

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL



SECRETARÍA ACADÉMICA

COORDINACIÓN DE POSGRADO

DOCTORADO EN EDUCACIÓN

*“Los modelos teóricos de los profesores de secundaria
sobre la evolución biológica
y la relación con su perfil de formación profesional”*

Tesis que para obtener el Grado de

Doctora en Educación

Presenta

María de la Luz Martínez Hernández

Directora de Tesis

Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda

Ciudad de México, noviembre, 2022

*A mis padres quienes ya no están conmigo
fueron un apoyo incondicional
durante mi camino personal y profesional
que “no pasaron del cuarterón”
pero me enseñaron la importancia de la familia
y la vida misma.*

*A mis amados hijos Luz del Carmen y Fernando
que con su esencia, presencia, paciencia y motivación
me han acompañado y permitido vivir aventuras
que jamás pensé tener.*

*A mis hermanos Pamela, Raúl, Pepe, Roberto y Blanca
que siempre de cerca y de lejos
hay palabras de aliento y cariño
para avanzar y crecer.*

A Vicente desde que lo conocí siempre ha confiado en mí

Agradecimientos

A la Dra. Diana Patricia Rodríguez Pineda por su apoyo incondicional y confianza, más que una Directora de tesis se convirtió en una maestra del saber y hacer, compartió sus conocimientos y experiencias, me insertó al maravilloso mundo de la investigación, me permitió crecer personal y profesionalmente.

A Dra. Adriana Gómez, Dr., Ángel López-Mota y Dr. Leonardo González- Galli, formaron parte de mi Comité Tutoral, todo mi reconocimiento y profunda admiración por su profesionalismo, sus aportaciones y consejos me ayudaron a culminar este trabajo.

Al Dr. Agustín Aduriz Bravo tuvo la gentileza de leer y dictaminar este trabajo, que desde el inicio y hasta el final influyó notablemente durante todo el proceso de investigación y en este trayecto profesional con sus seminarios, escritos, pláticas formales y charlas informales.

A Sara Pereda y Tere Martínez compañeras-amigas de aventura y de viajes.

A la Coordinación Sectorial de Educación de Educación Secundaria que a través de la Beca Comisión me permitió realizar mis estudios de Doctorado en la Universidad Pedagógica Nacional.

Finalmente a todos los compañeros de trabajo, amigos de toda la vida y aquellas personas que de alguna u otra forma directa o indirectamente colaboraron en la realización de este trabajo de Tesis.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
1. CONOCER EL PROBLEMA DE ESTUDIO	14
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1.1 El campo de la educación en ciencias.....	15
1.1.2 Antecedentes de la formación de los profesores que enseñan Biología en la escuela secundaria en México	18
1.1.3 Evaluaciones y resultados en Ciencias Naturales: profesores y alumnos.....	22
1.1.4 La enseñanza sobre evolución biológica en el currículo mexicano de educación secundaria	30
1.1.5 El pensamiento del profesor de educación secundaria sobre la evolución biológica ..	34
1.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	36
1.3 JUSTIFICACIÓN	36
2. DEL OBJETO DE ESTUDIO	40
2.1 EL ESTADO DE ARTE, ¿PARA QUÉ?	41
2.2 EL ‘PERFIL DE FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PROFESOR’	43
2.2.1 Primer nivel: los profesores de educación secundaria	43
2.2.2 Segundo nivel: los profesores de Ciencias Naturales	47
2.2.3 Tercer nivel: los profesores de Biología	51
2.2.4 Para reflexionar sobre quiénes son los profesores de Biología de la escuela secundaria: su Formación Profesional y Disciplina de Formación.....	54
2.3 EL PENSAMIENTO DEL PROFESORADO SOBRE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA	57
2.3.1 Antecedentes de las concepciones alternativas sobre evolución biológica	58
2.3.2 Las investigaciones respecto al pensamiento del profesorado de secundaria sobre la evolución biológica.....	59
2.3.3 Para reflexionar en torno al pensamiento del profesorado de Biología sobre la evolución biológica.....	66

