

SISTEMAS EXPLICATIVOS DE ALUMNOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA SOBRE EL ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVOS: ¿CIENCIA O RELIGIÓN?

JESÚS MANUEL MENDOZA MALDONADO

ESCUELA NORMAL RURAL "GRAL. MATÍAS RAMOS SANTOS", SAN MARCOS,
ZACATECAS

GRISELDA GONZÁLEZ ARRIAGA

ESCUELA NORMAL RURAL "GRAL. MATÍAS RAMOS SANTOS", SAN MARCOS,
ZACATECAS

FIDEL DELGADO CASTILLO

ESCUELA PRIMARIA "20 DE NOVIEMBRE", NORIA DE ÁNGELES, ZACATECAS

TEMÁTICA GENERAL: EDUCACIÓN EN CAMPOS DISCIPLINARES

Resumen

Esta ponencia deriva de una investigación en proceso sobre la forma en que los alumnos se apropian de algunos conceptos de la ciencia. El referente empírico proviene de 54 entrevistas a alumnos de escuelas primarias sobre un tema en particular: el origen de los seres vivos y la evolución por selección natural. Se aplicó una entrevista semi dirigida de tipo piagetano, dicha entrevista constituyó la parte fundamental de una secuencia didáctica que 4 profesores en formación diseñaron y probaron durante las jornadas de prácticas y, en dos casos, en los documentos de titulación. Uno de los integrantes del equipo de investigación trabajó también dicha secuencia con un grupo de niños.

En las respuestas recopiladas aparecen los sistemas explicativos que sobre este tema tienen los alumnos, así como la enorme presencia de las representaciones religiosas para comprender el origen y la evolución de los seres vivos, no obstante, las experiencias escolares y los conocimientos trabajados por los profesores.

Palabras clave: *Teoría de la evolución, sistemas explicativos, didácticas específicas, aprendizaje de la ciencia.*

INTRODUCCIÓN

Los procesos de enseñanza y aprendizaje adoptan una diferencia específica en función del saber disciplinar del cual se trate, esto es así, tanto para el desarrollo de situaciones didácticas como para la evaluación de los aprendizajes. En la tarea de construir la profesión, resulta necesario que los futuros docentes puedan diferenciar, pero integrar, los conocimientos disciplinarios con los didácticos. Aunque lo anterior implica que los docentes de las normales convirtamos en tema de reflexión los acontecimientos del aula y los procesos cognitivos que siguen los niños al aprender los distintos objetos del saber, la ciencia, por ejemplo. El *problema de investigación* se centra en identificar cuáles son las concepciones de los alumnos de la escuela primaria sobre el origen de los seres vivos y la evolución por selección natural. Y a partir de esto explorar con profesores en formación la secuencia didáctica más pertinente que tendría la enseñanza de este contenido en la educación primaria. Se trata, entonces, de indagar un trayecto cognitivo con propósitos didácticos.

Los interrogantes que orientan esta investigación son:

- ¿Cuáles son las formas de argumentar de los alumnos de primaria sobre el origen de los seres vivos y la evolución por selección natural?
- ¿Sería posible agrupar estas formas de argumentar en sistemas explicativos?
- Respecto a este tópico científico, ¿cómo aparece en el plan de estudios y en los libros de texto?
- ¿Cuál sería la secuencia didáctica más apropiada para enseñar este saber?

Conviene precisar que las dos últimas preguntas, aunque forman parte de la investigación amplia, no se tratarán aquí en tanto son objeto de análisis de otros reportes de investigación.

