programas vigentes para el curso de Ciencias I, que el tema de evidencias de la evolución biológica se abordará en el subtema 2.2. *Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin*. La evidencia que se plantea para ser enseñada es la comparación entre el registro fósil y las especies actuales.

Para obtener información detallada sobre los conceptos y los contenidos relacionados con evidencias de la evolución, se realizó una revisión del bloque I en los libros de texto que utilizaron los grupos en los que se realizó el diagnóstico (ANEXO 1).

En el libro de Limón, Mejía & Aguilera (2011), “El reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin” se encuentra en el subtema 2.3. En este, se pone de relevancia a los fósiles como testimonio de la evolución de los seres vivos, las formas de fosilización y a *Archaeopteryx litographica* como el ancestro de las aves. También se menciona el viaje que realizó Darwin y las observaciones que hizo en las islas Galápagos, así como la publicación del libro *El origen de las especies* y el concepto de selección natural.

En este subtema, se encuentran frases relacionadas con evidencias paleontológicas y biogeográficas que pueden ser claves para el aprendizaje de los alumnos y son:

Los cambios han sido documentados con el estudio de los fósiles (Limón *et al.*, 2011: 45).

Fósiles fuente de información y evidencia de los procesos evolutivos en las especies (Limón *et al.*, 2011: 45).

Estudios de los fósiles demuestra que los organismos han surgido en una secuencia histórica, la cual permiten vincular y establecer los ancestros que dieron origen a las especies actuales (Limón *et al.*, 2011: 45).

Con base en múltiples y cuidadosas observaciones de los seres vivos en sus hábitats naturales, Darwin demostró qué grupos de organismos están emparentados con un ancestro común (Limón *et al.*, 2011: 47).

En el subtema 2 se encuentra una frase relacionada con la evidencia anatómica y es:

Actualmente una de las principales tareas de los científicos dedicados a la clasificación es distinguir las auténticas similitudes que comprueben que el origen de dos o más especies es un ancestro común (Limón *et al.*, 2011:42).

En el libro de Guillén (2010), en el subtema 2.2. “El reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin”, se explica el concepto, los tipos de fósiles y ejemplos de fósiles de especies de plantas y animales desconocidos como una evidencia de la evolución.

Se mencionan las evidencias que le ayudaron a Darwin a consolidar su teoría de la evolución y las observaciones que realizó sobre los pinzones de las islas Galápagos.

También se relata el proceso de la construcción de la teoría de la evolución y la publicación del libro *El origen de las especies*, así como los conceptos de selección natural y adaptación.

En este subtema, se encuentran frases relacionadas con evidencias biogeográficas y paleontológicas que pueden ser claves para el aprendizaje de los alumnos y son:

El viaje que realizó Darwin fue determinante en su formación, ya que en él recogió un sin número de evidencias que más tarde le ayudarían a consolidar su teoría sobre la evolución de las especies (Guillén, 2010: 63).

En Brasil contempló la selva amazónica y apreció su enorme diversidad biológica. En Chile fue testigo de la devastación provocada por un terremoto y las modificaciones

sufridas en la línea de costa. Encontró fósiles marinos a gran altura, lo que le permitió inferir que esos espacios habían estado sumergidos. Llegó a las Islas Galápagos, que se encuentran frente a las costas de Ecuador, donde hizo observaciones muy importantes (Guillén, 2010: 63).

Estudios de paleontología ofrecen una de las evidencias más importantes de la evolución de las especies <fósiles> (Guillén, 2010: 66).

Con el análisis de los fósiles se puede conocer el cambio morfológico de las especies durante el tiempo (Guillén, 2010: 66).

En los subtemas 1.2, 1.3 y 2.3 del bloque 2, se encuentran frases relacionadas con evidencias moleculares, paleontológicas, biogeográficas, tales como:

Métodos de clasificación modernos, basados en técnicas bioquímicas permiten analizar secuencias de ADN entre diferentes especies e identificar el grado de parentesco (Guillén, 2010: 25).

La teoría evolutiva de Darwin (demuestra el origen común de los seres vivos) y la paleontología (documenta los cambios de los seres vivos), han permitido a la taxonomía un mayor desarrollo (Guillén, 2010: 30).

La paleontología proporciona un mapa histórico de los seres que han existido en el planeta (Guillén, 2010: 30).

Avances científicos en genética han permitido comparar moléculas y genes de especies brindando una mayor aproximación del nivel de parentesco (Guillén, 2010: 30).

Fenómenos que ocurrieron hace millones de años, como movimientos tectónicos o glaciaciones, influyeron en la distribución actual de la biodiversidad (Guillén, 2010: 34).

Cambios geográficos en el planeta provocaron que algunas especies quedaran aisladas y evolucionaran de manera diferente (Guillén, 2010: 34).

Una de las principales evidencias que Darwin analizó para llegar a su teoría evolutiva se basó en la observación de la forma en que los criadores de ganado y de perros obtenían algunas características de los organismos cruzándolos de forma selectiva (Guillén, 2010: 73).

2.3. Evaluación diagnóstica sobre el aprendizaje de las evidencias de la evolución biológica

La evaluación es uno de los principales componentes en el proceso de enseñanza y aprendizaje. Por mucho tiempo fue sinónimo de calificación o rendimiento en términos cuantitativos (Astolfi, 2001: 98; Geli, 2000: 189), sin embargo, ahora se emplea como un instrumento de investigación que proporciona información de los elementos del proceso de enseñanza y aprendizaje (Geli, 2000: 189).

La evaluación interviene antes (evaluación diagnóstica), durante (evaluación formativa y formadora) y después (evaluación sumativa y normativa) del proceso de aprendizaje (Astolfi, 2001: 101) y consiste en obtener información, analizarla e interpretarla para tomar decisiones en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Astolfi, 2001: 102; Geli, 2000: 189).

Para los fines de esta investigación se dará importancia a la evaluación diagnóstica, la cual se refiere al estado inicial de las cuestiones, es decir, a los conocimientos previos que tienen los estudiantes y a las ideas que surjan sobre el tema a enseñar. Esta evaluación consiste en estudiar las concepciones que el alumno se hace sobre algún fenómeno con el objetivo de prever y corregir las dificultades que puedan tener los estudiantes en su camino hacia los aprendizajes científicos (Astolfi, 2001: 102).

2.3.1. Tipo de estudio

Se decidió realizar un estudio exploratorio con el objetivo de examinar los conocimientos sobre evidencias de la evolución en estudiantes de primer grado de secundaria e identificar variables o categorías de interés para la enseñanza y el aprendizaje de este tema (García, Márquez & Ávila, J., 2009: 13).

Variable cualitativa nominal politómica: ¿Qué respuestas sobre evidencias de la evolución dan los alumnos antes y después de la impartición del bloque I de la materia Ciencias I (Biología)?

Hipótesis de trabajo o de investigación: Se espera que los conocimientos sobre evidencias de la evolución mejoren en los estudiantes después de recibir la instrucción por parte del docente.

2.3.2. Muestra

En México, la secundaria es la última fase de la educación básica obligatoria. En este nivel educativo se encuentran alumnos entre los 12 y 15 años de edad, asignados a tres grados educativos. Se espera que la enseñanza en este nivel brinde los conocimientos esenciales y prepare a los alumnos para los niveles superiores de educación.

El criterio que se tomó en cuenta para la elección de la escuela secundaria, fue el puntaje que obtuvo en la evaluación de la prueba ENLACE¹⁰ 2010. Al ser la secundaria del Distrito Federal en la que los alumnos obtuvieron los mejores resultados, sugiere que tienen buen desempeño y que darán respuestas satisfactorias a los instrumentos de evaluación después de haber recibido la instrucción, conforme lo marcan los planes, los programas de estudio y los libros de texto, impulsados por los profesores titulares de cada grupo.

¹⁰ La Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Escolares (ENLACE) es una prueba del Sistema Educativo Nacional que se aplica a planteles públicos y privados del país. En Educación Básica, a alumnos de tercero a sexto de primaria y a alumnos de los tres grados escolares de secundaria, en función de los planes y programas de estudios vigentes en las asignaturas seleccionadas para cada evaluación. En el año 2010 las asignaturas que se evaluaron fueron español, matemáticas e historia. La prueba ENLACE se aplica con el propósito de evaluar el aprendizaje que alcanzan los alumnos y generar una sola escala de carácter nacional que proporcione información comparable de los conocimientos y habilidades que tienen los estudiantes en los temas evaluados (SEP, 2013).

La muestra que se seleccionó fueron los alumnos de primer grado de los dos turnos, ya que estos estudiantes cursan la materia de Ciencias I (Biología) y dentro de los planes y programas vigentes establecidos por SEP, ven temas de evolución en el *Bloque I*. “Biodiversidad resultado de la evolución”.

Razón por la cual son la muestra ideal para realizar el diagnóstico sobre evidencias de la evolución biológica antes (pre-instruccional) y después (post-instruccional) de la intervención convencional por parte del docente a cargo del grupo.

| Muestra seleccionada | | | |
|----------------------|-------------|------------------|-------------|
| Turno matutino | | Turno vespertino | |
| Grupo | No. Alumnos | Grupo | No. Alumnos |
| 1° A | 44 | 1° A | 33 |
| 1° B | 45 | 1° B | 33 |
| 1° C | 45 | 1° C | 35 |
| 1° D | 42 | 1° D | 40 |
| Total | 176 | Total | 141 |

Tabla 3. Total de alumnos de primer grado de secundaria de la muestra seleccionada para realizar la evaluación diagnóstica.

2.3.3. Unidad de análisis

Problema: ¿Adquieren conocimientos sobre evidencias de la evolución biológica los alumnos de Educación Secundaria con los contenidos de los planes y los programas vigentes de la SEP y con instrucción convencional?

Población: Alumnos de primer grado de Educación Secundaria en el Distrito Federal, México.

Muestra: Alumnos de primer grado de la escuela secundaria seleccionada por los resultados de la prueba ENLACE 2010.

Unidad de análisis: variable a medir: alumnos que cursan el primer grado de Educación Secundaria, que se supone aprendieron contenidos de evolución en la materia ciencias I, que viven en México, D.F., y que fueron elegidos por los resultados de la prueba ENLACE 2010.

2.3.4. Muestreo y tipo de diseño

El muestreo que se realizó fue no probabilístico en su versión sujetos tipo¹¹, en este procedimiento los sujetos elegidos para la investigación fueron estudiantes de primer grado de secundaria que cursaban la materia de Ciencias I (Biología). Este tipo de muestreo se utiliza en estudios exploratorios y en investigaciones cualitativas (García *et al.*, 2009: 27-28).

El diseño que se eligió para la investigación fue no experimental “de evolución de grupos”, ya que se desea examinar los cambios en las respuestas sobre evidencias de la evolución biológica en los alumnos antes y después de la instrucción convencional del Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución, establecido en planes y programas vigentes (García *et al.*, 2009: 37).

2.3.5. Instrumento

¹¹ Los sujetos elegidos cumplen con ciertas características establecidas por el investigador (García *et al.*, 2009:27-28).

El instrumento de evaluación¹² (cuestionarios pre y post instruccionales) que se utilizó para el diagnóstico sobre evidencias de la evolución forma parte del proyecto “Conocimientos fundamentales de biología evolutiva”, del *Grupo de estudios filosóficos, históricos y sociales de la ciencia*.

Las preguntas que se consideraron para esta investigación fueron *¿Conoces alguna evidencia de la evolución de los seres vivos? ¿Cuál o cuáles?* Esta pregunta es de tipo argumentativa¹³ y se esperaba que los alumnos respondieran con ejemplos de evidencias moleculares, anatómicas, paleontológicas, biogeográficas, embriológicas o de selección natural en acción.

Estas evidencias son importantes para la biología evolutiva, ya que prueban que las especies descienden de ancestros comunes, que todas tienen un grado de parentesco y que cambian con el tiempo.

2.3.6. Procedimiento

En la primera etapa del diagnóstico, se realizó una exploración de los conocimientos previos de los alumnos sobre evidencias de la evolución biológica antes de que los profesores a cargo del grupo comenzaran a enseñar los temas del Bloque I.

La segunda etapa del diagnóstico consistió en aplicar el cuestionario post-instruccional, una vez que el profesor de cada grupo dio los temas correspondientes al Bloque I.

¹² La recolección de datos se realizó a partir de una encuesta (cuestionario) y una guía de entrevista estructurada (García *et al.*, 2009: 42-43).

¹³ A este tipo de instrumento también se le conoce como entrevista semiestructurada o pregunta abierta.

| Aplicación del instrumento de evaluación | | | |
|-------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Turno | Grupo | Aplicación pre- instruccional | Aplicación post-instruccional |
| Matutino | 1º A | 1 - septiembre – 2011 | 26 - enero – 2012 |
| | 1º B | 31 - agosto – 2011 | 26 - enero – 2012 |
| | 1º C | 31 - agosto – 2011 | 26 - enero – 2012 |
| | 1º D | 1 - septiembre – 2011 | 10 - febrero – 2012 |
| Vespertino | 1º A | 31 - agosto – 2011 | 26 - enero – 2012 |
| | 1º B | 31 - agosto – 2011 | 27 - enero – 2012 |
| | 1º C | 31 - agosto – 2011 | 26 - enero – 2012 |
| | 1º D | 31 - agosto – 2011 | 26 – enero – 2012 |

Tabla 4. Fechas de aplicación del instrumento de evaluación diagnóstica sobre evidencias de la evolución biológica.

2.3.7. Resultados

Las respuestas textuales¹⁴ a la pregunta del instrumento de evaluación diagnóstica de los 8 grupos se organizaron en dos tablas (ANEXO 2), en las que se muestra el grupo, el folio del alumno y las dos respuestas (la pre-instruccional y la post-instruccional) que dieron a la pregunta del instrumento de evaluación.

Al ser la pregunta del instrumento de evaluación de tipo argumentativa, se procedió a realizar un análisis e interpretación de las respuestas a partir de las

¹⁴ Es importante señalar que se corrigió la ortografía a las respuestas que dieron los alumnos a la pregunta de evidencias de la evolución biológica, con la intención de facilitar la lectura.

especificaciones de la teoría fundamentada de datos.¹⁵ Es decir, no se pre establecieron categorías antes ni durante la recogida de datos de la evaluación diagnóstica. En su lugar, al final de la evaluación se analizó cada respuesta hasta llegar a establecer las categorías. Con la categorización de las respuestas se detectaron problemas relacionados con el tema de interés, en este caso de evidencias de la evolución biológica y de otros temas asociados (Ardila & Ruedas, 2013: 97; Campo-Redondo & Labarca, 2009: 41; De Cavalho, Luzia, Soares & Conceição, 2009: 1-4; De la Cuesta, 2006: 136-140; Jaime, García-Nieto & Pérez, 2007: 60-67).

| Categorías sobre evidencias de la evolución biológica | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|
| Categorías | Subcategorías | Abreviatura |
| Ancestría común | | AC |
| Cambios a través del tiempo (no especifican) | | CAT |
| Ciclo de vida de un individuo | a) Completo b) Una etapa c) Un rasgo d) Sin otra mención | CVC CVE CVR CVS |
| Desconocimiento de las evidencias de la evolución | | DEE |
| Desconocimiento del término evidencia | | DTE |
| Diferencias entre especies antiguas y actuales | | DEAA |
| Evolución de una o más especies como evidencias de la evolución (animales y plantas) | | EEEE |
| Evolución en dos pasos | | EDP |
| Evolución humana | a) Desarrollo tecnológico b) Evolución mental y craneal c) Evolución de los homínidos | EHDT EHEMC EHEH |

¹⁵ Esta metodología se utiliza para interpretar los resultados de una investigación cualitativa (De la Cuesta, C., 2006: 136-140). Su principal objetivo es generar conocimiento y teorías a partir de los datos obtenidos en la investigación, de esta manera, se aumenta el conocimiento y se obtiene una interpretación de los fenómenos observados (Ardila & Ruedas, 2013: 97; Campo-Redondo & Labarca, 2009: 41; De Cavalho, *et al.*, 2009: 1-4; De la Cuesta, 2006: 136-140; Jaime, *et al.*, 2007).

| | | |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> d) Desplazamiento e) Cambios del Homo sapiens primitivo al actual f) Estación erecta y locomoción bípeda g) Evolución del ser humano y otras especies h) Parecido i) Extinción de ancestros homínidos j) Linaje de la especie humana <ul style="list-style-type: none"> i) Lineal ii) No especificada k) Evolución del ser humano y restos de antepasados l) Homínidos, primates y humanos | <ul style="list-style-type: none"> EHD EHCHS EHEELB EHESHE EHP EHEAH EHLN EHLN EHESHR EHHPH |
| Fenómenos evolutivos | <ul style="list-style-type: none"> a) Adaptación b) Variación c) Combinación de fenómenos | <ul style="list-style-type: none"> FEA FEV FECF |
| Fósiles | <ul style="list-style-type: none"> a) Asociación con una o más especies. b) Sin otra mención c) Con explicación | <ul style="list-style-type: none"> FAE FSM FCE |
| Linaje | | LN |
| Mencionan dos o tres evidencias | | MDTE |
| Mencionan una evidencia y la teoría | | MET |
| Mencionan una evidencia y un resultado de la evolución | | MERE |
| No creen en la evolución | | NCE |
| Respuestas sin sentido | | RSS |
| Respuestas tautológicas | | RT |
| Teleología | | TLG |
| Teorías | <ul style="list-style-type: none"> a) Selección natural b) Darwin | <ul style="list-style-type: none"> TSN TD |
| Una o más especies como evidencias de la evolución | <ul style="list-style-type: none"> a) Homínidos b) Humano y diferentes especies c) Diferentes especies que no incluyen al ser humano | <ul style="list-style-type: none"> UMEH UMEHD UMED |

Tabla 7. Las categorías que se presentan se obtuvieron a partir de las respuestas que los estudiantes de los dos turnos dieron a los instrumentos de evaluación diagnóstica sobre evidencias de la evolución biológica y a la metodología de la teoría fundamentada de datos.

Después de obtener las categorías y cuantificar las respuestas que se asociaban a cada una, se elaboró una gráfica en la que muestran los resultados globales sobre la evaluación diagnóstica de EEB.

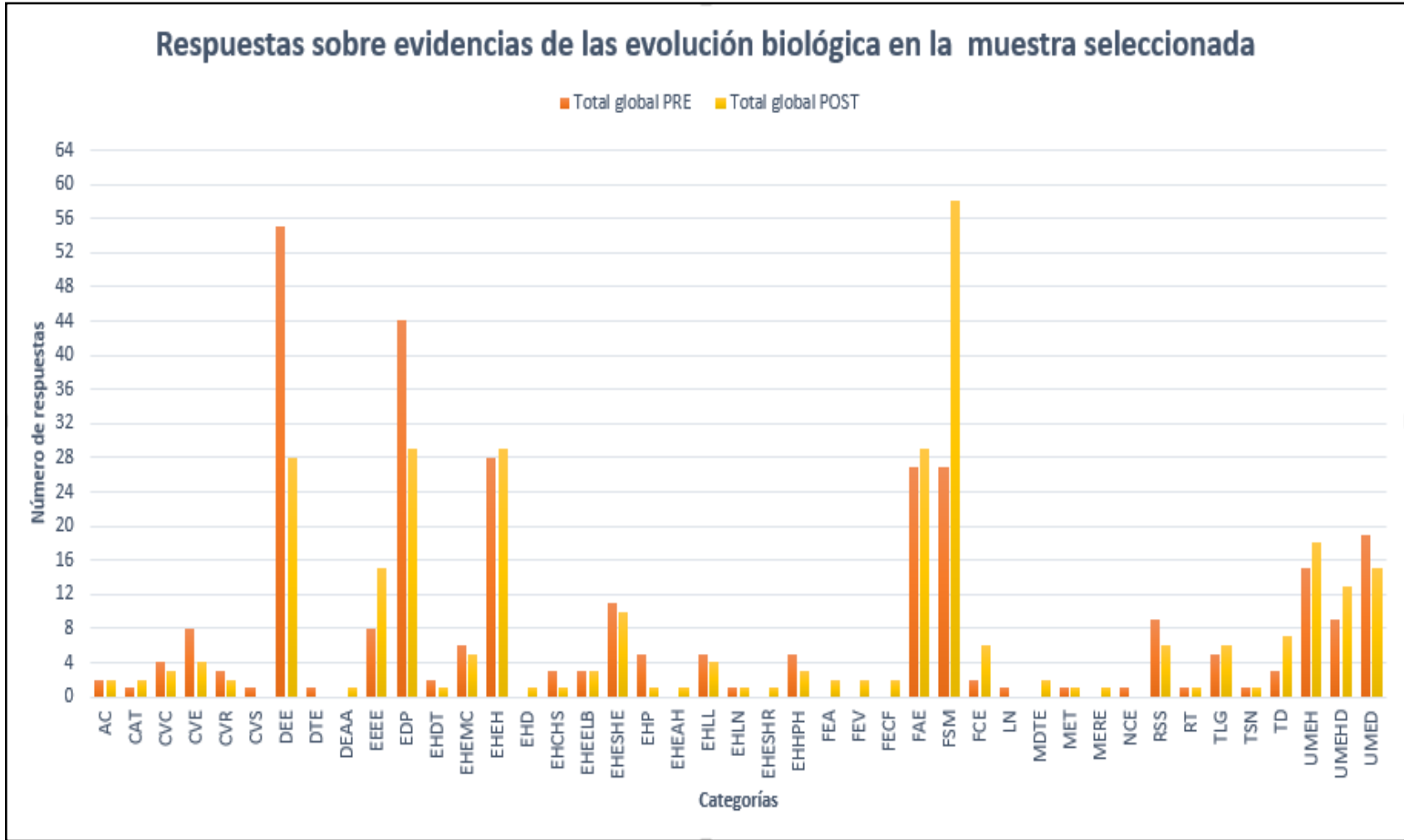


Fig. 3. Número total de categorías que se obtuvieron en las dos evaluaciones diagnósticas (pre-instruccional y post-instruccional) en la muestra seleccionada (grupos del turno matutino y vespertino).

A continuación se presentan los resultados de la evaluación diagnóstica por cada turno de la escuela secundaria, con la intención de mostrar las diferencias en las respuestas de cada grupo.

| Resultados pre y post instruccionales sobre evidencias de la evolución biológica en la muestra del turno matutino | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Categorías | Número de respuestas | | | | | | | | | |
| | Pre instruccional | | | | | Post instruccional | | | | |
| | MA | MB | MC | MD | TOTAL MAT | MA | MB | MC | MD | TOTAL MAT |
| AC | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CAT | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| CVC | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 3 |
| CVE | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 |
| CVR | 1 | 1 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| CVS | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DEE | 9 | 4 | 9 | 4 | 26 | 5 | 7 | 3 | 1 | 16 |
| DTE | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EEEE | 0 | 0 | 3 | 3 | 6 | 1 | 2 | 2 | 0 | 5 |
| EDP | 5 | 7 | 7 | 6 | 25 | 4 | 3 | 2 | 4 | 13 |
| EHDT | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| EHEMC | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| EHEH | 5 | 3 | 6 | 2 | 16 | 3 | 4 | 7 | 8 | 22 |
| EHD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| EHCHS | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EHEELB | 2 | 0 | 0 | 1 | 3 | 0 | 2 | 1 | 0 | 3 |

| | | | | | | | | | | |
|--------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|
| EHESHE | 0 | 5 | 1 | 1 | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 |
| EHP | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| EHEAH | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| EHLL | 0 | 1 | 1 | 2 | 4 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| EHLN | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| EHESHR | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| EHHPH | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| FEA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| FECF | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 |
| FAE | 4 | 0 | 3 | 6 | 13 | 4 | 4 | 5 | 5 | 18 |
| FSM | 3 | 7 | 2 | 3 | 15 | 9 | 3 | 9 | 3 | 24 |
| FCE | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 1 | 3 | 1 | 0 | 5 |
| MDTE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| MET | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RSS | 1 | 2 | 2 | 1 | 6 | 0 | 1 | 0 | 2 | 3 |
| RT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| TLG | 2 | 0 | 1 | 2 | 5 | 1 | 0 | 4 | 0 | 5 |
| TSN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| TD | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 | 1 | 1 | 2 | 0 | 4 |
| UMEH | 2 | 2 | 0 | 2 | 6 | 4 | 3 | 0 | 4 | 11 |
| UMEHD | 2 | 1 | 0 | 1 | 4 | 2 | 0 | 2 | 4 | 8 |
| UMED | 1 | 2 | 1 | 3 | 7 | 1 | 3 | 0 | 3 | 7 |
| | 44 | 45 | 45 | 42 | 176 | 44 | 45 | 45 | 42 | 176 |

Tabla 8. Categorías y número de respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno matutino.

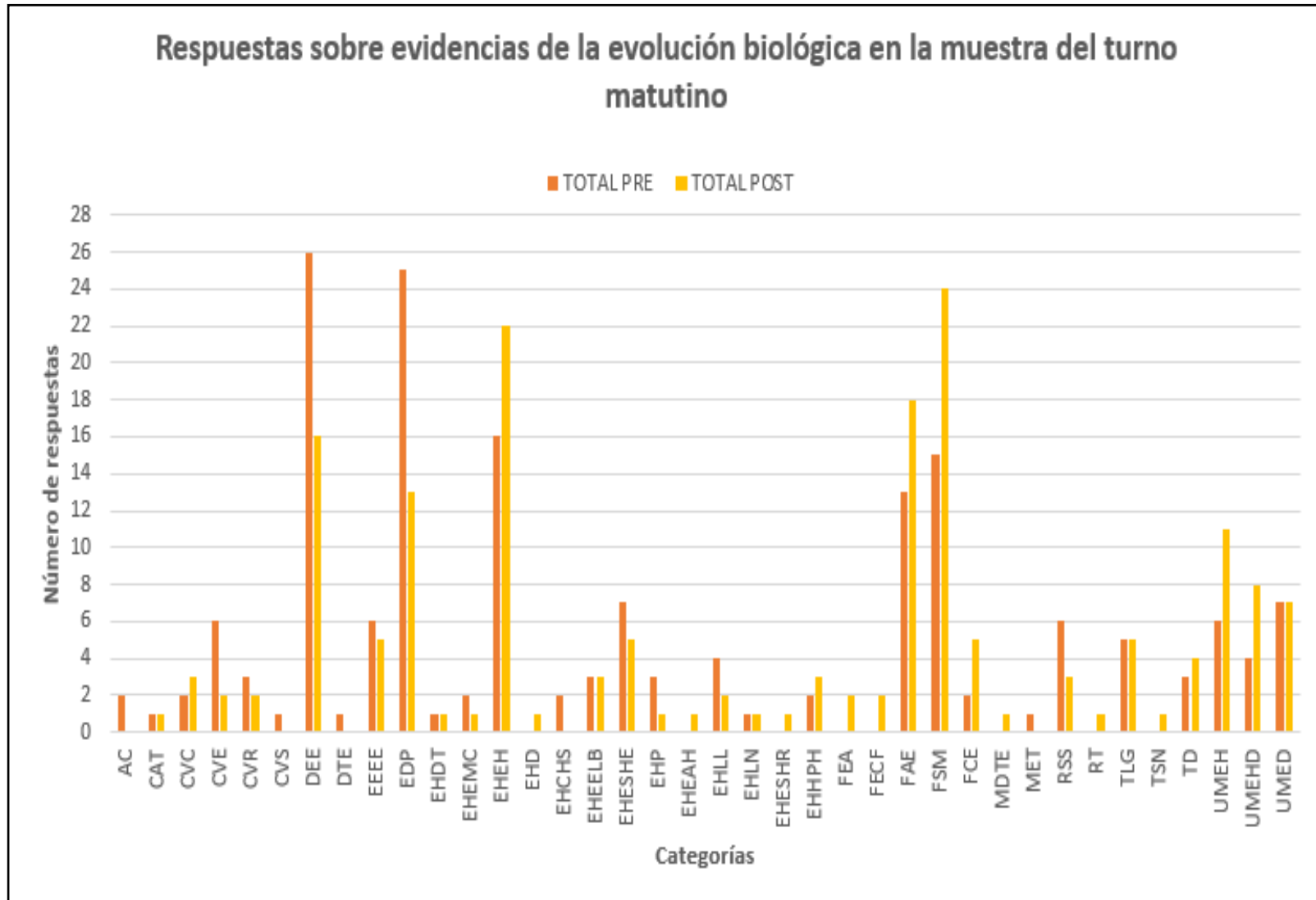


Fig. 4. Representación gráfica de la evaluación diagnóstica sobre evidencias de la evolución biológica en la muestra del turno matutino.

| Resultados pre y post instruccionales sobre evidencias de la evolución biológica en la muestra del turno vespertino | | | | | | | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------|
| Categorías | Número de respuestas | | | | | | | | | |
| | Pre instruccional | | | | | Post instruccional | | | | |
| | VA | VB | VC | VD | TOTAL VES | VA | VB | VC | VD | TOTAL VES |
| AC | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| CAT | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| CVC | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CVE | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| DEE | 6 | 6 | 9 | 8 | 29 | 1 | 3 | 4 | 4 | 12 |
| DEAA | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| EEEE | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 3 | 0 | 10 |
| EDP | 3 | 6 | 5 | 5 | 19 | 2 | 4 | 4 | 6 | 16 |
| EHDT | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EHEMC | 2 | 1 | 1 | 0 | 4 | 1 | 1 | 2 | 0 | 4 |
| EHEH | 6 | 0 | 3 | 3 | 12 | 0 | 3 | 3 | 1 | 7 |
| EHCHS | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| EHESHE | 1 | 0 | 2 | 1 | 4 | 1 | 1 | 2 | 1 | 5 |
| EHP | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| EHLL | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| EHHPH | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FEV | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| FAE | 0 | 5 | 2 | 7 | 14 | 2 | 5 | 2 | 2 | 11 |
| FSM | 6 | 1 | 2 | 3 | 12 | 16 | 8 | 0 | 10 | 34 |

| | | | | | | | | | | |
|-------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|-----|
| FCE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| LN | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MDTE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| MET | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| MERE | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| NCE | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| RSS | 1 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 |
| RT | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TLG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| TSN | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TD | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| UMEH | 3 | 1 | 4 | 1 | 9 | 0 | 3 | 2 | 2 | 7 |
| UMEHD | 0 | 3 | 1 | 1 | 5 | 1 | 0 | 3 | 1 | 5 |
| UMED | 2 | 4 | 2 | 4 | 12 | 0 | 1 | 1 | 6 | 8 |
| | 33 | 33 | 35 | 40 | 141 | 33 | 33 | 35 | 40 | 141 |

Tabla 9. Categorías y número de respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno vespertino.

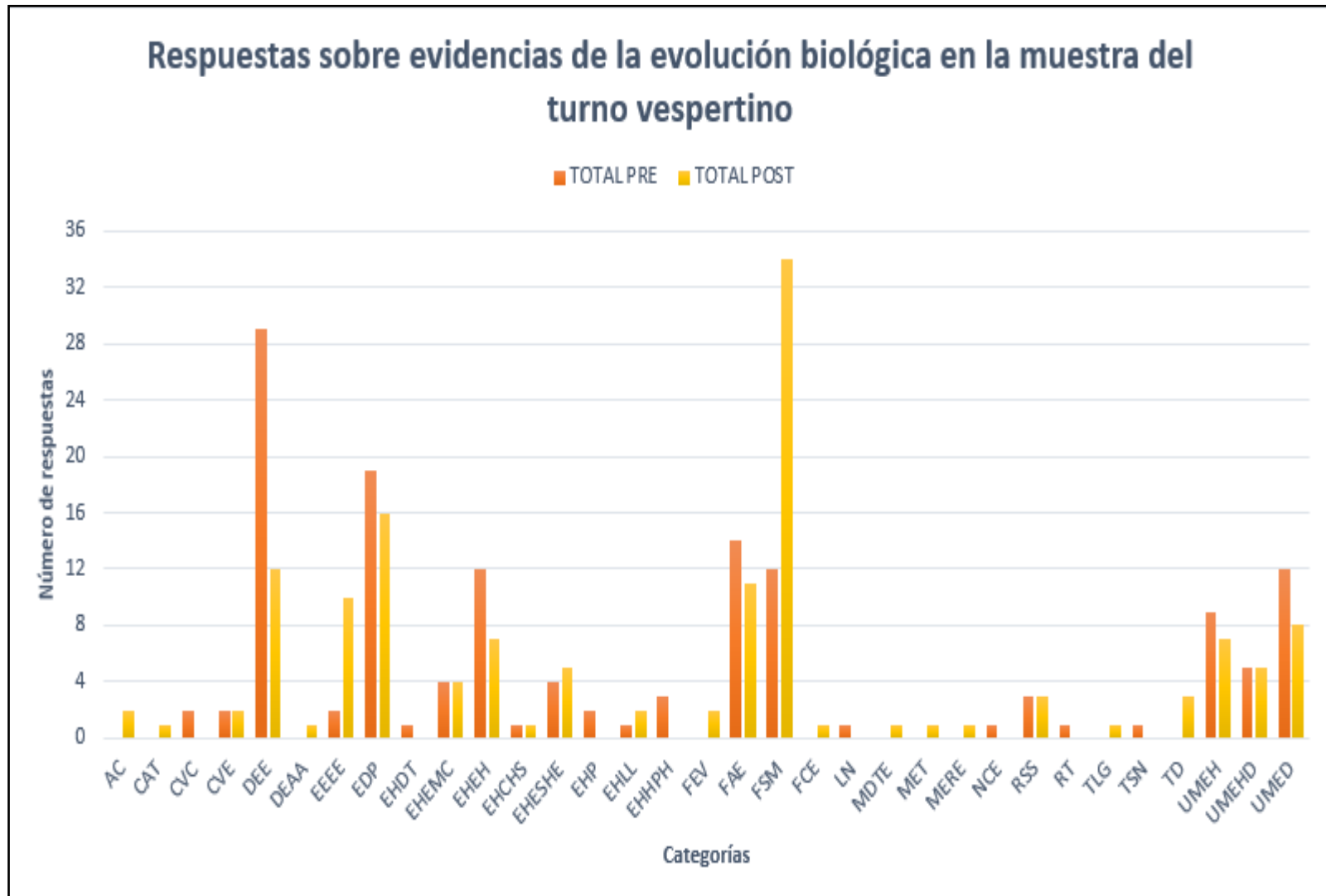


Fig. 5. Representación gráfica de la evaluación diagnóstica sobre evidencias de la evolución biológica en la muestra del turno vespertino.

2.3.8. Análisis de resultados

En las gráficas se puede observar que hubo un aumento en el número de respuesta de los alumnos al mencionar a los fósiles (asociados con una o más especies FAE, sin otra mención FSM, con explicación FCE) como evidencias de la evolución, este patrón se debe a que en los planes y programas establecidos por el ejecutivo federal, la enseñanza de las EEB debe basarse en la información del registro fósil. Sin embargo, estos resultados deben tomarse con cautela, ya que el aumento en el número de respuestas en esta categoría no asegura que los alumnos tengan conocimientos sobre las EEB.