Antecedentes y premisas básicas

Diversas investigaciones (Crépin, 2001; Barahona y Bonilla, 2009; González, 2011) han concluido que los niños y jóvenes inician su formación científica a partir de un conjunto de explicaciones sobre los fenómenos naturales que han elaborado en función de sus experiencias con el mundo físico, social y cultural; y aquí la influencia religiosa es de suma relevancia. Pero en la medida que tales explicaciones son, con frecuencia, incompatibles con los hallazgos de la ciencia, se convierten en el factor principal que obstaculiza el aprendizaje de los conceptos de la ciencia, como el caso del origen de los seres vivos y la teoría de la evolución por selección natural. Por eso resulta fundamental identificar tales explicaciones, quizá agruparlas en sistemas explicativos para identificar luego opciones didácticas alternativas que permitan superar estos obstáculos epistemológicos iniciales. El problema no es menor, ya que, si bien se ha identificado que cuando las concepciones iniciales sobre la teoría de la evolución se someten a un tratamiento didáctico distinto al tradicional aumenta en ellas el enfoque darwiniano, también es cierto que algunas persisten incluso hasta la educación superior (Sánchez, 2000).

En la ruta conceptual de analizar los fenómenos didácticos como parte de un programa científico, diversos investigadores (Brousseau, 1998; Block, 2001; Chevallard 2006; Ávila, 2006) han planteado que no existe una didáctica sin contenido, pero también han precisado que cuando se trata de la formación de profesores, no puede haber contenido disciplinario sin su didáctica. Y esto nos lleva inevitablemente a la pregunta crucial (Chevallard, 2006) ¿Qué tipo de matemáticas deben enseñarse a los profesores en formación que habrán de ejercer la docencia en escuelas primarias? Aquí se plantea la hipótesis que esta pregunta crucial es posible hacerla extensiva a otros campos de la actividad humana, como la enseñanza de las ciencias: ¿Qué tipo de biología deben estudiar los profesores en formación para desempeñarse como docentes en las escuelas primarias? Y lo mismo para otros saberes disciplinarios.

DESARROLLO

Este proyecto de investigación deriva del plan de trabajo general del Cuerpo Académico *Didácticas Específicas y Formación Docente*. El propósito es explorar primeramente los sistemas explicativos de los alumnos de la escuela primaria sobre el origen y evolución de los seres vivos y, en un segundo momento, proponer a los estudiantes normalistas que cursan la asignatura sobre la enseñanza y aprendizaje de las ciencias naturales que diseñen, a partir de la entrevista que les proporcionemos, una secuencia didáctica para trabajar durante el período de prácticas profesionales. La idea es que los hallazgos sobre este saber en juego puedan potenciar otras investigaciones sobre la didáctica de la ciencia

Metodología

La perspectiva de análisis se centrará en tres ángulos del problema:

- a) El problema epistemológico: se indagarán los tópicos relevantes que permiten dilucidar el problema científico del origen y evolución de los seres vivos mediante entrevistas a alumnos de 3° a 6° grados de primaria.
- b) Se agruparán las explicaciones de los niños en sistemas explicativos y se diferenciarán éstos de los modelos que el campo científico ha construido.
- c) Se diseñará y probará una secuencia didáctica, que trabajarán los estudiantes normalistas. Aquí se pondrá especial atención al tratamiento didáctico de los errores, las devoluciones, el uso de la memoria didáctica, las formas de validar el conocimiento, sin excluir algún otro tópico que se muestre relevante.

La entrevista

La investigación se sustenta en una entrevista semi dirigida de tipo piagetano (Tau y Gómez, 2016), en tal instrumento se proponen preguntas abiertas sobre tópicos diferenciados del problema científico que se investiga: la teoría de la evolución por selección natural. La idea es contrastar las respuestas con el propósito de identificar la coherencia y la estabilidad de las concepciones de los

alumnos. En la entrevista se aborda la diversidad de seres vivos, animales y vegetales: mamíferos, aves, reptiles, insectos, animales prehistóricos y vegetales. Esto permite identificar la capacidad de los alumnos para contrastar su sistema explicativo en una amplia variedad de seres vivos.