En las tres gráficas se observa que antes de la instrucción por parte del docente la mayoría de los alumnos desconocían las EEB. Los resultados post instruccionales de esta categoría (DEE) muestran que aún después de la enseñanza de este tema, un número considerable de alumnos continúan sin saber cuáles son las EEB.

Los alumnos mencionan que el ciclo de vida de un individuo (completo CVC, una etapa CVE, un rasgo CVR, sin otra mención CVS) es una EEB y al analizar las respuestas se puede detectar que utilizan esta palabra como sinónimo de evolución. Este problema debe considerarse para posteriores investigaciones, ya que los cambios que se observan en un individuo en un corto periodo de tiempo no se consideran fenómenos evolutivos, los cuáles se observan en las poblaciones.

Para los alumnos las adaptaciones son una evidencia de la evolución, sin embargo la mayoría de los ejemplos que mencionan son incorrectos y reflejan una visión teleológica de la evolución (TLG).

Los resultados para la categoría una o más especies como evidencias de la evolución (incluye tres subcategorías) presenta diferentes patrones de respuestas en cada uno de los turnos, sin embargo, los resultados globales muestran que las categorías UMEH y UMEHD aumentaron en el diagnóstico post instruccional y la subcategoría UMED disminuyó en la misma evaluación. Los resultados manifiestan que

los alumnos sólo consideran a los animales vertebrados y en especial al ser humano como EEB y dejan de lado a los cuatro reinos restantes. Esto refleja que existen pocos ejemplos sobre evolución en los que se considere a las plantas, los hongos, las bacterias y los protozoarios. Ante tal situación, es indispensable desarrollar ejemplos sobre el proceso evolutivo en estos reinos, para que los alumnos tengan una visión más amplia y comprendan que la evolución no solo ocurre en los animales, sino que está presente en todos los organismos que viven en la Tierra.

La categoría “evolución humana” contiene el mayor número de subcategorías, en ésta, se observa una diferencia en el número de respuestas y subcategorías presentes en los dos turnos, sin embargo los resultados globales muestran los siguientes patrones.

En la subcategoría estación erecta y locomoción bípeda (EHEELB) los alumnos mencionan que antes “estábamos agachados y ahora caminamos derechos”, esta respuesta se puede asociar a la imagen llamada “la marcha del progreso”, que refleja concepciones erróneas sobre la evolución, ya que muestra al proceso evolutivo de manera lineal, que ocurre en un solo individuo (ser humano) y que conduce al perfeccionamiento. Considerando la propuesta de González-Galli (2011) los obstáculos que se presentan en esta respuesta son el razonamiento causal lineal, la teleología de sentido común y el razonamiento centrado en el individuo.

Las subcategorías evolución de los homínidos (EHEH), evolución del ser humano y otras especies (EHESHE), homínidos/ primates/ humanos (EHHPH) y linaje de la especie humana de manera lineal (EHLL) reflejan los obstáculos epistemológicos identificados por González-Galli (2011) como razonamiento centrado en el individuo y razonamiento causal lineal. Además se logró detectar que la enseñanza de la evolución humana es deficiente, ya que los estudiantes muestran conocimientos erróneos sobre el tema, estos problemas se pueden deber a la complejidad del tema o al poco o nulo contenido y tiempo destinados para la enseñanza de la evolución humana en los planes y programas de estudio. Es importante hacer notar que la información sobre la

evolución humana puede ser utilizada como un recurso para explicar el tema de EEB y enfatizar que existe parentesco entre las especies.

La subcategoría evolución en dos pasos (EDP) reportó un número alto de respuestas y se nombró de esta forma ya que los estudiantes mencionan que “los animales antes eran y ahora son” o “antes no tenían y ahora tienen” o viceversa, en estas respuestas se puede apreciar que los alumnos consideran que el proceso evolutivo tiene sólo dos momentos. Algunos ejemplos que mencionan son: Mamut-elefante¹⁶ (el elefante antes era mamut o el mamut ahora es elefante), monos-humanos, chango-humano, primate-humano, monos-personas (los humanos antes eran monos o los changos se convirtieron en humanos), dinosaurio-cocodrilo (los cocodrilos antes eran dinosaurios), dinosaurio-reptil, etcétera.

Otro problema que se detectó es que los alumnos no saben distinguir entre los resultados de la evolución, el hecho, la teoría y la evidencia científica, ya que en sus respuestas se observó que una EEB es la teoría de Darwin (TD) o la teoría de la selección natural (TSN). También mencionan el mismo hecho científico (evolución biológica) y los resultados de la evolución: la adaptación (FEA) y la extinción (EHEAH), así como combinación de respuestas: una evidencia y un resultado de la evolución (MERE) y una evidencia y la teoría (MET). Este problema puede tener su origen en diversos factores, entre ellos, que en los planes y programas vigentes y en los libros de texto que utilizó la muestra, no se establece la diferenciación y la coordinación entre el hecho, la teoría y la evidencia científica, ya que no son considerados aprendizajes esperados.

En la primera evaluación diagnóstica del turno matutino, uno de los alumnos mencionó que no sabía el significado de evidencia (DTE), pero en la segunda fase de la evaluación contestó “la evolución del hombre”, respuesta que fue considerada dentro de la subcategoría evolución de los homínidos (EHEH). En el turno vespertino, un alumno contestó que no creía en la evolución, sin embargo, en el cuestionario post-instruccional

¹⁶En términos evolutivos es correcto decir que los mamuts son el antepasado de los elefantes, pero no se puede asumir que los alumnos se refieren a esta afirmación cuando mencionan que los elefantes antes eran mamuts.

contestó que los fósiles son una evidencia de la evolución (FSM). Finalmente en cada uno de los turnos un solo alumno mencionó más de una evidencia de la evolución (MDTE): 1) fósiles y anatomía, 2) fósiles, evidencia genética y parentesco.

Finalmente, es importante mencionar que los resultados de la evaluación diagnóstica muestran, que no se cumplen los propósitos y los aprendizajes esperados establecidos por el ejecutivo federal para la formación científica y la enseñanza de las evidencias de la evolución biológica. Por tal motivo, es indispensable generar y utilizar recursos didácticos que brinden a los estudiantes información teórica y metodológica para el aprendizaje de la ciencia y el proceder científico.

Capítulo 3. Importancia de las evidencias de la evolución biológica al aprender biología evolutiva

Las diferentes disciplinas de la biología han contribuido con sus investigaciones a aportar evidencias contundentes sobre el hecho de la evolución biológica. Estas evidencias respaldan los argumentos de la teoría de la evolución biológica al confirmar que las especies cambian a través del tiempo, que el origen de nuevas especies se origina a partir de especies ancestrales y que todas las especies están emparentadas debido a que comparten un ancestro común.

Ante este panorama de conocimiento, que han aportado las diferentes disciplinas a la biología evolutiva, se esperaría que en la actualidad ninguna persona dudara del hecho de la evolución biológica debido a que se cuenta con evidencias abrumadoras, las cuales confirman que todos los seres vivos actuales y extintos son resultado de un proceso que comenzó hace miles de millones de años. Sin embargo, como se mencionó en el planteamiento del problema de este escrito, existen diferentes problemáticas reportadas en la literatura sobre la enseñanza y el aprendizaje de contenidos de biología evolutiva.

La importancia de las evidencias de la evolución biológica en la enseñanza y el aprendizaje de contenidos evolutivos no solo radica en confirmar el hecho de la evolución biológica como un proceso que comenzó hace miles de millones de años y que sigue ocurriendo en la actualidad, también deben mostrar a los alumnos que las teorías científicas cuentan con evidencias que respaldan y confirman sus argumentos, lo cual les da un grado de validez, por lo tanto, no deben considerarlas como simples hipótesis o teorías en el sentido coloquial.

3.1. Metodología científica en la enseñanza de la evolución biológica

En esta tesis, se parte de la premisa de que enseñar contenidos evolutivos con el uso de la metodología científica, permitirá a los estudiantes tener conocimientos teóricos y al mismo tiempo metodológicos, dos herramientas que son fundamentales en la labor científica y en el aprendizaje de la ciencia.

Se ha mencionado que en la actividad científica existe un único método que consiste en una serie de pasos ordenados (González-Galli, 2010a: 69-70), sin embargo en la actualidad se debate si existe tal método. Autores como Pérez-Tamayo, R. (2003) y González-Galli (2010a) mencionan que en la actividad científica no existe un único método científico, por el contrario, argumentan que existen diferentes metodologías que se usan dependiendo de los propósitos del investigador.

Bajo estas afirmaciones se propone el uso del método hipotético-deductivo como estrategia metodológica para enseñar y aprender evidencias de la evolución biológica. El método hipotético-deductivo se caracteriza por validar la hipótesis científica de la investigación a partir de deducciones y por averiguar si las predicciones elaboradas son correctas o falsas (Dávila, 2006: 185; Ruiz & Ayala, 1998: 15).

Enseñar las evidencias de la evolución a partir del método hipotético-deductivo propiciará que los estudiantes comprendan que el conocimiento se construye a partir de hechos del mundo natural, que en la actividad científica no existe la magia ni los atajos y que es necesario el rigor metodológico para cumplir los objetivos de cada investigación. Además, tendrán el conocimiento necesario para afirmar que la evolución es un hecho, que las nuevas especies se originan a partir de especies ancestrales y que el parentesco entre todas las especies que habitan en el planeta se debe a que compartimos un ancestro común.

Es importante señalar que la enseñanza tradicional, en la que se memorizan conceptos, teorías y metodologías de manera aislada, no propicia el aprendizaje significativo de contenidos, la introducción en la labor científica y el desarrollo del pensamiento crítico y científico. Es por ello, que la reconstrucción de procesos históricos a partir del método hipotético-deductivo puede favorecer la enseñanza y el aprendizaje de temas evolutivos como son las evidencias de la evolución.

3.2. Propuesta didáctica sobre evidencias de la evolución biológica a partir de la metodología científica

Utilizar el método hipotético-deductivo¹⁷ en la enseñanza y el aprendizaje de las evidencias de la evolución biológica en educación secundaria, contribuirá a que los estudiantes conozcan y apliquen los métodos de la ciencia en actividades de la vida diaria, comprendan que en la labor científica no existe la magia y que la evolución biológica de los seres vivos es un hecho, el cual se puede observar y confrontar con las evidencias que han proporcionado las diferentes disciplinas de la biología.

La propuesta didáctica sobre evidencias de la evolución biológica consiste en explicar el hallazgo de *Tiktaalik roseae* y los efectos de la selección natural en la población de pinzones *Geospiza fortis* a partir del método hipotético-deductivo y se espera que contribuya en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los contenidos de biología evolutiva.

Los dos recursos didácticos están diseñados para que los alumnos de Educación Secundaria los consulten y resuelvan durante o después de la instrucción del subtema 2.2. “Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin”.

3.2.1. El caso de *Tiktaalik roseae*

El hallazgo de *Tiktaalik roseae*, es un caso paradigmático sobre evidencias de la evolución biológica, en el cual se puede detallar la metodología que utilizaron los investigadores.

Al realizar la revisión sobre los trabajos de Neil Shubin H. y colaboradores (2006) se puede determinar que el hallazgo de *Tiktaalik roseae* sigue la secuencia del método hipotético- deductivo.

¹⁷ Es un sistema para organizar hechos conocidos y extraer conclusiones partiendo de afirmaciones generales para llegar a afirmaciones particulares (Dávila, 2006: 184).

El paleontólogo Shubin estudió de la evolución de las extremidades de los vertebrados a partir de las aletas de peces. Uno de sus razonamientos fue que si hace 390 millones de años había peces con aletas lobuladas y hace 360 millones de años ya había vertebrados claramente terrestres, debió haber existido una especie intermedia entre estos organismos, cuyos fósiles deberían encontrarse en estratos de hace 375 millones de años; donde las rocas procedieran de ambientes dulceacuícolas poco profundos, puesto que los peces con aletas lobuladas y los primeros vertebrados habitaban esos ambientes (Beyer, 2006: 28; Coyne, 2010: 823).

Al tener esta hipótesis, Shubin y sus colaboradores analizaron los posibles marcos geológicos donde podrían encontrar a la especie intermedia y decidieron que debían investigar en la región del ártico canadiense, ya que en esta zona se encuentra la formación Fram, que es una secuencia de estratos de roca del Devónico Medio – Superior, distribuida ampliamente en todo el archipiélago del ártico canadiense, la cual se formó hace unos 375 millones de años (Daeschler, Shubin & Jenkins, 2006 :757-758) y en la que se podrían encontrar restos fósiles de animales que vivieron en el periodo devónico (Dawkins, 2009: 154, 156, 158).

Al tener el marco geológico en el que podían encontrar a la especie intermedia, Shubin y sus colaboradores partieron, en el año de 1999, a realizar la exploración a la Isla Ellesmere que se encuentra en el territorio Nunavut del ártico canadiense. Después de 5 años de trabajo, en 2004, encontraron en rocas sedimentarias de la formación Fram del territorio Nunavut, esqueletos fósiles que representaban la forma intermedia entre los peces y los tetrápodos (Bayer, 2006: 27-28; Coyne, 2010: 823; Dawkins, 2009: 158).

Tiktaalik roseae presenta agallas, escamas y aletas lo cual parecería indicar que se trata claramente de un pez, sin embargo, también tiene características de un anfibio como la cabeza plana, los ojos y narinas en la parte superior y no a los costados del cráneo. Esto sugiere que vivía en aguas someras y podía ver, probablemente respirar, por encima de la superficie del agua. Sus aletas eran más robustas, lo que le permitía sostenerse sobre ellas y levantarse para explorar su entorno (Ahlberg & Clack, 2006:

747-748; Bayer, 2006: 28; Catalan, 2006: 34; Coyne, 2010: 823; Daeschler, *et al.*, 2006: 760-762).

Además de presentar un cuello móvil (característica que no se observa en los peces) (Beyer, 2006: 28; Coyne, 2010: 823; Daeschler, *et al.*, 2006: 760-761; Dawkins, 2009: 159), poseía tres características fundamentales que les permitieron a sus descendientes invadir el medio terrestre. La primera, es un conjunto de costillas robustas que ayudaban al animal a bombear el aire hasta sus pulmones y a mover el oxígeno desde las agallas. La segunda, tenía menos huesos, parecidos en número y posición a las extremidades de los animales vertebrados (Beyer, 2006: 28; Daeschler, *et al.*, 2006: 760-761). La correspondencia en la estructura ósea de las extremidades de *Tiktaalik* y los vertebrados, indica que son homólogas, es decir, existió un ancestro común que tenía la misma estructura ósea en las extremidades y con el paso del tiempo se modificaron por selección natural (Ruiz & Ayala, 2002: 89; Sánchez & Ruiz, 2006: 40-41). La tercera, poseía en las patas delanteras una estructura parecida a los hombros, con codos y muñecas (proto-muñecas), las cuales favorecían el movimiento de las patas delanteras (Bayer, 2006: 28).

Estas características junto con estudios filogenéticos apoyan la hipótesis de Shubin y posicionan a *Tiktaalik roseae* como la especie de transición entre los peces y los primeros tetrápodos terrestres y muestra que las especies cambian con el tiempo a partir de ancestros comunes (Ahlberg & Clack, 2006: 748; Bayer, 2006: 28; Catalan, 2006: 34; Daeschler, *et al.*, 2006: 760-761; Dawkins, 2009: 158-159; Shubin, *et al.*, 2006: 764, 768-770).

El último paso de la metodología científica es elaborar un informe escrito. Si Shubin no hubiera publicado los resultados y conclusiones de su investigación sobre la evolución de las extremidades en una revista, no se tendría información de las características y de la filogenia de *Tiktaalik roseae*.

Después de leer la historia del hallazgo de *Tiktaalik roseae*, te corresponde reconstruir la metodología científica que se aplicó en este ejemplo.

1. ¿Cuál es el objeto o problema de investigación?
2. ¿Cuál fue la hipótesis que se planteó Neil Shubin y sus colaboradores?
3. ¿Cómo realizaron la investigación para comprobar o refutar su hipótesis?
4. ¿Cuáles fueron los resultados?
5. ¿A qué conclusiones llegaron los investigadores?

La historia del hallazgo de *Tiktaalik roseae* muestra una de las metodologías que se emplea en la labor científica y coloca a *Tiktaalik* como una de las evidencias a favor de la evolución biológica. Es decir, con este ejemplo se enseña que las evidencias de la evolución biológica sostienen los argumentos de la teoría de la evolución biológica y al mismo tiempo introduce en el proceder de las actividades que realizan los científicos. De este último punto, que todas las investigaciones científicas parten de un problema u objeto de investigación, que las hipótesis se plantean a partir de fenómenos naturales observables y que del diseño experimental y de la ejecución de la investigación dependen los resultados y las conclusiones de la investigación.

3.2.2. *Geospiza fortis* y los efectos de la selección natural

Las 14 especies de pinzones de las islas Galápagos son similares en tamaño y coloración, sin embargo, el tamaño y la forma del pico son dos caracteres que presentan una considerable variación entre especies. El pico es la principal estructura que usan los pinzones para alimentarse, la variación en la morfología de los picos entre pinzones refleja la diversidad de alimentos que consumen.

Desde 1973, Peter Grant, Rosemary Grant y colegas han estudiado varias especies de pinzones en las diferentes islas del archipiélago de las Galápagos (Cressey, 2009; Grant, P. & Grant, B., 1995: 242). Para entender por qué la selección natural en acción es una evidencia de la evolución, utilizaremos sus investigaciones sobre el pinzón terrestre mediano *Geospiza fortis* de la isla Daphne Major.

La isla Daphne Major tiene una superficie de 40 hectáreas (Boag & Grant, P., 1981: 82), con una elevación máxima de 120 m. Presenta una estación cálida y húmeda de enero a mayo y una fría y seca de junio a diciembre. La vegetación predominante es un bosque árido y monte bajo con varias especies de cactus (Boag & Grant, P., 1984: 464, 467-468).

El *Geospiza fortis* de Daphne Major se alimenta principalmente de semillas y su población se caracteriza por ser pequeña (Boag & Grant, 1984: 464), debido a esta última característica, para el año de 1977 Grant, Grant y colegas habían capturado y marcado a la mitad de los pinzones y a partir del año 1980 ya habían marcado el 100% de la población.

P. Grant, R. Grant y colaboradores detectaron que en el año de 1977 hubo una gran sequía en Daphne Major. Habitualmente en la isla durante la estación húmeda caen 127-137 mm de lluvia (suficiente para que haya una gran producción de plantas, insectos y pinzones), sin embargo en ese año, solo cayeron 24 mm. Durante 20 meses de muestreo, se registró que el 85% de los pinzones de la población de Daphne Major no estaban presentes (Boag & Grant, 1981: 82). La hipótesis de los investigadores fue

que el decremento en el número de pinzones estaba relacionado con la sequía y la cantidad de semillas disponibles. Después de analizar los censos de pinzones, los investigadores dedujeron que la mayoría de los *Geospiza fortis* habían muerto de inanición, ya que los datos mostraban una correspondencia entre el tamaño poblacional y la disponibilidad de semillas (Boag & Grant, P., 1984, 480-481, 483-485; Boag & Grant, P., 1981: 82; Grant, P. & Grant, B., 1995: 243-244; Grant, B. & Grant, P., 1993: 114).

Los muestreos en el año siguiente evidenciaron que solo una parte de la población había sobrevivido y eran los pinzones con los picos más altos. El cambio en el tamaño promedio del pico en la población de pinzones está relacionado con el número y tipo de semillas disponibles durante la sequía de 1977. Los frutos grandes y duros de la planta *Tribulus cistoides* prevalecieron durante la sequía y en consecuencia fue el principal recurso alimenticio. Por lo tanto, las aves grandes y con picos altos y estrechos lograron romper y consumir los frutos de *Tribulus* (Boag & Grant, P., 1981: 82; Price, Grant, P., Gibbs & Boag, 1984: 787).

Otro suceso importante ocurrió entre los años 1982-1983, la presencia del fenómeno del Niño dio lugar a una estación húmeda con 1359 mm de lluvia sobre la isla. Este cambio ambiental dio lugar a una abundancia de semillas pequeñas y blandas y en consecuencia, a una fuerte selección a favor de pinzones con tamaños corporales pequeños (Grant, P. & Grant, B., 1995: 244-245; Grant, B. & Grant, P., 1993: 111, 116; Price, *et al.*, 1984: 787-789).

Los datos muestran que después de años húmedos sobreviven y se reproducen más aves pequeñas con picos bajos, debido a que consumen más semillas pequeñas y blandas a diferencia de los pinzones con picos altos que se vieron favorecidos en condiciones de sequía (Boag & Grant, P., 1984, 483-485; Boag & Grant, P., 1981: 84; Grant, P. & Grant, B., 1995: 246-250; Grant, B. & Grant, P., 1993: 111-113, 116; Price, *et al.*, 1984: 787-789). Estos ejemplos muestran los efectos de la selección natural en las poblaciones de pinzones *Geospiza fortis*, presentan a la selección natural como un proceso dinámico y como una evidencia de la evolución biológica.

Después de leer la historia de los pinzones *Geospiza fortis*, te corresponde reconstruir la metodología científica que se aplicó en este ejemplo.

1. ¿Cuál es el objeto o problema de investigación?
2. ¿Cuál fue la hipótesis que se plantearon Grant y Grant y sus colaboradores?
3. ¿Cómo realizaron Grant y Grant la investigación para comprobar o refutar su hipótesis?
4. ¿Cuáles fueron los resultados?
5. ¿A qué conclusiones llegaron los investigadores?

Las investigaciones realizadas con los pinzones *Geospiza fortis* validan los postulados del modelo de evolución por variación y selección natural al mostrar que existe variación en las poblaciones, que las variaciones favorables son heredables entre los individuos y que en las poblaciones nacen más individuos de los que pueden sobrevivir y reproducirse, de tal manera que solo algunos logran hacerlo. Los cambios observados (tamaño del pico) en los pinzones durante las investigaciones de P. Grant, R. Grant y colaboradores son una evidencia de la evolución y ejemplos de la acción de la selección natural en las poblaciones.

Conclusiones

La enseñanza y el aprendizaje de contenidos evolutivos en cualquier grado escolar son fundamentales, ya que la evolución es el tema transversal que unifica a la biología y aporta conocimiento a otras disciplinas. Sin embargo, los resultados de la evaluación diagnóstica de esta investigación confirman la existencia de algunos problemas reportados en la literatura, no solo sobre evidencias de la evolución, sino de otros temas relacionados con la evolución biológica.

Se detectó que los estudiantes tienen una visión teleológica de la evolución, ya que mencionan en sus ejemplos que las adaptaciones son para mejorar o para conseguir un objetivo, relacionado con esto y partiendo de la propuesta de González-Galli (2011) se puede afirmar que los alumnos también presentan la noción de transformación individual adaptativa.

El razonamiento centrado en el individuo, es un patrón que se repite frecuentemente en las respuestas de los alumnos, este problema se puede observar en las siguientes categorías: 1) “Una o más especies como evidencias de la evolución” a) homínidos UMEH, b) humano y diferentes especies UMEHD, c) diferentes especies que no incluyen al ser humano UMED. 2) “Evolución humana” l) homínidos, primates y humanos EHHPH, c) evolución de los homínidos EHEH, g) evolución del ser humano y otras especies EHESHE y 3) “evolución de una o más especies como evidencias de la evolución” EEEE.

Estos obstáculos (*teleología de sentido común y razonamiento centrado en el individuo*) y concepciones alternativas (*transformación lineal adaptativa*) (González-Galli, 2011) muestran la ausencia de pensamiento poblacional¹⁸, ya que los alumnos mencionan que los fenómenos evolutivos ocurren y se observan en un solo individuo. Sobre este problema en particular, es importante que se explique a los estudiantes, que la selección natural actúa conservando o acumulando las variaciones favorables para la

¹⁸ El concepto de pensamiento poblacional resalta el carácter único de cada individuo, además de afirmar que una especie está integrada por un conjunto de individuos que presentan variaciones (González-Guzmán, 2014: 10-11).

supervivencia y la reproducción en los individuos y que la evolución ocurre a través de miles de años en las poblaciones.

En la categoría “evolución en dos pasos” (EDP) está presente la visión de la evolución como un proceso lineal¹⁹, que ocurre en los individuos y que puede generar nuevas especies de un momento a otro.

Las subcategorías evolución del ser humano y otras especies (EHESHE), evolución de los homínidos (EHEH) y evolución del ser humano y restos de antepasados (EHESHR) pueden considerarse correctas, ya que los fósiles que se han encontrado del género *Homo* han permitido reconstruir su historia evolutiva. Sin embargo, en las respuestas se observa que los alumnos tienen poco, nulo o incorrecto conocimiento sobre la evolución humana, lo que no resulta extraño ya que en los planes y los programas establecidos por SEP para educación básica no se incluye este tema, por lo tanto, la información que mencionan los alumnos proviene de otros medios como el internet, los programas de televisión, las revistas, entre otros. En este sentido, sería deseable que el profesor guiara a los estudiantes en la búsqueda de información que no esté contenida en los programas de estudio, para reforzar o complementar aprendizajes y evitar de esta manera concepciones alternativas sobre los temas evolutivos.

El aumento en el número de respuestas sobre evidencia fósil [asociación con una o más especies (FAE), sin otra mención (FSM), con explicación (FCE)] en el cuestionario post-instruccional, no es razón suficiente para afirmar que los alumnos tienen conocimientos sobre el tema de evidencias de la evolución.

En la categoría ciclo de vida [completo (CVC), una etapa (CVE), un rasgo (CVR), sin otra mención (CVS)] se detectó que además de ser considerada una evidencia, la palabra se usa como sinónimo de evolución (para los alumnos el proceso de evolución implica nacer, crecer, reproducirse y morir). Es importante que en los libros de texto y en las explicaciones de los profesores se realice una distinción entre los conceptos de ciclo de vida y evolución biológica, para evitar confusiones y conocimientos erróneos.

¹⁹ González-Galli (2011) lo presenta como el obstáculo epistemológico llamado “razonamiento causal lineal”.

En varias de las categorías se observó que los estudiantes solo consideran a los animales vertebrados y la evolución de algunos de ellos como evidencias de la evolución biológica, este problema puede explicarse si se considera que en los libros de texto que utilizó la muestra solo se ejemplifican algunos casos de evolución y de adaptaciones de este grupo de animales. Es importante que en los libros de texto se considere a todos los grupos de seres vivos (plantas, hongos, protozoarios, bacterias y animales) y se explique que las poblaciones de cualquiera de los cinco grupos pueden evolucionar, ya que la selección natural actúa sin dar preferencia a uno u otro.

Durante el análisis de las respuestas se detectó que los estudiantes de educación básica no saben distinguir entre resultados de la evolución, hecho, teoría y evidencia científica, lo que está directamente asociado a que en los planes y los programas vigentes no se profundiza en una explicación esquematizada de los temas centrales de la teoría de la evolución biológica. Ante esta situación, es indispensable que se generen recursos didácticos haciendo una clara distinción entre cada concepto, el significado que tienen en el contexto científico y el papel que juegan dentro de la teoría de la evolución. En este sentido, es deseable que se realice una enseñanza de los contenidos evolutivos enfatizando la diferenciación y la coordinación entre el hecho científico, la teoría científica (explicación) y las evidencias científicas. Es decir, el entendimiento del fenómeno a través de la teoría y el uso de las evidencias, permite construir pensamiento científico.

Considerando los aprendizajes esperados del subtema 2.2. *Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin* y los resultados de esta investigación, se evidencia que los contenidos establecidos para la enseñanza y el aprendizaje de la evolución biológica y de las evidencias de la evolución no son suficientes, ya que no se cumplen los aprendizajes esperados y aún después de la instrucción docente, los estudiantes tienen deficientes, escasos o nulos conocimientos sobre los temas establecidos en los planes de estudio.

Si la enseñanza tradicional no contribuye a cumplir con los objetivos de enseñanza y aprendizaje esperados, es necesario diseñar recursos didácticos sobre

biología evolutiva que contribuyan a mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje de estos temas. Además, se debe reestructurar el formato curricular de la enseñanza de la ciencia (biología), utilizar recursos didácticos, conocer las ideas previas y las concepciones alternativas de los estudiantes y trabajar con los obstáculos epistemológicos que dificultan el aprendizaje de los contenidos.

De la alfabetización científica se espera que los ciudadanos no solo aprendan sobre la ciencia y memoricen los contenidos, sino que tengan conocimientos sobre los métodos que se utilizan en la labor científica para explicar fenómenos naturales y dar soluciones a las problemáticas que se viven a diario (salud, política, economía, ambiental, tecnología, social, etc.). Bajo estos supuestos, la propuesta didáctica sobre evidencias de la evolución desde la metodología científica, proporciona bases teóricas para afirmar que la evolución es un hecho, bases metodológicas que introducen a los estudiantes en la labor científica y muestra la construcción del conocimiento en un contexto científico. Además es un recurso que puede desarrollar el pensamiento científico y en particular el pensamiento evolutivo, para explicar fenómenos naturales y obtener conclusiones basadas en evidencias.

Referencias bibliográficas

- Ahlberg, P. E. y Clack, J. A.** (2006). A firm step from water to land. *Nature*, 440, 747-749.
- Alters, B. J. & Nelson, C. E.** (2002). Perspective: Teaching evolution in higher education. *Evolution*, 56 (10), 1891-1901.
- Alvarez, E., Meinardi, E. & González-Galli, L.** (2010, octubre). *Zonas problemáticas de la biología evolutiva y su expresión en la didáctica*. Memorias IX Jornadas Nacionales IV Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología. San Miguel de Tucumán, Argentina.
- Araujo L., R.** (2010). *Contribución al estado del arte sobre la enseñanza de la evolución biológica*. Tesis para obtener el Título de Biólogo, Facultad de Ciencia y Tecnología, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, Colombia.
- Ardila, E. & Ruedas, J.** (2013). La saturación teórica en la teoría fundamentada: su delimitación en el análisis de trayectorias de vida de víctimas del desplazamiento forzado en Colombia. *Revista colombiana de sociología*, 36 (2), 93-114.
- Astolfi, J. P.** (2001). *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas. Referencias, definiciones y bibliografías de didáctica de las ciencias*. Manzano, P. (Trad.). España: Díada Editora S. L.
- Audesirk, T., Audesirk, G., Byers B, E.** (2008). *Biología: La vida en la Tierra*. (8ª Ed.). Flores, F. A. V. (Trad.). México: Editorial Pearson Educación.
- Ayala, F. J.** (2011). *¿Soy un mono?* Editorial Ariel.

- Bakker, G. & Clark, L.** (1994). *La explicación. Una introducción a la filosofía de la ciencia*. España: FCE.
- Banet H., E.** (2003). Las ciencias naturales en la enseñanza secundaria: algunas aportaciones de la investigación educativa. *Educar en el 2000*, Septiembre, 18-32.
- Beyer, M. E.** (2006). Tiktaalik: El pez con cuello. *¿Cómo ves? Diciembre*, 26-28.
- Boag, P. T. & Grant, P. R.** (1984). Darwin's finches (*Geospiza*) on Isla Daphne Major, Galapagos: Breeding and feeding ecology in a climatically variable environment. *Ecological Monographs*, 54 (4), 463-489.
- Boag, P. T. & Grant, P. R.** (1981). Intense natural selection in a population of Darwin's finches (*Geospizinae*) in the Galápagos. *Science*, 214, 82-84.
- Burnie, D.** (2004). *Evolución: una guía básica sobre cómo se adaptan y subsisten los seres vivos*. Ruiz E. J. (Trad.). México: Editorial Planeta Mexicana.
- Campo-Redondo, M. & Labarca, C.** (2009). La teoría fundamentada en el estudio empírico de las representaciones sociales: un caso sobre el rol orientador del docente. *Scielo*, 25 (60), 41-54.
- Catalan, D. G.** (2006). "Tiktaalik" el pez que saltó del agua a la tierra. *El mundo, Madrid*, abril, 34.
- Chuang, H. C.** (2003). Teaching evolution: attitudes & strategies of educators in Utah. *The American Biology Teacher*, 65 (9): 669- 674.
- Coyne, Jerry A.** (2010). *¿Por qué la teoría de la evolución es verdadera?* Madrid, España: Editorial Crítica.
- Coyne, Jerry A.** (2010). Why evolution is true? *Science & Education*, 19: 821-825.

- Cressey, D.** (2009). Darwin's finches tracked reveal evolution in action: A new species of finch may have arisen in the Galápagos. *Nature*. November. Online publication doi: 10.1038/news.2009.1089.
- Criado, P. A. M.** (1984). En torno al lenguaje científico. *CAUCE. Revista de Filología y su Didáctica*, 7: 7-28.
- Daescher, E. B., Shubin, N. H. y Jenkins, F. A.** (2006). A Devonian tetrapod-like fish and the evolution of the tetrapod body plan, *Nature*, 440, 757-763.
- Darwin, C.** (2009), [1859]. *El origen de la Especies por medio de selección natural*. De Zulueta, Antonio (Trad.). España: Editorial Catarata, Academia Mexicana de Ciencias, UNAM.
- Dávila N., G.** (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Laurus Revista de Educación*, 12, 180-205.
- Dawkins, R.** (2009). *The greatest show on earth: The evidence for evolution*. Fabregat, J. (Trad.). United States of America: Editorial Free Press.
- De Cavalho, C.; Luzia, J.; Soares, S. & Conceição, M.** (2009). Teoría fundamentada de los datos-aspectos conceptuales y operacionales: Metodología posible de ser aplicada en la investigación en enfermería. *Revista Latino-am Enfermagem*, 17 (4), 1-8.
- De la Cuesta B., C.** (2006). Teoría y método. La teoría fundamentada como herramienta de análisis. *Revista cultura de las ciudades*. Año X, 20, 136-140.

Díaz N., V. P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística: para médicos, odontólogos y estudiantes de ciencias de la salud* (2ª Ed.). Santiago: RIL editores.

<http://books.google.com.mx/books?id=ZPVtPpdFdGMC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>

Díaz N., V. P., Calzadilla, N. A., López, S. H. (2004). “Una aproximación al concepto de hecho científico”. *Revista Austral de Ciencias Sociales*, 8: 03-16.

Dobzhansky, T., Ayala, F. J., Stebbins, G. L. & Valentine, J. W. (1980). *Evolución*. Barcelona: Ediciones Omega.

Dobzhansky, T. (1973). Nothing in biology makes sense except in the light of evolution. *The american biology teacher*, 25, 3, 125-129.

Dobzhansky, T. (1964). Biology molecular and organismic. *American Zoologist*, 4, 4, 443-452.

Dodson, E. O. (1963). *Evolución proceso y resultado*. Barcelona, España: Ediciones Omega.

Fail, J. Jr. (2008). A no-holds-barred evolution curriculum for elementary and junio high school students. *Evolution: Education and outreach*, 1, 56-64.

Fernández, J. J. & Sanjosé, V. (2007). Permanencia de ideas alternativas sobre evolución de las especies en la población culta no especializada. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 21, 129-149.