La entrevista incluye tres dominios conceptuales:

- a) El origen y naturaleza de las primeras formas de vida
- b) Las transformaciones del mundo vivo en el curso del tiempo, sea por extinción o por diferenciación
- c) Los criterios de definición de especie (Crépin, 2001)

Modelos y sistemas explicativos

Para llevar a cabo la definición o comparación de las concepciones de los alumnos, se empleará el término *modelos explicativos* cuando se refiera a una representación que la ciencia o la tradición cultural ha creado para explicar el origen, la evolución y los cambios que han tenido los seres vivos, éstos constituyen esquemas de representación que provienen de la comunidad científica o del contexto cultural a lo largo de la historia. Dichos modelos a su vez, son *reconstruidos* por los alumnos en *sistemas explicativos*, los cuales se entienden como el conjunto de ideas concebidas por los alumnos para explicar el origen de los seres vivos y la evolución por selección natural.

Para esta parte de la investigación se consideran cinco modelos explicativos, los cuales se dividen en dos categorías, para su comprensión explicamos la definición de cada uno:

a) Modelos no evolucionistas o inmovilistas

Inmovilista puro: Las especies han existido siempre sobre la tierra. Las primeras especies son idénticas a las especies actuales, aunque algunas han desaparecido.

Espontaneísta: El mundo y los seres vivos aparecieron espontáneamente de semillas o de la tierra.

Creacionista: Dios creó el mundo y a todos los seres vivientes y es él quien domina el mundo, quien hace que las especies cambien o aparezcan nuevas.

b) Modelos evolucionistas

Lamarckista (o transformista): Basado en las teorías del naturalista Jean-Baptiste Lamarck quien dice que todas las especies evolucionan para adaptarse al medio donde habitan.

Darwinista (o evolucionista) Teoría que explica que la vida ha evolucionado a través de dos mecanismos naturales: la selección natural y la mutación (Crépin, 2001).

Al comenzar el análisis de las respuestas de los niños, se advierte la necesidad de descentrar estos modelos que la historia de la ciencia y la tradición cultural han construido, puesto que algunos se superponían (Lamarckista y Darwinista) y otros aparecieron, aunque no se tenían previstos (sistema dinosaurista). Ninguno de los alumnos entrevistados respondió a todas las preguntas desde el modelo darwinista, pero algunas de sus respuestas sin duda los ubican en este modelo con leves rasgos del modelo lamarckista, de ahí que hayamos reunido en el sistema transformista ambos modelos ¿Es

posible considerar como evolucionista al modelo lamarckista? Esto sin duda es tema de debate. De tal manera que se reagruparon los modelos en sistemas explicativos:

1. Sistema inmovilista puro
2. Sistema dinosaurista
3. Sistema espontaneísta (partidarios de la generación espontánea)
4. Sistema creacionista
5. Sistema transformista

Resultados

Conviene precisar que los modelos y sistemas explicativos no aparecen de forma nítida, algunos alumnos son transformistas en ciertas preguntas (ordenar imágenes, incluidas plantas o explicar el pelaje blanco de los osos), pero creacionistas al responder sobre el origen del hombre. Incluso en una misma respuesta es posible identificar dos sistemas diferentes (“al principio había changos y dinosaurios, pero se extinguieron porque cayó un meteorito y luego Dios creó a Adán y Eva” **Caso 52**).

Enseguida se muestran algunos fragmentos de entrevistas y cuadros de análisis de contenido para ilustrar la complejidad que caracteriza las respuestas de los niños.

Veamos un caso de cómo se amalgaman distintos sistemas explicativos en las respuestas de un mismo niño.

Un caso. Diego

1A- ¿Existen animales desde el comienzo de la conformación de nuestro planeta?

D: Sí

1B ¿Cómo aparecieron los primeros animales?

D: Fueron creados por Dios

2C ¿Por qué los primeros animales eran diferentes?

D: Porque Dios los creó a su imagen y semejanza. Y luego ellos se inyectaron gérmenes para producir animales diferentes.

3 ¿El hombre ha existido desde el inicio de la formación de nuestro planeta?

D: Sí (...)

4A- ¿Conoces la historia del génesis narrada en la Biblia? (asiente con la cabeza)

4B (Si la respuesta es “afirmativa”) ¿Qué piensas tú de esta explicación?

D: Pues que Dios hizo a Adán y Eva a su imagen y semejanza, como él pensaba que eran los humanos

- ¿Y Tú crees que lo que dice el génesis es cierto?

D: Sí

5A- ¿Sabes qué son los dinosaurios?

D: Sí

5B- ¿Podrían encontrarse dinosaurios vivos actualmente, no importa dónde?

D: No

- ¿Por qué?

D: porque cayó un meteorito, y el meteorito destruyó todos los dinosaurios que vivían en esa época.

7A- ¿Cómo es que los osos polares han adquirido su espeso pelaje blanco?

D: Es que el organismo produce cosas, así como para que pueda el oso sobrevivir. El pelaje yo pienso que el organismo lo creó para que se cubriera del frío el oso polar.

7B- ¿Cómo es que las jirafas desarrollaron su largo cuello? (en referencia al ejemplo tradicional de Lamarck...)

D: Para poder alcanzar comida que a ellas les hace falta.

7C- ¿Cómo es posible que los pájaros puedan construir nidos?

D: Por medio de su organismo. Su organismo piensa en ideas para crear así sus casas o nidos donde puedan cuidarse

8A- ¿A qué se debe que las personas tengan diferente color de ojos?

D: A que tengan más visibilidad, para poder ver más de lejos o de cerquita.

¿Y cómo es que se les hicieron de color?

D: Por medio de sus papás. Si su papá es de ojos azules y su mamá así de ojos verdes, se pueden juntar y hacer así de un color azul.

8B- ¿A qué se debe que las personas tengan distinto color de cabello?

D: Así también por medio de sus papás, que por medio de un gen pueden formar así una mezcla que se les pueda formar el cabello de color.

9A - ¿Cómo es que aparecieron los hombres en nuestro planeta?

D: Por Dios que los creó.

9B - ¿Quién podría ser el ancestro del hombre?

D: Adán y Eva

12A: Supongamos que tú le enseñes a una mamá de perro a saltar a través de un aro. ¿Si esta perra tiene cachorros, estos cachorros nacerán sabiendo saltar a través de aros?

D: Sí

¿Por qué? Porque la mamá puede poner así genes que sus hijos pueden adquirir para que su cuerpo pueda tener las mismas habilidades

- **¿Esas habilidades las heredarían de su mamá?**

- *D: Sí*

13A: Supongamos que una familia de osos pardos sea enviada a vivir al polo norte. Después de haber vivido por mucho tiempo allá ¿Su piel y su pelaje se volverán blancos (como la de los osos polares)?

D: Puede pasar esa cosa, porque si su organismo tiene también así cosas, o puede su organismo crear pelo de diferente color, pero serviría para lo mismo, para cubrirse del frío. Como los osos polares tienen su pelo blanco, también ellos (los osos pardos) pueden tener pelo no le hace que fuera de diferente color, se podrían cubrir el frío.

13B-(Si - no) Supongamos unos nuevos oseznos (osos bebé) hayan nacido de esta familia en el polo norte. ¿Los nuevos oseznos tendrán la piel y el pelaje blanco?

D: Sí

¿Por qué?

D: Sí porque ya su organismo tiene gen de un oso pardo, pero su organismo puede producir pelo blanco, como el de los osos polares, porque ese pelo (blanco) puede proteger más el frío que el pelo de los osos pardos.

Mientras que para explicar el origen de los animales y del hombre aparece en Diego el sistema creacionista: “ *fueron creados por Dios*”, para las diferencias en el color de los ojos y del cabello su explicación es transformista: “*por medio de sus papás, que por medio de un gen pueden formar así una mezcla*”. Es común encontrar en los niños este tipo de sincretismos. Si bien podemos decir que

en Diego predomina el sistema creacionista, conviene considerar también el otro tipo de respuestas, por el valor didáctico que pueden tener ¿Qué responderían al solicitarles contrastar las respuestas que resultan incompatibles? ¿Cómo se modifican los sistemas explicativos cuando son objeto de un tratamiento didáctico distinto al tradicional? Preguntas por indagar.