Futuyma, D. J. (2009). *Evolution*. (2ª Ed.). USA: Palgrave MacMillan.

- Freeman, S. & Herron, J. C.** (2002). Las pruebas de la evolución. En Ménsua F., J. L. & Elena F., S. (Trad.), *Análisis evolutivo*. (2ª Ed., pp. 21-45). Madrid, España: Prentice Hall.
- García, C. B., Márquez, R. L. & Ávila, C. J.** (2009). Planeación y desarrollo del proyecto de investigación. En García, C. B. (Comp), *Manual de métodos de investigación para las ciencias sociales: un enfoque de enseñanza basado en proyectos* (pp. 1-47) México: El Manual Moderno, UNAM, Facultad de Psicología.
- Geli, A. M.** (2000). La evaluación de los procesos y de los resultados en la enseñanza de las ciencias. En Perales P., F. J. & Cañal L., P. (Eds.), *Didáctica de las ciencias experimentales. Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias* pp. 187-205). España: Editorial Marfil S. A.
- Gómez-Moliné, M. R. y Sanmartí, N.** 2000. “Lenguaje y comunicación. Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje”. *Educación química*, 11 (2): 268-273.
- González, C. F.** 2009. *La evolución, de Darwin al genoma*. España: Editorial Cátedra de Divulgación de la Ciencia, Universidad de Valencia, PUV Publicaciones, CAM Obras Sociales.
- González-Galli, L. M.** (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural*: Tomo 1. Tesis para obtener el Título de Doctor en Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

- González-Galli, L. M.** (2010). ¿Qué ciencia enseñar? En Meinardi, Elsa (Ed.), *Educación en ciencia* (pp. 59-94). Buenos Aires: Paidós. [a]
- González-Galli, L. M.** (2010). La teoría de la evolución. En Meinardi, Elsa (Ed.), *Educación en ciencia* (pp. 225-259). Buenos Aires: Paidós. [b]
- González-Galli, L. M.; Adúriz-Bravo, A. & Meinardi, E.** (2005). El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica. *Enseñanza de las Ciencias, número extra*. VII Congreso.
- González-Galli, L. M. & Meinardi, E.** (2010). The role of teleological thinking in learning the Darwinian model of evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 4, 145-152.
- González-Guzmán, C. I.** (2014). *Poblaciones en evolución: relevancia del pensamiento poblacional en el modelo darwiniano de evolución y su aprendizaje*. Tesis para obtener el Título de Bióloga, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Gould, S. J. (2004).** La evolución como hecho y como teoría. En Gould, S. J. (Comp), *Gould obra esencial*. (pp. 101-109). Barcelona: Crítica.
- Guillén R., F. C.** (2006/2011). *Ciencia 1. Biología*. (3ª Reimpresión). México: Editorial Santillana.
- Grant, B. R. & Grant, P. R.** (1993). Evolution of Darwin's finches caused by rare climatic event. *Proceedings: Biological Sciences*, 25, 11-117.
- Grant, P. R. & Grant, B. R.** (1995). Predicting microevolutionary responses to directional selection on heritable variation. *Evolution*, 49 (2), 241-251.

- Guzmán-Sánchez, J.** (2013). *Evolución biológica y biología evolutiva: epistemología y didáctica*. Tesis para obtener el Título de Biólogo, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Hernández-Marroquín, V. R.** (2011). *Tipos y causas de variación biológica: un análisis conceptual*. Tesis para obtener el Título de Biólogo, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Distrito Federal, México.
- Hernández R., M. C.; Alvarez P., E. & Ruiz G., R.** (2009). La selección natural: aprendizaje de un paradigma. *Teorema*, XXVIII (2), 107-121.
- Hofmann, J. R. & Weber, B. H.** (2003). The fact of evolution: Implications for science education. *Science and education*, 12, 729-760.
- Jaime, A.; García-Nieto, A. & Pérez, A.** (2007). *Evolución de la teoría fundamentada como técnica de análisis cualitativo*. España: Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS).
- Jiménez Aleixandre, M. P.** (2002). Aplicar la idea de cambio biológico: ¿por qué hemos perdido el olfato? *Alambique. Didáctica de las ciencias experimentales*, 32, 48-55.
- Jiménez, L. F. et al.** (Comp). (2007). *Conocimientos fundamentales de biología*. Vol. II. México: Editorial Pearson Education.
- Kampourakis, K.** (2007). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Educations*, 16, 393-422.
- Kardong, V.** (2005). *An introduction to biological evolution*. New York: McGraw-Hill.
- Katinas, L. & Crisci, J.** (2009). Darwin y la biogeografía. *Ciencia Hoy*, 19, 30-35.

- Kuhn, D. y Pearsall, D.** 2007. Developmental origins of scientific thinking. *Journal of cognition and development*, 1: 113-119.
- Lehninger, A. L.** (1990). Bioquímica: las bases moleculares de la estructura y función celular. De Calvet Prats, F. (Trad.). Barcelona, España: Ediciones Omega.
- Limón, S., Mejía, J. & Aguilera, J. E.** (2006 / 2011). *Ciencias 1. Biología secundaria*. (4ª Reimpresión). México: Ediciones Castillo.
- McNeill, K. L., Krajcik, J.** (2008). Inquiry and scientific explanation: Helping students use evidence and reasoning. En Luft, J., Bell, R. L., Gess-Newsome, J. (Eds.), *Science as inquiry in the secondary setting*, (pp. 121-134). Unites States. NSTA Press.
- Mason, S. F.** (2012). *Historia de las ciencias, del siglo XVIII al XX*. (3ª Ed.). España: Editorial Alianza.
- Mayr, E.** (1998). *Así es la biología*. Ibeas, J. M. (Trad.). España: Editorial Debate.
- Mongue-Nájera, J.** (2008). Ecological biogeography: a review with emphasis on conservation and the neutral model. *Gayana*, 72 (1), 102-112.
- Morrone, J. J.** (2001). *Sistemática, biogeografía, evolución. Los patrones de la biodiversidad en tiempo-espacio*. México: Las prensas de ciencias.
- Moya, A.** (1989). *Sobre la estructura de la teoría de la evolución*. España: Editorial Anthropos. Promat, S. Coop. Ltda.
- National Center for Science Education**, *Definitions of fact, theory and law in scientific work* (s.f.) Recuperado el 10 de junio de 2013, de www.ncse.com.
- National Research Council.** *The role of theory in advancing 21 st- century biology: catalyzing transformative research*. Washington, DC: The National Academies

Press, 2008. Recuperado el 5 de diciembre de 2013, de http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-on-reports/reports-in-brief/role_of_theory_final.pdf

Pérez, T. R. (1990/2010). *¿Existe el método científico? Historia y realidad.* (5ª Reimpresión). México: Editorial FCE, SEP, CONACyT, ECN.

Price, T. D., Grant, P. R., Gibbs, H. L. & Boag, P. T. (1984). Recurrent patterns of natural selection in a population of Darwin's finches. *Nature*, 309, 787-789.

Quammen, D. (2004). ¿Se equivocó Darwin? No. Las pruebas de la evolución son arrolladoras. *Revista National Geographic en español, Noviembre*, 4-35.

Quesada, A. J. (2004/2007). *Didáctica de las ciencias experimentales.* (7ª Reimpresión) San José, Costa Rica: EUNED.

<http://books.google.com.mx/books?id=HD4CH45sGWcC&pg=PA15&dq=definici%C3%B3n+de+hecho+cient%C3%ADfico&hl=es&sa=X&ei=IbP5UuCHJsTQyAH5wYH4AQ&ved=0CDIQ6AEwAQ#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20hecho%20cient%C3%ADfico&f=false>

Revel-Chion, A. (2010). Hablar y escribir ciencias. En Meinardi, Elsa (Ed.), *Educación en ciencia* (pp. 163-190). Buenos Aires: Paidós.

Ruiz G. R., Alvarez P. E., Noguera S. R, y Esparza S. M. (2012). Enseñar y aprender biología evolutiva en el siglo XXI. *Bio-grafía: Escritos sobre biología y su enseñanza. Monográfico de evolución*, 5 (9), 80-88.

Ruiz, G. R. y Ayala, F. J. (1998). *El método en las ciencias. Epistemología y darwinismo.* México: Fondo de Cultura Económico.

Ruiz, G. R. y Ayala, F. J. (2002). *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas.* México: Fondo de Cultura Económico. Ediciones científicas universitarias. UNAM.

- Ruiz G. R. y Ayala F. J.** (2008). El núcleo duro del darwinismo. En Llorente, J. (Comp.), *Fundamentos históricos de la biología* (pp. 455-481). México, D.F.: UNAM, Secretaria de Desarrollo Institucional, Facultad de Ciencias, Dirección General de Publicaciones y Fomento Editorial.
- Sánchez, M. M. C. y Ruiz, G. R.** (2006). La evolución. ¿Cómo ves? México: *Dirección General de Divulgación de la Ciencia. UNAM.*
- Sanders, M. & Ngxola N.** (2009). Addressing teacher's concerns about teaching evolution, *Journal of Biological Education*, 43:3, 121-128.
- Savage, Jay M.** (1975). *Evolución*. México: Editorial Compañía Editorial Continental.
- Schussheim, V.** (1986). *El viajero incomparable Charles Darwin*. México: Editorial Pangea Editores, S. A. de C. V., CONACYT.
- SEP.** (2006). *Ciencias*. Educación básica. Secundaria. Programa de estudios. México.
- SEP.** ¿Qué es enlace? 2013. Recuperado el 15 de febrero de 2013, de <http://www.enlace.sep.gob.mx/>
- Shubin, N. H., Daeschler, E. B. y Jenkins, F. A.** (2006). The pectoral fin of *Tiktaalik roseae* and the origin of the tetrapod limb, *Nature*, 440, 764–771.
- Smith, M. U.** (2010). Current Status of research in teaching and learning evolution: II. Pedagogical Issues, *Science & Education*, 19: 539-571.
- Sour, T. F. y Rivera, O. S.** (1997). La paleontología y el estudio de la vida en el pasado. En García, P., Sour, F. & Montellano, M. (Eds.), *Paleontología* (pp. 11-28). México: Las prensas de ciencias.
- Tindon, R. & Lewontin, R. C.** (2004). Teaching evolutionary biology. *Genetics and Molecular Biology*, 27 (1), 124- 131.

Valero M., A. & Jardón B., L. (2006). ¿Qué es la evolución biológica? ¿Cómo ves?
Diciembre, 14-17.

Velasco, R. (2004). La biología molecular y el ADN. *Facultad de ciencias agropecuarias*, 2 (1), 56-60.

van Dijk, E. M. & Reydon, T. A. C. (2010). A Conceptual Analysis of Evolutionary Theory for Teacher Education. *Science and Education*, 19, 655–677.

Anexos

Anexo 1

| Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución en los libros de texto | | |
|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| SEP | Libros de texto gratuitos | |
| Planes y programas vigentes 2006 | Limón Orozco, Saúl et al. 2011. Ciencias 1. Biología. 4° reimpresión. Ed. Castillo. México. p 303. | Guillén Rodríguez, Fedro Carlos. 2010. Ciencias 1 biología. Editorial Santillana, 3° reimpresión. México. p 311. |
| Bloque I. La biodiversidad: resultado de la evolución | | |
| 1. El valor de la biodiversidad | 1. El valor de la biodiversidad *Concepto de biodiversidad (utilidad y valor ético) *Redes tróficas *Concepto de especie | 1. El valor de la biodiversidad |
| 1.1. Comparación de las características comunes de los seres vivos | 1.1. Comparación de las características comunes de los seres vivos *Organización celular (unicelulares/pluricelulares) *Capacidad de respuesta al ambiente o irritabilidad <u>Ponte en acción:</u> Investigación sobre la capacidad de respuesta al ambiente en el ser humano. *Adaptación (ambiente/cambios evolutivos/herencia/supervivencia y reproducción/ejemplos de adaptación) *Nutrición (autótrofos/heterótrofos) <u>Ponte en acción:</u> Elaboración de bitácora y diccionario científico (Comprender el lenguaje de la ciencia). *Respiración (intercambio de gases, aerobios/anaerobios y respiración celular) *Reproducción <u>Ponte en acción:</u> Investigación | 1.1. Comparación de las características comunes de los seres vivos *Conformados por células (unicelulares y pluricelulares) *Organización y complejidad de las células (células-tejidos-órganos) *Ciclo de vida *Alimentación *Metabolismo *Respiración *Intercambio de materia con el medio *Irritabilidad *Reproducción <u>Aplica lo que sabes:</u> Ejemplos de adaptación |

| | | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>sobre las características comunes y las diferencias entre especies de los 5 reinos. *La célula como característica común de todos los seres vivos</p> | |
| 1.2. Importancia de la clasificación | <p>1.2. Análisis de la abundancia y distribución de los seres vivos. México como país megadiverso</p> <p>*Reducción de los ecosistemas *Cumbre de la Tierra</p> <p><u>Ponte en acción:</u> Cusas y problemas de la deforestación en Madagascar.</p> <p>¿Por qué México es un país megadiverso?</p> <p>*Condiciones que favorecen la diversidad de especies en México *Especies endémicas *Número de especies y lugar que ocupa México a nivel mundial</p> <p><u>Ponte en acción:</u> ¿Cuántas especies se conocen?</p> <p>Especies en peligro de extinción</p> <p>*Especies amenazadas *Causas de extinción</p> <p><u>Ponte en acción:</u> Investigación sobre las causas que ponen en peligro a una especie particular y proponer medidas para su conservación.</p> <p>¿Cómo participar en la conservación de la biodiversidad?</p> <p>*Reducción de las poblaciones de especies *Extinción *Educación ambiental</p> | <p>1.2. Importancia de la clasificación</p> <p>*Diferentes visiones del mundo *Primeros sistemas de clasificación</p> <p>La clasificación de los seres vivos</p> <p>*Clasificaciones basadas en parecido, origen y utilidad</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Clasificar diferentes objetos.</p> <p>*Métodos de clasificación *Sistema de clasificación binomial *Categorías taxonómicas *Clasificación de los 5 reinos</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Conocer y aprender de la historia evolutiva del ser humano a partir de la clasificación y el parentesco con otras especies de primates.</p> <p>*Clasificación evolutiva o filogenética</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Clasificación a partir de características generales y particulares (ejemplificar el trabajo científico- “No siempre es una tarea fácil”).</p> |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> *Estrategias para conservar la biodiversidad *Programas conservación en México * Acciones para conservar la biodiversidad <p>Ecosistemas en México</p> <ul style="list-style-type: none"> *Factores bióticos y abióticos *Biomás *Tipos de ecosistemas | |
| <p>1.3. Análisis de la abundancia y distribución de los seres vivos. México como país megadiverso</p> | <p>1.3. Importancia de la conservación de los ecosistemas</p> <p>Dinámica general de los ecosistemas</p> <ul style="list-style-type: none"> *Flujo de materia y energía entre factores bióticos y abióticos *Redes alimentarias <p><u>Experimenta:</u> Construye un terrario. Representación de un ecosistema y las relaciones que se presentan en él.</p> <p>Cadenas y tramas alimentarias</p> <ul style="list-style-type: none"> *Cadena alimentaria *Redes alimentarias (productores, consumidores primarios, secundarios y terciarios) *Niveles tróficos (Autótrofos, heterótrofos y descomponedores) *Equilibrio en las poblaciones <p><u>Ponte en acción:</u> Análisis de una red alimentaria.</p> <p><u>Ponte en acción:</u> Análisis de una situación hipotética de introducción de una especie exótica.</p> <p>Los ecosistemas y los ciclos del</p> | <p>1.3. Análisis de la abundancia y distribución de los seres vivos. México como país megadiverso</p> <ul style="list-style-type: none"> *Patrones de distribución de los organismos en el planeta *Factores bióticos y abióticos *Redes tróficas (productores, consumidores primarios, consumidores secundarios y descomponedores) *Países megadiversos *Tipos de adaptación (fisiológicas, anatómicas, etiológicas) *Especies endémicas *Variedad de ecosistemas *Regiones biogeográficas *Lugar que ocupa México en la lista de países con mayor riqueza de especies <p>¿Sabías que México ha aportado al mundo gran cantidad de especies que ahora son de uso común en muchos países?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Maíz, amaranto, chiles, jícamas, cacao, cacahuete, etc. *Explicaciones de por qué México es un país megadiverso <p>Pérdida de biodiversidad, problemas y soluciones</p> <ul style="list-style-type: none"> *Factores que propician la |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>agua y del carbono *Ciclos biogeoquímicos *Ciclo del agua *Ciclo del carbono</p> | <p>pérdida de biodiversidad *Medidas para proteger áreas y especies amenazadas o en peligro de extinción *Reservas naturales (ANP) Reglas de restauración y conservación</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Visita una reserva biológica cercana a tu localidad.</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Investigación sobre las causas que propician el deterioro de la capa de ozono y las acciones que se pueden realizar para minimizar los daños.</p> |
| <p>1.4. Importancia de la conservación de los ecosistemas</p> | <p>1.4. Equidad en el aprovechamiento presente y futuro de los recursos: el desarrollo sustentable</p> <p>*Primeras conferencias para implementar acciones para el cuidado del ambiente *Definición de desarrollo sustentable</p> <p>Conservación de los ecosistemas *Conservación y protección de los recursos naturales *Estrategias de conservación *ANP en México *Tipos de ANP *Otros tipos de conservación</p> <p>Aprovechamiento sustentable del suelo *Tipos de agricultura tradicional</p> <p><u>Ponte en acción:</u> Análisis de las condiciones ambientales y de las especies de Cuatro-Ciénegas. <u>Ponte en acción:</u> Acciones que cada uno puede desarrollar a partir de la lectura “La carta de</p> | <p>1.4. Importancia de la conservación de los ecosistemas</p> <p>*Teoría de Gaia *Ciclo del agua y del carbono *Respiración y fotosíntesis</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> a) Investigación sobre las reservas de petróleo, sus derivados y conflictos bélicos asociados. b) Investigación sobre el calentamiento global y debate basado en el desarrollo sustentable.</p> <p>*Interacciones entre los seres vivos *Cadena alimentaria *Red trófica (autótrofos <productores>, heterótrofos <consumidores primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios> y descomponedores)</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u></p> |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>la Tierra”.</p> <p><u>Para pensar:</u> Preguntas para reforzar el conocimiento de la lección 1.</p> <p>Pistas para mi proyecto</p> | <p>Elaboración de redes tróficas.</p> <p>*Adaptación</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Investiga el lugar de procedencia del agua que consumes y si existen plantas de tratamiento cerca de tu localidad.</p> <p>*Leyes de protección ecológica *Programas de conservación de los recursos naturales</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Acciones para para el aprovechamiento de los recursos naturales. Proyecto a realizar a lo largo del curso, puede ser escolar o comunitario.</p> |
| <p>1.5. Equidad en el aprovechamiento presente y futuro de los recurso: el desarrollo sustentable</p> | | <p>1.5. Equidad en el aprovechamiento presente y futuro de los recurso: el desarrollo sustentable</p> <p>*Desarrollo sustentable</p> <p>El respeto de los pueblos prehispánicos a la naturaleza *ANP en México *Tipos de ANP *UMAS *Proyectos ambientales *Adaptación y medio ambiente</p> <p>INTEGREMOS</p> |
| <p>2. Diversas explicaciones del mundo vivo</p> | <p>2. Diversas explicaciones del mundo vivo</p> <p>*Diferentes explicaciones de los fenómenos naturales *Obtención de conocimiento a través de la observación y la experimentación</p> | <p>2. Diversas explicaciones del mundo vivo</p> <p>*Diversidad cultural</p> |
| <p>2.1. Valoración de distintas formas de construir el saber. El conocimiento indígena</p> | <p>2.1. Valoración de distintas formas de construir el saber. El conocimiento indígena</p> | <p>2.1. Valoración de distintas formas de construir el saber. El conocimiento indígena</p> |

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> *Conocimiento empírico *Conocimiento lógico *Conocimiento científico *Ciencia moderna <p>El estudio de las plantas en el México antiguo</p> <ul style="list-style-type: none"> *Jardines botánicos y zoológicos *Clasificación utilitaria de las plantas <p>La herbolaria: una práctica importante en el conocimiento de los seres vivos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Observación y experimentación con plantas *Clasificación de plantas <p><u>Ponte en acción:</u> Investigación en el mercado cercano a tu localidad sobre plantas medicinales.</p> <p>Los seres vivos en las manifestaciones culturales</p> <ul style="list-style-type: none"> *Comercialización de plantas y animales *Leyendas indígenas <p>Ponte en acción: Investigar el origen de celebraciones que tienen su origen en alguna planta o animal.</p> | <ul style="list-style-type: none"> *Aprendizaje indígena *Relación entre el ser humano y la naturaleza *Aprovechamiento sustentable <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Impacto del consumo humano en el ambiente “Tu huella ecológica”.</p> <ul style="list-style-type: none"> *Regiones indígenas <p>¿Alguna vez has visitado un mercado en el que vendan plantas con propiedades curativas?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Herbolaria <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Investigación sobre plantas a las que se les atribuye propiedades curativas.</p> |
| <p>2.2. Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin</p> | <p>2.2. Importancia de la clasificación</p> <ul style="list-style-type: none"> *Primeras formas de clasificación <p><u>Ponte en acción:</u> Clasifica las plantas de tu localidad de acuerdo a la clasificación de Aristóteles.</p> <ul style="list-style-type: none"> *Clasificación binomial propuesta por Carl Linneo *Taxonomía | <p>2.2. Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin</p> <ul style="list-style-type: none"> *Calendario cósmico de Carl Sagan *Surgimiento de la vida en el planeta *Evolución, proceso de transformación de las especies *Charles Darwin y el libro “El origen de las especies” *Explicación creacionista sobre el surgimiento de la vida *Evidencias: fósiles de especies |

| | | |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p><u>Ponte en acción:</u> Elabora una clasificación a partir de características comunes entre diferentes especies. *Categorías taxonómicas</p> <p>Clasificación de los seres vivos en reinos *Dos reinos *Cinco reinos</p> | <p>de plantas y animales desconocidos</p> <p>Primeras ideas sobre la evolución *Herencia de caracteres adquiridos o Lamarckismo *Ejemplo: el cuello de las jirafas *Expedición científica de Darwin alrededor del mundo *Elaboración de la teoría de la evolución de las especies *Evidencias que le ayudan a consolidar su teoría *Ejemplo de los pinzones de Darwin</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Investiga el tipo de alimentación, la forma del pico y la relación entre estas dos características en 5 especies de pinzones.</p> <p>*Concepto de selección natural *Argumentos de Darwin sobre la teoría de la evolución *Población *Presiones de selección *Diferencias entre la teoría de Lamarck y la de Darwin *¿Qué son los fósiles? *Tipos de fósiles</p> <p>PROYECTO: Elaboración de un fósil, investigación sobre organismos conservados en hielo y los fósiles vivientes.</p> |
| <p>2.3. Relación entre adaptación y selección natural</p> | <p>2.3. Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin</p> <p>Los fósiles: testimonio de la evolución de los seres vivos *Teoría de la evolución *<i>Archaeopteryx lithographyca</i></p> | <p>2.3. Relación entre adaptación y selección natural</p> <p>*Ambientes y tipos de ecosistemas *Selección natural, vía principal del proceso evolutivo *Adaptación por selección</p> |

| | | |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>(ancestro de las aves) *Formas de fosilización</p> <p>Lamarck y la evolución de las especies *Lamarck y su teoría de la herencia de los caracteres adquiridos *Ejemplo: el cuello de las jirafas</p> <p><u>Ponte en acción:</u> Caso hipotético explicado con la teoría de Lamarck.</p> <p>Darwin y la teoría de la evolución *Charles Darwin y el origen de las especies</p> <p>El viaje de Darwin y las islas Galápagos *Observación de las especies de las islas Galápagos *Especies de pinzones adaptadas a diferentes tipos de dietas</p> <p>La idea de la selección natural *Thomas Malthus *Ideas básicas de Darwin *Teoría conjunta de Darwin y Wallace *Publicación del libro “El origen de las especies” *Tipos de variación (anatómicas, fisiológicas y de comportamiento) *Variaciones favorables *Adaptación y selección natural *Ejemplos de selección natural</p> | <p>natural *Variaciones favorables *Definición de adaptación *Ejemplos de adaptación *Presiones de selección</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Juego con frijoles (Adaptación y selección natural).</p> <p>*Ejemplos de adaptación de plantas y animales de diferentes ecosistemas</p> <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Investigación sobre las adaptaciones de plantas y animales de diferentes ecosistemas.</p> <p>Selección natural y selección artificial *Definición de selección natural *Selección artificial que ha desarrollado el ser humano *Domesticación del maíz *Domesticación de animales *La selección natural no tiene un propósito ni una dirección definida *Presiones ambientales y cambios genéticos, son los que determinan que organismos sobreviven *La biodiversidad se debe a la variabilidad genética de los organismos y la selección natural que el medio ejerce sobre ellas *Mutación-adaptación *La selección natural actúa en individuos y sus efectos se observan en las poblaciones *Separación de poblaciones por barreras geográficas *Formación de nuevas especies *Biodiversidad, resultado de</p> |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

| | | |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <p>millones de años de evolución</p> <p>¿Te has preguntado alguna vez cómo pueden convivir tal diversidad de especies en una selva?</p> <p>*Nicho ecológico</p> <p>INTEGREMOS</p> |
| | <p>2.4. Relación entre adaptación y selección natural</p> <p>*Definición de adaptación</p> <p>*Tipos de adaptación (anatómicas, fisiológicas y de comportamiento)</p> <p><u>Experimenta:</u> Juego para representar cómo actúa la selección natural con la especie <i>Biston betularia</i>.</p> <p>El origen de nuevas especies</p> <p>*Definición de especiación</p> <p>*Causas de formación de nuevas especies</p> <p>*Barreras geográficas</p> <p>Selección artificial</p> <p>*Definición de selección artificial</p> <p>*Propósitos de la selección artificial</p> <p><u>Ponte en acción:</u> De una serie de imágenes, identificar cuáles animales son domesticados.</p> <p><u>Historia de la ciencia:</u> La teoría de la evolución en la actualidad.</p> <p><u>Para pensar:</u> Pregunta 10. ¿Conoces evidencias de la evolución de los seres vivos? ¿Cuáles son? ¿Qué información nos dan?</p> <p>Pistas para mi proyecto</p> | |
| 3. Tecnología y sociedad | 3. Tecnología y sociedad | 3. Tecnología y sociedad |

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <ul style="list-style-type: none"> *Observación, análisis e interpretación de los fenómenos naturales *Surgimiento de la tecnología | <p>¿A dónde vamos?</p> <ul style="list-style-type: none"> *Ejemplos de la revolución científica y tecnológica *Contribuciones de la ciencia y la tecnología al desarrollo humano *La tecnología en la vida del ser humano *Mejoramiento de la calidad de vida *Leeuwenhoek y los primeros microscopios |
| <p>3.1. Relación entre la ciencia y la tecnología en la interacción ser humano-naturaleza</p> | <p>3.1. Relación entre la ciencia y la tecnología en la interacción ser humano-naturaleza</p> <ul style="list-style-type: none"> *Definición de tecnología *Relación entre ciencia y tecnología *Propósitos de la ciencia *Propósitos de la tecnología *El método de la ciencia *El método de la tecnología *Semejanzas y diferencias entre ciencia y tecnología <p>La ciencia y la tecnología y las necesidades del ser humano</p> <ul style="list-style-type: none"> *Las actividades de la vida nómada *Descubrimiento de la agricultura *Primera revolución tecnológica (Domesticación) *Propósitos de la domesticación *Domesticación del maíz y el desarrollo de culturas *Segunda revolución tecnológica (Revolución industrial) *Tercera revolución tecnológica (Informática y biotecnología) <p><u>Ponte en acción:</u> Investigación y discusión sobre:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) El uso y elaboración de herramientas. | <p>3.1. Relación entre la ciencia y la tecnología en la interacción ser humano-naturaleza</p> <ul style="list-style-type: none"> *Sedentarización *Domesticación de animales *Revolución industrial *Diferencias entre ciencia y tecnología *Línea del tiempo sobre los descubrimientos más importantes <p><u>Aplica lo que sabes:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> a) Debate sobre los beneficios y los daños que ocasionaron los avances en la ciencia y la tecnología. b) Breve historia sobre el conocimiento científico. c) Completar tabla a partir del trabajo que realizó Darwin (apoyarse en los contenidos de la lección 2). <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Completar tabla basándose en el invento de la luz eléctrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> *Relación entre ciencia y tecnología <p>Momentos clave en la relación sociedad-naturaleza. La caza y la recolección</p> <ul style="list-style-type: none"> *Bosquimanos |

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>b) Relación entre ciencia y tecnología.</p> <p>Ciencia y tecnología para conservar la salud</p> <ul style="list-style-type: none"> *Descubrimientos que beneficiaron a la medicina *Louis Pasteur *El papel del microscopio *Resistencia a los antibióticos *Primeras vacunas | <p>La recolección</p> <ul style="list-style-type: none"> *Primeros asentamientos agrícolas *Primeros granos cultivados *Sedentarismo *Primera innovación tecnológica (Agricultura) <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Periódico mural sobre los usos del maíz.</p> <ul style="list-style-type: none"> *Domesticación de animales/ selección artificial *Primeros oficios e intercambio comercial <p>Revolución industrial</p> <ul style="list-style-type: none"> *Factores que propiciaron la revolución industrial *Efectos sociales de la revolución industrial |
| <p>3.2. Implicaciones del descubrimiento del mundo microscópico y de la célula como unidad de los seres vivos</p> | <p>3.2. Implicaciones del descubrimiento del mundo microscópico y de la célula como unidad de los seres vivos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Microscopio instrumento de investigación *Primeros microscopios <p><u>Historia de la ciencia:</u> Anton van Leeuwenhoek</p> <ul style="list-style-type: none"> *Desarrollo de microscopios modernos <p>El microscopio y el conocimiento de las células</p> <ul style="list-style-type: none"> *Robert Hooke *Marcello Malpighi *René Dutrochet *Robert Brown *Teoría celular <p><u>Experimenta:</u> Identificar algunas de las estructuras que forman parte de una célula animal y de</p> | <p>3.2. Implicaciones del descubrimiento del mundo microscópico y de la célula como unidad de los seres vivos</p> <ul style="list-style-type: none"> *Historia de la peste negra <p><u>Aplica lo que sabes:</u> Cuestionario sobre la peste negra.</p> <ul style="list-style-type: none"> *Explicaciones alternativas sobre el origen de la peste negra *Leeuwenhoek: sus observaciones y la historia de sus observaciones <p><u>Aplica lo que sabes:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> a) Construye un microscopio. b) Normas de seguridad en el laboratorio. c) Conoce las partes del microscopio óptico. d) Maneja y usa el microscopio óptico. |

| | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | <p>una vegetal.</p> <p>El microscopio y los avances en el cuidado de la salud</p> <ul style="list-style-type: none"> *Bacterias y levaduras en la elaboración de alimentos *Descubrimiento de los agentes causales de enfermedades *Enfermedades *Virus <p><u>Para pensar:</u></p> <p>Pistas para mi proyecto</p> | <p>El descubrimiento de las células</p> <ul style="list-style-type: none"> *Robert Hooke *Descubrimiento de la célula *Postulados de la teoría celular *La célula *Organismos unicelulares y pluricelulares *Células procariontes y eucariontes *El microscopio y el descubrimiento de agentes infecciosos *Surgimiento de la microbiología *Descubrimientos de Robert Kock y Luis Pasteur *Postulados de Robert Kock *Relación entre avances tecnológicos y las enfermedades <p>INTEGREMOS</p> <p>Completar tabla sobre el aporte científico y tecnológico de 5 descubrimientos</p> <p>Observar epidermis de cebolla en un microscopio</p> |
| <p>4. Proyecto</p> <p>(Temas y preguntas opcionales)</p> <p>¿Por qué es importante la domesticación de las especies en las culturas indígenas en México?</p> <p>¿Qué cambios ha sufrido la biodiversidad del país en los últimos 50 años y a qué lo podemos atribuir?</p> | <p>4. Proyectos de integración y aplicación</p> <p>Proyecto 1: Domesticación Proyecto 2: Biodiversidad</p> <p>Recomendación:</p> <p>1) Leer el artículo “Fósiles chinos” de Cliff Torpy, que publicó la revista National Geographic en español, volumen 17, número 2, México, agosto de 2005, pág. 80-95. 2) Película Erin Brockovich (<i>Archaeopteryx</i>)</p> | <p>4. Proyectos</p> <p>*Guía para el desarrollo de proyectos</p> <p>Proyecto 1: ¿Por qué es importante la domesticación de especies en las culturas indígenas de México? Proyecto 2: ¿Qué cambios ha sufrido la biodiversidad del país en los últimos 50 años y a qué podemos atribuirlos?</p> |

Tabla 2. Estructura y contenido del Bloque I. Biodiversidad: resultado de la evolución en los libros de texto que utilizó la muestra.