Pero si valoramos el sistema explicativo que predomina –a partir de las respuestas, incluyendo una línea del tiempo y una historieta que se les pidió luego elaborar a los niños para explicar el origen y evolución de los seres vivos-, se advierte que las concepciones religiosas tienen una presencia mayoritaria en los sistemas explicativos de los alumnos, como se puede advertir en la tabla siguiente:

Tabla 1. Distribución de los Sistemas explicativos

Sistema explicativo	Recuento/Porcentaje
Creacionista	(29)54%
Transformista (lamarckista y darwinista)	(12)22%
Dinosaurista	(8)15%
Inmovilista puro	(5)9%
Total	(54) 100%

Las respuestas más ilustrativas del sentido religioso que adoptan las explicaciones de los alumnos se pueden apreciar en la **Tabla 2**:

Preguntas	Respuestas
¿Cómo aparecieron los primeros animales?	Caso 23: “De Dios” Juan (5°. Grado) Caso 26: “Por obra y gracia de Dios” (Luis, 6°. Grado)
¿Qué piensas tú de esta explicación (la que aporta la Biblia sobre el origen del hombre)?	Caso 10: Que es verdad, porque yo creo mucho en Dios (Melisa, 3er. Grado) Caso 12: “Que es verdad porque primero hizo a Adán y luego a Eva a su imagen y semejanza” (Sonia, 4°. Grado) Caso 14: “Sí es verdad porque lo dice el padre” (Axel, 4°. Grado) Caso 15: “Sí es verdad porque Dios no echa mentiras” (Miriam, 4°. Grado) Caso 27: “Se trata de Dios, que existió en aquellos años, y él nunca miente” (Ángela, 6°. Grado)
¿Cómo aparecieron los hombres en nuestro planeta?	Caso 3: “viene del cielo hecho por Dios” (María, 3er. Grado) Caso 10: “Por la creación de Dios” (Melisa, 3er. Grado) Caso 12: “Por Adán y Eva se fueron formando todos” (Sonia, 4°. Grado)

	<p>Caso 15: “Porque Dios hizo un hombre de barro y le sopló” (Miriam, 4º. Grado)</p> <p>Caso 16: “Por Adán y Eva que tuvieron una relación sexual” (Leonardo, 4º. Grado)</p> <p>Caso 26: “Que el hombre desciende del mono, pero en la religión católica de Adán y Eva” (Luis, 6º. Grado)</p>
¿A qué se debe que las personas tengan diferente color de ojos?	Caso 10: “Yo digo que Dios ayudó a hacérselos de color” (Melisa, 3er. Grado)

Existen casos en los cuales se superponen las explicaciones, por ejemplo, Juan, de 4º. Grado (**Caso 23**) tiene un sistema creacionista para explicar la aparición de los primeros animales, pero muestra un sistema transformista (lamarckista) al referirse al pelaje de los osos polares (“para soportar el frío”), al largo cuello de las jirafas (les creció “de generación en generación”). Y en otros aspectos se advierte más bien un sistema darwinista, por ejemplo, al referirse a los pájaros que construyen sus nidos (“por el transcurso de la evolución”), al diferente color de los ojos de las personas (“por herencia”), incluso al surgimiento del hombre en la tierra (“en el transcurso de la evolución”) y es de los pocos que identifican un ancestro u origen en el hombre (“el cambio”). En un mismo niño pueden coexistir, entonces, diferentes sistemas explicativos.

Cuando el tema se trata en clase, aparecen dudas y conflictos similares a los que se advierten en las entrevistas: la presencia religiosa para interpretar el origen y evolución de los seres vivos. Las que siguen son escenas de clases que trabajaron estudiantes de la normal durante las jornadas de prácticas:

Clase. 3er Grado. Episodio didáctico 1

(...) Ma. dime Erick

Ao. Cuando cayó un meteorito hizo que se murieran las vacas para que salieran las personas.