Anexo 2a

| Respuestas de los 4 grupos del turno matutino a la pregunta del instrumento de evaluación diagnóstica: ¿Conoces alguna evidencia de la evolución de los seres vivos? ¿Cuál o cuáles? | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Grupo | Folio | Pre-test | Post-test |
| 1° A | MA01 | Sí, de sedentarios a <i>Homo sapiens sapiens</i> . | Los restos de los huesos. |
| | MA02 | Sí, cuando van creciendo. | Sí, los fósiles. |
| | MA03 | Que cada uno va cambiando según el tiempo | Los huesos de los animales (fósiles). |
| | MA04 | Los fósiles. | Los fósiles. |
| | MA05 | Nacen, se desarrollan, se reproducen y mueren. | Se crea la especie, evoluciona, se adapta y puede que se extinga. |
| | MA06 | Por ejemplo el oso: en las regiones frías aumento su pelaje y cambio de color para confundirse con la nieve. | Sí, la evolución del mamut a un elefante. |
| | MA07 | No sé. | Sí, los fósiles. |
| | MA08 | Lucy y fósiles de mamuts. | Los fósiles que nos dicen cómo eran algunas especies, hace miles de años. |
| | MA09 | No. | No conozco. |
| | MA10 | Los cambios físicos. | Sí, el cambio en su cuerpo. |
| | MA11 | No conozco ninguna. | Sí, el hombre. |
| | MA12 | Sí, los monos. | Sí, los restos de cráneos. |
| | MA13 | ----- | No. |

| | | | |
|--|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| | MA14 | Sí, la química. | No. |
| | MA15 | Los fósiles de dinosaurios como el mamut que se parece mucho al elefante. | Los fósiles, los monos. |
| | MA16 | <i>Homo habilis</i> . | El hombre. |
| | MA17 | Los fósiles y sus huesos. | Los humanos, cambiaron su forma de pensar, sus características físicas como el cráneo. |
| | MA18 | Sí conozco y es la evolución del hombre por ejemplo: del mono, <i>Australopithecus</i> , etc. | Los humanos. |
| | MA19 | Los reptiles que antes eran grandes pero después para adaptarse se volvieron pequeños. | Los seres humanos. |
| | MA20 | No. | Sí, la mariposa. |
| | MA21 | Sí. Un ejemplo sería la de los seres humanos en el pasado y en la época actual. | Sí, la del <i>Homo sapiens</i> . |
| | MA22 | Sí, por ejemplo que ahora ya no caminamos todos agachados. | Sí, la evolución del hombre, la del caballo, de las aves y plantas. |
| | MA23 | Sí, los restos de Lucy. | Sí, los fósiles |
| | MA24 | No conozco ninguna. | La evolución del hombre. |
| | MA25 | No, no conozco. | No lo sé. |
| | MA26 | Sí, cuando éramos monos y fuimos evolucionando y ahora ya somos personas. | Sí, la teoría de Edwin. |
| | MA27 | Humano, aves, peces, etc. | Sí, la de los animales. |

| | | | |
|--|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MA28 | Nosotros, las plantas y los animales. | Los huesos de dinosaurios ya sean marinos, voladores o terrestres. |
| | MA29 | Sí, la de los dinosaurios. | Sí, nacer, crecer, reproducirse, morir, etc. |
| | MA30 | Sí, cuando nuestros antepasados se volvieron hombres y fueron cambiando. | Sí, nacen, crecen, se reproducen y mueren. |
| | MA31 | Que el hombre se iba enderezando. | Sí, como fueron cambiando el hombre y los animales, etc. |
| | MA32 | Una evidencia son los restos de Lucy. | Mamut-Elefante |
| | MA33 | No. | No, no conozco ninguna. |
| | MA34 | Sí, la evolución del hombre a través del tiempo. | Los fósiles de los <i>Homo sapiens</i> . |
| | MA35 | Los seres humanos, pues antes solo éramos <i>Homo habilis</i> y ahora somos <i>Homo sapiens</i> . | Los caballos, pues antes eran de tamaño de un perro y ahora son más grandes. |
| | MA36 | Sí, los huesos fosilizados y nuestro cuerpo. | Sí, los huesos encontrados. |
| | MA37 | Sí, desde los dinosaurios, hasta los monos que evolucionan y se convierten en humanos. | Sí, los hombres prehistóricos, los animales de antes y los dinosaurios que ahora son todos diferentes. |
| | MA38 | Aprendieron, crearon y construyeron. | Los fósiles. |
| | MA39 | No, no conozco. | Unos fósiles. |
| | MA40 | Sí, la del ser humano. | Sí, la del ser humano, antes éramos como changos. |
| | MA41 | Como la teoría de Darwin que investigó cómo los dinosaurios fueron evolucionando y hasta ahorita se han encontrado | La del hombre primitivo que partió de África hasta América pasando por el estrecho de Bering. |

| | | | |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | restos de ellos. | |
| | MA42 | Sí, los seres humanos. | Sí nosotros, la de los animales. |
| | MA43 | S, en el libro de 6° año, venía cómo evoluciono el hombre a través de los años. | Sí, la del ser humano. |
| | MA44 | La de los humanos. | Sí, antes los seres vivos eran más grandes o más chicos. Ahora son con a lo mejor pies o manos más ágiles para moverse más rápido y así atrapar a sus presas. |
| 1° B | MB01 | Sí, como la información, los huesos que se han encontrado. | Sí, como los fósiles, huesos o restos de animales o personas. |
| | MB02 | Los cambios físicos y biológicos que tenemos los seres humanos. | Sí, el nacimiento de mi hermano, cuando crece una planta o un animal. |
| | MB03 | La de nosotros y las ranas. | Los seres humanos. |
| | MB04 | Sí, antes éramos <i>Homo erectus</i> , <i>Homo sapiens</i> , casi iguales a un mono y ahora casi en nada nos parecemos. | Antes se consideraba que éramos monos y muy parecidos y con el paso del tiempo fuimos cambiando. |
| | MB05 | Sí, hay fósiles, pinturas en algunas cuevas, imágenes e información. | Los fósiles y se ve en animales. |
| | MB06 | Sí, los fósiles como huesos, excremento o pinturas rupestres. | Sí, empezando por los fósiles, las heces y su rudimentaria. |
| | MB07 | Sí, los animales y los seres humanos. | Sí, la del hombre. |
| | MB08 | Sí, la del ser humano. | Sí, las tecnologías. |
| | MB09 | Sí, los fósiles de dinosaurios son un ejemplo de la evolución de | Los fósiles de animales. |

| | | | |
|--|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| | | los animales. | |
| | MB10 | No. | ----- |
| | MB11 | Sí, los seres humanos podemos hacer más cosas. | Los humanos antes caminábamos erguidos y ahora derechos. |
| | MB12 | Los fósiles demuestran cómo hemos evolucionado a lo largo del tiempo. | Lucy el esqueleto más completo y antiguo que muestra cómo eran en esa época. |
| | MB13 | Sí, los restos de huesos, su modo de vida, etc. | No. |
| | MB14 | Pues toda la historia que hemos evolucionado desde el hombre cuando era chango hasta donde hemos llegado. | Pues enciclopedias, programas como History Channel, etc. |
| | MB15 | Los fósiles. | Sí, los huesos que se han encontrado de simios, que ahora son humanos. |
| | MB16 | Sí, que de los monos pasamos a ser humanos. | No. |
| | MB17 | Sí, fósiles, cráneos. | Sí, los primates. |
| | MB18 | La del ser humano hasta llegar a <i>Homo sapiens</i> . | La de los humanos. |
| | MB19 | El de los seres humanos. | Sí, el ser humano. |
| | MB20 | Sí, la de la mariposa. | Sí, la de los patos, pollos, etc. |
| | MB21 | No lo sé. | No conozco. |
| | MB22 | El crecimiento de los humanos y los animales. | Algunas características físicas. |
| | MB23 | La mariposa pasa primero por un gusano, se encierra en un capullo y sale la mariposa. | Sí, la evolución de la rana. |

| | | | |
|--|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MB24 | Cavernícola, <i>Homo erectus</i> , <i>Homo sapiens</i> . | Los monos. |
| | MB25 | Sí, el parentesco con algunas especies al hombre. | Sí, los fósiles y el parentesco a ellos. |
| | MB26 | Con los seres antiguos los monos y cómo son ahora. | De un como simio hasta lo que somos ahora. |
| | MB27 | Pues si te metes a internet o ves una monografía de nuestros antepasados y la comparas con una foto tuya o viéndote al espejo. | Sí, en fotos y fósiles se puede ver como por ejemplo: los animales del pasado y del presente han cambiado más o menos. |
| | MB28 | Sí, la teoría de Darwin que demuestra cómo evolucionó el humano. | Sí, la teoría de Darwin. |
| | MB29 | Sí, la de los humanos y algunos animales. | Antes los humanos caminábamos jorobados y ahora caminamos erguidos. |
| | MB30 | Sí, los seres humanos. | Sí, los fósiles. |
| | MB31 | Sí, la de los seres humanos. | Sí, la evolución del ser humano. |
| | MB32 | Sí, porque antes los animales eran dinosaurios o los hombres eran monos y fueron cambiando. | Sí, la de los dinosaurios. |
| | MB33 | No me acuerdo. | ----- |
| | MB34 | Como fueron cambiando de la prehistoria hasta el mundo actual. | No, ninguna. |
| | MB35 | Los monos, como <i>Homo sapiens</i> , etc. | Sí, que fueron desapareciendo los hombres monos. |
| | MB36 | Que el embarazo y el nacimiento. | No. |

| | | | |
|------|------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MB37 | La de los pájaros y el ser humano. | Sí, la de las aves, caballos, tigres. |
| | MB38 | Sí las de dinosaurios y nuestros antepasados. | Sí, los antepasados. |
| | MB39 | Como un dibujo de cómo hemos evolucionado. | La evolución del hombre o del dinosaurio. |
| | MB40 | Los fósiles. | Sí, algunos fósiles de animales prehistóricos y sus rastros. |
| | MB41 | No. | Sí, los monos o primates. |
| | MB42 | Sí, la de que en la prehistoria los humanos eran monos y poco a poco fueron cambiando. | Sí, la de los seres vivos de la prehistoria. |
| | MB43 | La de los humanos y los simios. | La evolución del ser humano. |
| | MB44 | Humanos venimos de los simios, cocodrilos de dinosaurios. | Por ejemplo, el cocodrilo proviene de los dinosaurios. |
| | MB45 | Sí, la polilla. | Sí, el oso polar. |
| 1° C | MC01 | No conozco ninguna | Sí, la del hombre y la del caballo. |
| | MC02 | Los seres vivos de su ciclo de vida. | Sí, hay especies por ejemplo las jirafas que tuvieron que evolucionar para poder sobrevivir así con su cuello largo pueden alimentarse. |
| | MC03 | Los pequeños empiezan a pensar más. | Ninguna. |
| | MC04 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, podrían ser los fósiles (directas) o la anatomía (indirectas). |
| | MC05 | No conozco. | ----- |
| | MC06 | La de los caballos. | La del hombre de los homínidos, al ver en ellos que el dedo pulgar del pie también era paralelo a los demás dedos |

| | | | |
|--|------|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| | | | lo que favoreció la marcha bípeda. |
| | MC07 | Sí en el museo de antropología, los huesos de Lucy y otros primitivos. | Sí, en los museos hay restos fósiles de seres vivos o sea nuestros antepasados. |
| | MC08 | Sí el mamut ha evolucionado a elefante. | Sí, la del ser humano. |
| | MC09 | No me acuerdo. | Sí, los fósiles. |
| | MC10 | Sí, cuando yo crecí. | Sí, la del hombre. |
| | MC11 | Sí, nosotros mismos porque antes éramos un tipo de homínidos. | Sí, y son los fósiles o restos de esos animales como los huesos, dientes, etc. |
| | MC12 | Ejemplo: características del ser humano con la de especies de los primates. | Sí, ejemplo: la evolución de un primate a un hombre. |
| | MC13 | Sí, las iguanas marinas y la jirafa. | Los fósiles. |
| | MC14 | Que de ser primate ahora somos humanos. | Sí, los fósiles. |
| | MC15 | Pues no. | Los fósiles. |
| | MC16 | Nosotros somos descendientes de los primates (<i>Homo sapiens</i>) hombre pensante. | Sí, los fósiles. |
| | MC17 | Un ejemplo podríamos ser nosotros, pues de un microorganismo hemos llegado a ser lo que somos. | ----- |
| | MC18 | Los cráneos de los humanos y los fósiles de los animales marinos. | Sí, pueden ser los fósiles encontrados, huesos humanos en la prehistoria. |
| | MC19 | No. | La extinción, la evolución. |

| | | | |
|--|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MC20 | Sí. Los huesos y lugares que encuentran cómo antes vivían. | Sí, los reptiles, las aves y nosotros mismos. |
| | MC21 | Sí, del caballo que empezó desde un tipo de ciervo hasta como es. | (Los fósiles). Los mamíferos de antes y los de ahora, como el caballo a un principio fue diminuto y ahora es grande. |
| | MC22 | Sí, la del ser humano. | La teoría de la selección natural. |
| | MC23 | La evolución de los seres humanos. | La del caballo. |
| | MC24 | Sí, el hombre primero empezó parecido a un chango y luego a ser hasta ahora. | Sí, la evolución del hombre. |
| | MC25 | No, no conozco. | Sí, los fósiles. |
| | MC26 | Sí, la del hombre y la del caballo. | Los fósiles. |
| | MC27 | Sí, la del elefante. | Sí, la jirafa, el hombre. |
| | MC28 | Pues la de los homos, eran <i>Australopithecus afarensis</i> , después <i>Homo habilis</i> , después <i>Homo erectus</i> , después <i>Homo sapiens</i> , hasta llegar al <i>Homo sapiens sapiens</i> . | El hombre que paso de ser un homínido (<i>Australopithecus afarensis</i>) a <i>Homo erectus</i> , <i>Homo sapiens</i> y ahora <i>Homo sapiens sapiens</i> . |
| | MC29 | La de los humanos. | Los fósiles sobre cómo eran antes y cómo son ahora. |
| | MC30 | De cuerpo y mentalidad. | La del caballo y la jirafa. |
| | MC31 | Sí, la de Charles Darwin. | Sí, la evolución del humano. |
| | MC32 | No. | Sí, cuando aumenta su grosor de piel en algunos animales cuando viven en el frío. |

| | | | |
|------|------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MC33 | Primero eran changos y después humanos y hasta el último humano. | El del ser vivo, dicen que antes éramos unos changos o algo sí, poco a poco fuimos evolucionando. |
| | MC34 | Los fósiles. | Sí, los fósiles que se encuentran o los huesos. |
| | MC35 | Sí, la teoría de Darwin. | Sí, es la teoría de Darwin. |
| | MC36 | No, no conozco. | Los fósiles. |
| | MC37 | Si, cuando naces tienes la evolución de crecimiento. | Sí, la del hombre primitivo. |
| | MC38 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, la evolución del hombre (consta de distintas etapas). |
| | MC39 | Sí, la evolución del hombre, cuándo encontraron los huesos de Lucy. | Sí, la de los paleontólogos (fósiles) y Lucy. |
| | MC40 | No me acuerdo. | Sí, los fósiles. |
| | MC41 | Sí, la de los humanos de monos a humanos. | Sí, como las jirafas, la evolución de su cuello es más largo para alcanzar su alimento. |
| | MC42 | Los restos encontrados por científicos. | Adaptación. |
| | MC43 | Los caballos evolucionaron y pájaros. | La de los seres humanos, encontraron varios restos de nuestros antepasados. |
| | MC44 | Los primeros animales marinos evolucionaron para vivir en tierra. | Sí, las aves surgieron de los primeros reptiles voladores. Las jirafas tuvieron el crecimiento del cuello para alcanzar las hojas de los árboles. |
| | MC45 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, la de Darwin. |
| 1° D | MD01 | Sí, los dinosaurios como el tiranosaurio rex. | Sí, los <i>Homo sapiens</i> porque son a los que nos parecemos más. |

| | | | |
|--|------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| | MD02 | Sí, la del hombre. | Sí, la del hombre. |
| | MD03 | Los hijos tienen parecido a sus padres pero no son completamente iguales. | Sí, en los orangutanes, porque nuestros antepasados eran orangutanes. |
| | MD04 | La de los caballos que fueron creciendo más y más de acuerdo a su evolución. | Sí, algunas evoluciones de los animales (fósiles). |
| | MD05 | Sí, era una simia que sabía escribir. | Sí, era una simia que se estaba evolucionando pero murió y la vi en un museo. |
| | MD06 | La de los animales y los seres vivos. | Sí, los animales o las plantas. |
| | MD07 | Sí, la de los animales y los seres vivos. | Una es el ser humano y los animales. |
| | MD08 | Sí, los fósiles de animales extintos. | Sí, los fósiles que se encuentran de ancestros al humano. |
| | MD09 | Evolucionamos para mejorar. | Sí, el hombre erectus y de ahí sigue evolucionando. |
| | MD10 | Sí, cuando el hombre pasó de ser <i>Homo sapiens</i> a <i>Homo sapiens sapiens</i> . | El hombre, aves, etc. |
| | MD11 | Cráneos de otras especies y huesos (fósiles). | Fósiles como de hombres diferentes o de animales. |
| | MD12 | El ser humano, el caballo, los reptiles, etc. | Todas las especies tienen evoluciones. |
| | MD13 | Sí, las aves, caballos. | El caballo antes era más pequeño. |
| | MD14 | Sí, por ejemplo el hombre. | Sí, por ejemplo los fósiles. |
| | MD15 | No sé qué significa evidencia. | Sí, la evolución del hombre. |

| | | | |
|--|------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MD16 | La que va del: <i>Homo erectus</i> y <i>Homo sapiens</i> . | De los humanos que evolucionamos del chango. |
| | MD17 | La del caballo o el elefante al mamut. | Sí, los fósiles. |
| | MD18 | Sí, cuando va cambiando tu cuerpo. | Sí, van creciendo poco a poco, sus características cambian y su forma de pensar. |
| | MD19 | Sí, las aves. | La de los humanos. |
| | MD20 | Creo que los hombres. | El perro. |
| | MD21 | Sí, los mamuts se extinguieron pero su evolución es el elefante. | Sí, los seres humanos. |
| | MD22 | Los seres humanos antiguos estaban erguidos y nosotros no. | Nosotros. |
| | MD23 | Los fósiles y su esqueleto de ellos. | Sí, la del hombre que cambio de ser un mono a un hombre. |
| | MD24 | Los cocodrilos o caimanes eran enormes hace años y ahora son más pequeños. | El ser humano evoluciono, los cocodrilos. |
| | MD25 | Fósiles de las primeras personas que vivieron en África. | Sí, los fósiles del primer ser vivo. |
| | MD26 | La forma en que cambiaron los dinosaurios y dejaron fósiles. | Sí, el de las aves, los humanos entre otras. |
| | MD27 | La evolución de los tigres dientes de sable a los leopardos. | Sí, los humanos. |
| | MD28 | Sí, los bebés cuándo crecen. | Sí, los seres humanos cuándo iban evolucionando de <i>Homo habilis</i> a <i>Homo erectus</i> . |
| | MD29 | Sí, pueden ser los fósiles. | Sí, los fósiles del hombre /Australopithecus/. |

| | | | |
|--|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | MD30 | Sí, la de los <i>Homo habilis</i> al hombre actual. | Sí, la del ser humano que ha evolucionado mucho. |
| | MD31 | El hombre primero chango y luego <i>Homo sapiens</i> , <i>Homo erectus</i> , <i>Homo habilis</i> , etc. | Por los años, como <i>Homo erectus</i> , <i>Homo sapiens</i> , hombre romano, <i>Homo sapiens</i> , etc. |
| | MD32 | Sí, los fósiles. | Fósiles. |
| | MD33 | El hombre en tiempos pasados era un <i>Homo sapiens</i> . | Que algunos animales tienen habilidades que otros no. |
| | MD34 | La de Darwin de que evolucionamos para sobrevivir. | De que conforme cambia el clima y el planeta, se tienen que ir adaptando y va cambiando y modificando su DNA. |
| | MD35 | No sé. | Sí, la evolución del ser humano. |
| | MD36 | No. | La de los primates que han evolucionado hasta llegar a ser humano. |
| | MD37 | No sé. | No me lo enseñaron. |
| | MD38 | Sí, se han encontrado distintos fósiles de hombres, caballos o mamíferos. | Sí, nosotros, con el tiempo hemos cambiado. |
| | MD39 | No sé. | Los humanos. |
| | MD40 | Los seres vivos de la actualidad evolucionaron de los seres vivos de hace años. | La del ser humano. |
| | MD41 | Lucy que fue <i>Homo habilis</i> y paso a humano. | El perro. |
| | MD42 | Sí, como la del caballo o la de los seres humanos. | Sí, el caballo, el ser humano, el elefante, el mono, etc. |

Tabla 5. Repuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno matutino.

Anexo 2b

| Respuestas de los 4 grupos del turno matutino a la pregunta del instrumento de evaluación diagnóstica: ¿Conoces alguna evidencia de la evolución de los seres vivos? ¿Cuál o cuáles? | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Grupo | Folio | Pre-test | Post-test |
| 1° A | VA01 | La de los seres humanos, cuándo eran <i>Homo sapiens</i> . Pasó el tiempo y fueron evolucionando, aprendieron más cosas. | Sí, los fósiles. |
| | VA02 | Sí, las aves antes no tenían plumas y paso el tiempo y ahora están tapizadas de plumas. | Pues sí, la evolución de los dinosaurios puede ser. |
| | VA03 | Los fósiles. | Los fósiles. |
| | VA04 | Los cambios y todo ese tipo de cosas que hable de la evolución. | Sí, la de los <i>Homo sapiens</i> o los animales que fueron evolucionando. |
| | VA05 | No. | Sí, algunos fósiles. |
| | VA06 | Los homínidos, <i>Homo erectus</i> , <i>Homo habilis</i> , <i>Homo sapiens</i> y <i>Homo sapiens sapiens</i> . | Los fósiles. |
| | VA07 | Porque nos fuimos desarrollando las cualidades. | Yo como voy creciendo por etapas. |
| | VA08 | Sí, la del hombre, la mariposa, etc. | Sí, la de la mariposa o teoría de Darwin. |
| | VA09 | El ser humano, que pasó de ser una especie de mono (<i>Australopithecus</i>) al ser humano actual. | Los fósiles de los antepasados de algunas especies, evidencia genética relacionada con algunos seres vivos, parentesco físico de especies con otras. |
| | VA10 | Sí, los fósiles. | Sí, los fósiles porque hay fósiles de unas especies que se fosilizaron y a nuestra época siguen. |
| | VA11 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, los humanos y las ballenas. |
| | VA12 | Los fósiles. | Sí, los fósiles, en ellos se pueden ver cómo han cambiado algunas especies. |
| | VA13 | Sí, el tigre dientes de sable. | Sí, la de los caballos. |

| | | | |
|--|------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| | VA14 | No. | Sí, la de las jirafas. |
| | VA15 | Sí, la del hombre. | Sí, los fósiles. |
| | VA16 | De la niñez hasta la vejez. | No. |
| | VA17 | Fósiles. | Fósiles. |
| | VA18 | Sí, de los humanos. | Los fósiles. |
| | VA19 | No, ninguna. | Los fósiles. |
| | VA20 | Los fósiles. | Sí, los fósiles. |
| | VA21 | Sí, antes nuestros antepasados eran changos y con el tiempo fueron evolucionando. | Sí, la evolución del ser humano, de mono paso a ser lo que es hoy. |
| | VA22 | Depende en que clima estén. | Los fósiles. |
| | VA23 | Sí, la selección natural. | Sí, los fósiles y algunas de sus creaciones. |
| | VA24 | La de nosotros cómo vamos evolucionando. | Sí, son restos que han encontrado de la era prehistórica. |
| | VA25 | Sí, la de los humanos. | Sí, los fósiles o la teoría Darwinista. |
| | VA26 | Sí, la de nosotros. | Cuando las montañas cambian su forma o los seres vivos. |
| | VA27 | Si, los <i>Homo sapiens</i> , <i>Homo habilis</i> , etc. | Que ellos no hablaban como nosotros si no que con dibujos o señas. |
| | VA28 | No. | Sí, algunos fósiles y algunos huesos. |
| | VA29 | No. | El mono por <i>Homo erectus</i> o cosas así. |
| | VA30 | Sí, el de la mariposa. | Los fósiles. |
| | VA31 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, nosotros, los fósiles, el tamaño de los huesos del hombre. |
| | VA32 | ----- | Sí, los fósiles. |

| | | | |
|------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| | VA33 | Sí, los fósiles. | Sí, los fósiles. |
| 1° B | VB01 | Solo conozco imágenes sobre la misma. | Sí, cuando el mono pasa a ser humano durante el tiempo. |
| | VB02 | Sí, teníamos la mandíbula muy desarrollada, está en los fósiles. | Los fósiles de hace mucho tiempo. |
| | VB03 | Sí, en un principio éramos parecidos a los monos, aunque lo seguimos siendo, ya no tenemos pelaje en todo el cuerpo. | Sí, los fósiles. |
| | VB04 | Sí, el ser vivo o humano, las plantas. | La de los pájaros, los peces, los insectos y los seres humanos. |
| | VB05 | Sí, el caballo. | Los fósiles indican que los caballos eran diferentes (entre otros animales). |
| | VB06 | Sí, la evolución de nosotros, de monos a humanos. | Los seres humanos, el hecho de que eran o fueron una especie. |
| | VB07 | No. | Fósiles. |
| | VB08 | No. | No. |
| | VB09 | Los fósiles como los de Lucy. | Los simios porque de ser eso pasaron a ser humanos. |
| | VB10 | Que cuando están en relaciones sexuales pues nace el bebé y así va evolucionando. | No sé. |
| | VB11 | Sí, los seres humanos éramos monos y evoluciono nuestro sistema nervioso y después animales se formaron por cruza como el ornitorrinco, cruza de pato y castor. | El ser humano antes simios y dinosaurios ahora reptiles. |
| | VB12 | Sí, <i>Homo sapiens</i> . | Sí, Lucy. |
| | VB13 | Sí, que antes éramos como un mono y fuimos evolucionando. | Los fósiles y todos los huesos de nuestros pasados. |
| | VB14 | Sí, la de papá a hijo a nieto, etc. | Los restos fósiles. |
| | VB15 | Que en la etapa histórica éramos monos. | No sé, pero si me acuerdo. |

| | | | |
|--|------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| | VB16 | Sí, los peces. | Sí, las de dinosaurios. |
| | VB17 | Sí, leones, víboras. | Sí, fósiles y los nómadas al sedentarismo y del sedentarismo a la civilización actual. |
| | VB18 | Sí, los cuerpos que se han encontrado en el mundo y la semejanza a nosotros. | Sí, la de los osos, conejos. |
| | VB19 | Sí, que unos eran más pequeños sus cráneos. | Sí, mono a humano: <i>Australopithecus</i> . |
| | VB20 | No. | Sí, los fósiles. |
| | VB21 | Sí, restos humanos. | Sí, los fósiles de animales. |
| | VB22 | Sí, los fósiles. | Sí, <i>Homo habilis</i> , <i>Homo erectus</i> , <i>Homo sapiens sapiens</i> . |
| | VB23 | Sí, la del mamut a un elefante o la del caballo. | Sí, la del caballo. |
| | VB24 | La de los dinosaurios, fósiles. | Sí, la de los dinosaurios. |
| | VB25 | No. | Sí, su forma (el <i>Homo erectus</i>). |
| | VB26 | Sí, cuando una oruga evoluciona en una mariposa. | Sí, la de los hombres antiguos, los <i>Homo erectus</i> a <i>Homo sapiens</i> . |
| | VB27 | De los monos a los seres humanos. | La evolución de los seres humanos. |
| | VB28 | No. | Sí, fósiles y huesos de animales. |
| | VB29 | Sí, nosotros y los animales. | Sí, los fósiles. |
| | VB30 | No sé. | Sí, los neandertales. |
| | VB31 | Los seres humanos, los reptiles, etc. | Sí, la forma del cráneo. |
| | VB32 | Sí, su excremento en fósil, fósiles, cadáveres en bloques de hielo. | La fosilización, restos petrificados y ámbar. |
| | VB33 | El caballo. | La de los caballos. |

| | | | |
|-----|------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 C | VC01 | No me acuerdo. | No. |
| | VC02 | Sí, los cocodrilos antes eran gigantes por el medio en que vivían. | Sí, antes los cocodrilos eran más grandes y ahora no. |
| | VC03 | Antes éramos <i>Homo sapiens</i> y evolucionamos. | Ya no somos <i>Homo sapiens</i> y ya hablamos y podemos hacer muchas cosas que antes no. |
| | VC04 | Sí, la del ser humano y reptiles. | Sí, puede ser marina la de la medusa o la del humano. |
| | VC05 | Los humanos. | No, no me acuerdo. |
| | VC06 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, los humanos. |
| | VC07 | Sí, los fósiles. | Que hay fósiles, no son las mismas especies de antes y la biodiversidad. |
| | VC08 | No me acuerdo muy bien. | Sí, las aves, los reptiles, etc. |
| | VC09 | Sí, los conocimientos como: la agricultura, ciencias, etc. | Sí, su desarrollo, su conocimiento para crear nuevas cosas, etc. |
| | VC10 | Sí, como los huesos de los dinosaurios se parecen a los de otros animales. | Sí, porque a veces vemos que hay animales diferentes a los otros aunque sean de la misma especie. |
| | VC11 | Sí, la de los humanos. | Sí, la del ser humano que comenzó como un mono y término hasta lo que somos hoy. |
| | VC12 | No. | No lo recuerdo bien. |
| | VC13 | Sí, de la era primitiva fuimos evolucionando a la actual. | Sí, como empezó la humanidad y evolucionamos a través de los años. |
| | VC14 | Los humanos. | Los animales, seres humanos antes eran diferentes que ahora, también las aves. |
| | VC15 | Los humanos. | Nosotros, los humanos. |
| | VC16 | Los dinosaurios, el caballo, la ballena, el hombre, etc. | El hombre, los dinosaurios, los mamíferos, etc. |
| | VC17 | No. | Sí, pues hay muchas desde la cabeza hasta los pies siempre hay alguna diferencia. |
| | VC18 | Las bacterias. | Si, el cambio que han sufrido los animales con el paso del tiempo. |

| | | | |
|--|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | VC19 | No me acuerdo. | Sí, un ejemplo podría ser el mamut y se fue desarrollando hasta convertirse en el elefante que actualmente conocemos. |
| | VC20 | Cuando hay una oruga y luego se transforma en mariposa. | Cuando nuestros ancestros eran monos y ahora somos personas. |
| | VC21 | Sí, los huesos de cada especie. | Sí, la evolución del hombre. |
| | VC22 | Los humanos. | Nosotros los humanos, la evidencia está en los restos de los huesos humanos. |
| | VC23 | No conozco. | Sí, la del ser humano y la del caballo. |
| | VC24 | Pues los seres humanos vamos evolucionando constantemente como los animales y las plantas. | La del ser humano, los peces y los anfibios y muchas otras. |
| | VC25 | Sí, el de los chimpancés que con el tiempo se hicieron humanos y el de las mariposas. | Sí, la de los chimpancés que fueron evolucionando y con el tiempo fueron más inteligentes. |
| | VC26 | Los dinosaurios. | Los primeros seres vivos los cambios u <i>Homo sapiens</i> . |
| | VC27 | Sí, la evolución del hombre. | Sí, la evolución del caballo, antes era mucho más pequeño y poco a poco fue aumentando su tamaño. |
| | VC28 | La del hombre <i>Homo erectus</i> , <i>Homo sapiens</i> , <i>Homo sapiens sapiens</i> . | El caballo, el hombre y los peces. |
| | VC29 | No, ninguna. | La reproducción. |
| | VC30 | No me acuerdo. | Una podría ser la del <i>Homo sapiens</i> , nuestros antepasados, como fue evolucionando, ejemplo la mandíbula. |
| | VC31 | Sí, pues la de los animales. | La de los osos y el caballo. |
| | VC32 | Son los fósiles y estructuras que se han encontrado. | Sí claro, son los fósiles como han dicho el más antiguo es uno al que le pusieron Lucy, también hay de dinosaurios y plantas. |
| | VC33 | Sí, al principio los humanos éramos monos, después fuimos cambiando como transcurría el tiempo. | Por ejemplo, nosotros al principio éramos parecidos a los monos y por el paso del tiempo estamos como hoy en día. |
| | VC34 | Sí, por ejemplo, antes los osos eran más grandes y ahora no tanto, etc. | Sí, los caballos han ido cambiando de tamaño y características con el paso de los años. |

| | | | |
|------|------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| | VC35 | No. | No. |
| 1° D | VD01 | Los fósiles. | Los fósiles, escreolitos, etc. |
| | VD02 | Sí, las ranas primero son renacuajos y luego se vuelven ranas. | Sí, la mariposa monarca porque es una población. |
| | VD03 | Los humanos, los peces y los reptiles. | Fósiles. |
| | VD04 | Que primero se llamaron <i>Homo sapiens</i> y así fue evolucionando. | Del <i>Homo sapiens</i> al <i>Homo sapiens</i> . |
| | VD05 | Sí, los restos de Homo Lucy | Sí, pero no me acuerdo de ninguna. |
| | VD06 | No, ninguna. | Sí, los fósiles. |
| | VD07 | Sí, los dinosaurios y las plantas. | Sí, como los caballos primero eran muy pequeños y ahora son muy grandes. |
| | VD08 | Sí, los fósiles que se han encontrado en distintos lugares. | Sí, los esqueletos fósiles que han ido encontrando de los antepasados de una especie. |
| | VD09 | La evolución biológica. | Los fósiles. |
| | VD10 | De que descendemos de una especie de mono. | El ser humano. |
| | VD11 | Sí, como el <i>Homo habilis</i> que ahora somos nosotros. | El <i>Homo sapiens</i> es nuestro antepasado. |
| | VD12 | Sí, la evolución del hombre. | Podría ser del <i>Homo sapiens</i> al <i>Homo sapiens sapiens</i> . |
| | VD13 | El mono. | Las tortugas. |
| | VD14 | El esqueleto de nuestros antepasados. | Desde el <i>Homo erectus</i> hasta el <i>Homo sapiens sapiens</i> . |
| | VD15 | Sí, los dinosaurios, ahora su evolución son los seres vivos. | El cocodrilo que hasta ahora sigue vivo. |
| | VD16 | Sí, que antes éramos <i>Australopithecus</i> y ahora ya evolucionamos. | Sí, los fósiles. |
| | VD17 | De un microorganismo a una alga. | La evolución del caballo y el de la rana y el de los humanos. |

| | | | |
|--|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| | VD18 | Sí, el hombre fue evolucionando de mono a hombre. | Sí, el caballo. |
| | VD19 | Nosotros evolucionamos de los monos. | Los humanos venían de los monos y evolucionaron. |
| | VD20 | Las serpientes crecen y cambian de piel. | El cocodrilo. |
| | VD21 | El ser humano. | La jirafa y el caballo y el ser humano. |
| | VD22 | No sé. | Sí, los fósiles. |
| | VD23 | El mono evoluciono al hombre | Sí, la teoría de Darwin sobre la evolución de los monos. |
| | VD24 | La de los humanos. | Sí, la humana. |
| | VD25 | Sí, los fósiles de la evolución del hombre. | No. |
| | VD26 | Ninguna. | Sí, la de la oruga a la mariposa. |
| | VD27 | No creo en la evolución. | Los fósiles y los huesos de mamíferos. |
| | VD28 | Por qué encontraron el fósil de Lucy un homínido. | Nosotros los humanos pasamos de monos a humanos (personas). |
| | VD29 | No conozco. | No. |
| | VD30 | No recuerdo. | Las tradiciones. |
| | VD31 | No, pero es lógico porque hay fósiles de animales muy parecidos a los animales de nuestra época. | Sí, el <i>Homo sapiens sapiens</i> . |
| | VD32 | Yo pienso que los fósiles de nuestros antepasados. | Sí, los fósiles de cualquier tipo. |
| | VD33 | No. | Sí, los pájaros. |
| | VD34 | Como va cambiando la tecnología. | Sí, el mono evoluciono a humano. |
| | VD35 | No. | Los fósiles. |

| | | | |
|--|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| | VD36 | No. | Los osos polares tenían pelo oscuro y ahora son de pelo blanco. |
| | VD37 | Sí, por ejemplo cuando evolucionan los animales. | No. |
| | VD38 | Los fósiles, huellas, pinturas rupestres, etc., que dejaron nuestros antepasados seres humanos o animales. | Los fósiles, las pinturas rupestres, la vestimenta y las herramientas halladas, etc. |
| | VD39 | Restos fósiles. | Sí, los fósiles. |
| | VD40 | La de la rana, la del ser humano. | Sí, la de Charles Darwin. |

Tabla 6. Respuestas pre y post instruccionales de la evaluación diagnóstica sobre EEB en la muestra del turno vespertino.