Aa. Primero eran pez y luego se transformaron y luego fueron evolucionando y así se fueron formando y luego así dios hizo a este Adán y luego le arrancó diosito a este Adán una costilla y así hizo a Eva.

Ma. A ver Ale tú qué piensas.

Aa. Los dinosaurios fueron los animales que existieron primero porque si existieran ahorita nosotros no estaríamos aquí, los dinosaurios serían muy grandes para nosotros y nos podrían comer.

Episodio didáctico 2.

Ma. Si, dime Beto.

Ao. Antes de que existieran las vacas había dinosaurios, pero antes de que todos los humanos existieran un meteorito grande se cayó y los extinguió, pero cuando

los extinguió a todos ya salieron como nosotros, las vacas, los perros y todos.

Ao. Las gallinas, los pollitos.

Ma. Entonces cuando existían los dinosaurios ¿Eran puros dinosaurios? Porque ahorita por ejemplo tenemos vacas, perros, caballos, burros. ¿Tú que piensas Kevin?

Ao. Dijo mi abuelito que antes no había animales como ahorita, antes nada más había dinosaurios y puros animales grandes no como ahorita.

Ao. Antes no existían esos animales, porque si existían esos animales los dinosaurios se los iban a comer y pues cuando los mató el meteorito, Adán y Eva todavía seguían, pero ya cuando existieron los humanos, Adán y Eva ya se murieron.

Epílogo didáctico

Aa. Maestra, en la doctrina la catequista nos dijo que los primeros seres humanos que existieron fueron Adán y Eva. Y que no nos anduviera diciendo mentiras.ⁱⁱ

Como se puede advertir, al igual que en las entrevistas, también en las clases se superponen los sistemas explicativos: *“Cuando cayó un meteorito hizo que se murieran las vacas para que salieran las personas/Aa. Primero eran pez y luego se transformaron y luego fueron evolucionando y así se fueron formando y luego así dios hizo a este Adán y luego le arrancó diosito a este Adán una costilla y así hizo a Eva”* De tal manera que la evolución de las especies a partir del origen marino se (con)funde con la explicación religiosa. En lo anterior se advierten sin duda los esfuerzos cognitivos de los alumnos por comprender y articular las experiencias escolares con las que derivan de su contexto social y cultural.

La investigación sobre la enseñanza de la teoría de la evolución aún tiene mucho que ofrecer tanto a los investigadores como a los docentes, entre ellos por supuesto los profesores en formación. Los profesores experimentados utilizan analogías, ejemplos, imágenes y contraejemplos y, muy probablemente, la caracterización de los sistemas explicativos mencionados les sería de mucha ayuda a los docentes (Sánchez, 2000), pero antes hay que revisar las tipologías, indagar quizá en otros niveles educativos distintos al de primaria, ampliar el análisis de los libros de texto, hasta ahora se han analizado con cierto detalle los de 5º y 6º grado en los cuales se han advertido algunas contradicciones y vacíos que coinciden con otras investigaciones (Garza, 2015), y mejorar la secuencia didáctica; si bien un punto de partida acertado fue el plantear como insumo básico la entrevista que se diseñó, ahora nos damos cuenta que esto resulta insuficiente.

CONCLUSIONES

Para ayudar al alumno a superar las concepciones iniciales es preciso que las situaciones didácticas permitan el cambio de estatuto del saber, ser variadas, puesto que las concepciones iniciales son complejas, resistentes y contextuales. ¿El concepto de evolución podría constituir un eje sobre el cual se articulen el mayor número de nociones de las Ciencias Naturales? Cuando menos en educación primaria, la respuesta sería afirmativa.

Acciones pendientes en la educación primaria, y aquí hacemos una glosa de lo que ha propuesto Crépin (2001):

- Distanciarse de las nociones temporales cotidianas, Para razonar en escalas temporales más amplias (millones de años)
- Distanciarse de las nociones espaciales actuales. Poder imaginar y representar que los medios de vida, los paisajes antiguos eran diferentes a los paisajes actuales.
- Considerar una perspectiva biológica de estudio: pasar de la noción de individuo y de órgano a la noción de población y de genes.
- Combinar las variables precedentes: pasar de la noción de antepasado familiar a la concepción de generaciones sucesivas, lo que permitiría sustituir la noción de árboles genealógicos familiares por la concepción de árboles de filiación sobre el conjunto de los seres vivos.
- Integrar la ley del azar, el juego de lo posible y de la contingencia, transitar hacia un pensamiento divergente, abierto a una amplia gama de hipótesis.

¿Cómo incluir estas premisas epistemológicas en el trabajo docente? ¿Cómo hacer que los profesores en formación adviertan su necesidad? ¿Cuál sería la secuencia de enseñanza más apropiada para enseñar el tema del origen y evolución de los seres vivos?

Al parecer, las confusiones de los alumnos aunadas a la fuerte presencia de nociones religiosas en los sistemas explicativos que construyen sobre la evolución por selección natural se pueden convertir en una fuente de análisis para incluir en los trayectos formativos de los estudiantes normalistas y, quizá, resulten pertinentes también para trabajarse con los profesores en servicio.

REFERENCIAS

- Ávila, A. (2006). *Transformaciones y costumbres en la matemática escolar*. México, Ed. Paidós.
- Barahona, A. & Bonilla, E. (2009) La teoría de la evolución en la escuela primaria mexicana. *Revista Harvard Review of Latin American*. Recuperado de <http://revista.drclas.harvard.edu/book/la-teor%C3%ADa-de-evoluci%C3%B3n-en-la-escuela-primaria-mexicana-spanish-version>
- Block, D. (2001). *La noción de razón en las matemáticas de la escuela primaria. Un estudio didáctico* (Tesis doctoral). DIE. México.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques. (Didactique des mathématiques 1970-1990)*. Textes rassemblés et préparés par Nicolas Balacheff, Martin Cooper, Rosamund Sutherland, Virginia Warfield. Francia, Ed. La pensée Sauvage.
- Chevallard, Y. (2006) Former des professeurs, construire la profession de professeur. Journées scientifiques sur la formation des enseignants du secondaire. Marsella, Francia.
- Crépin, P. (2001). Des conceptions initiales aux systèmes explicatifs des élèves de l'école primaire sur l'origine des espèces. *Gran N*, n°70, pp. 101-123
- Garza, A. (junio, 2015). El concepto de evolución biológica en los libros de texto gratuitos. En *Ciencias*, 115-116, pp.70-79.
- González, G. (2011). *Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural*. (Tesis doctoral). Universidad de Buenos Aires, Argentina.
- Sánchez, M. del C. (2000) *La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes* (Tesis doctoral). UNAM, México.
- Tau, R. y Gómez, F. (2016). La entrevista en la investigación del conocimiento infantil. Recuperado de <http://C:TauGómezCapIII Laentrevistaclínicaeninvestigacióndelconocimientoinfantil2016>

ⁱ Lo que corresponde al diseño de la entrevista proviene fundamentalmente del trabajo de Patricia Crépin (2001). Aunque se hicieron varias modificaciones a las preguntas, puede decirse que se trata de una réplica de lo que esta investigadora realizó. Se incorporaron al proyecto también las sugerencias de los doctores José Sarukhán, Antonio Lazcano, Antonia Candela y Eréndira Álvarez Pérez sobre el contenido de la entrevista y el significado para la formación de profesores, quienes en reuniones por separado nos hicieron saber su opinión respecto al propósito de la investigación.

ⁱⁱ Fragmentos extraídos del trabajo de una estudiante de la Normal Rural de San Marcos, María Guadalupe Ruvalcaba, quien le hizo adecuaciones al protocolo de la entrevista para trabajarla como una secuencia didáctica.