3. REFERENTES TEÓRICOS EN LA PERSPECTIVA DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	72
3.1 LA FORMACIÓN DEL PROFESORADO Y EL PERFIL DE FORMACIÓN	73
3.1.1 Las tendencias de formación de los docentes de escuela secundaria.....	74
3.1.2 El concepto de Perfil de Formación Profesional del Profesor	76
3.2 LA PERSPECTIVA MODELO-TEÓRICA DE LA CIENCIA DESDE LA DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS NATURALES	78
3.2.1 Los modelos científicos como modelos teóricos	80
3.2.2 Los modelos científicos en el aula de clase	83
3.3 LA TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA: UNA MIRADA HISTÓRICA.....	90
3.3.1 El estado teológico: los mitos de la creación	94
3.3.2 El estado metafísico	96
3.3.3 El estado científico o positivo: Darwin y la selección natural.....	102
3.3.4 El estado positivo recargado: la teoría sintética.....	106
3.4 LA FAMILIA DE MODELOS TEÓRICOS DE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA	109
3.4.1 Elementos estructurales del MTEB	112
3.4.2 MTEB desde la perspectiva de Lamarck	114
3.4.3 MTEB desde la perspectiva de Darwin-Wallace	115
3.4.4 MTEB desde la perspectiva Sintética	116
3.5 EL SISTEMA CATEGORIAL Y LA HERRAMIENTA ANALÍTICA SOBRE EL MODELO TEÓRICO DE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA (MTEB)	119
4. TRAZANDO EL CAMINO METODOLÓGICO.....	122
4.1 LOS REFERENTES TEÓRICOS DE CARÁCTER METODOLÓGICO	124
4.2 LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	125
4.3 EL DISEÑO Y LA VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	127
4.3.1 El diseño del cuestionario	127
4.3.2 De la validación del cuestionario.....	131
4.4 EL TRABAJO DE CAMPO PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	134
4.5 DE LA ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	135

5. LOS MODELOS TEÓRICOS DE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DEL PROFESORADO DE SECUNDARIA: VARIANTES Y CONTRASTES DE ESTA FAMILIA DE MODELOS..... 142

5.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA MUESTRA 143

5.2 CARACTERIZACIÓN DEL PERFIL DE FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PROFESORADO DE BIOLOGÍA..... 146

5.3 LOS MODELOS SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DEL PROFESORADO DE BIOLOGÍA DE SECUNDARIA EN RELACIÓN CON SU PERFIL DE FORMACIÓN PROFESIONAL (PFP) 150

5.3.1 Los MTEB del profesorado: perspectiva global 151

5.3.2 Los MTEB por perfil profesional 153

5.3.3 Similitud entre los modelos por perfil de formación profesional con los MTEB..... 158

5.4 ENTRE MODELOS Y ENTRE CASOS 161

6. CONCLUSIONES..... 178

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 193

ANEXOS..... 209

I. EL SISTEMA CATEGORIAL DEL MODELO TEÓRICO DE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA 210

II. CUESTIONARIO IMPLEMENTADO AL PROFESORADO DE BIOLOGÍA DE SECUNDARIA 211

III. INSTRUMENTO PARA JUECEO DE EXPERTOS 218

IV. VALORACIÓN DEL INSTRUMENTO POR PARTE DE LOS DOCENTES DE SECUNDARIA 221

Índice de Tablas

<i>Tabla 1. Media de desempeño en la escala global de Ciencias.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2. Comparativo de los resultados de secundaria de la prueba ENLACE-ciencias</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 3. Comparativo de los contenidos relacionados con la evolución biológica</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 4. Datos de formación profesional de los docentes de educación secundaria</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 5. Formación profesional de los docentes de educación secundaria</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 6. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Ciencias Naturales.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 7. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Ciencias Naturales.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 8. Área o disciplina de los docentes de Ciencias Naturales.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 9. Perfil de Formación Profesional de los docentes de Ciencias Naturales de secundaria.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 10. Área o disciplina de formación de los docentes de Biología.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 11. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Biología.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 12. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Biología.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 13. Perfiles de Formación Profesional de los Docentes de Biología.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabla 14. Investigaciones relacionadas con el pensamiento del profesor de secundaria sobre la evolución biológica</i>	<i>71</i>
<i>Tabla 15. Descripción de los elementos estructurales del Modelo Teórico de Evolución Biológica.....</i>	<i>114</i>
<i>Tabla 16. Modelo teórico de evolución biológica de Lamarck</i>	<i>115</i>
<i>Tabla 17. Modelo teórico de evolución biológica de Darwin</i>	<i>116</i>
<i>Tabla 18. Modelo teórico de evolución biológica: Sintética</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 19. Elementos estructurales de los principales MTEB -Matriz especializada-</i>	<i>118</i>
<i>Tabla 20. Variables vs parámetros del Modelo Teórico sobre la Evolución Biológica.....</i>	<i>119</i>
<i>Tabla 21. Matriz de similitudes y diferencias entre los MTEB (Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética). 120</i>	
<i>Tabla 22. Ejes teóricos, preguntas y objetivos de investigación</i>	<i>126</i>
<i>Tabla 23. Elementos necesarios para el acceso a la información.....</i>	<i>128</i>
<i>Tabla 24. Comparación de los elementos estructurales del modelo del profesor con los MTEB de los autores de referencia</i>	<i>138</i>
<i>Tabla 25. Matriz Metodológica Guía de la Investigación</i>	<i>141</i>
<i>Tabla 26. Concentrado de la descripción total de los profesores de la muestra.....</i>	<i>144</i>
<i>Tabla 27. Frecuencia de profesores que realizaron estudios de posgrado</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 28. Frecuencia de profesores que tomaron cursos de formación continua.....</i>	<i>145</i>
<i>Tabla 29. Distribución de Perfiles de Formación Profesional de los Profesores que imparten Biología por área de formación</i>	<i>148</i>

<i>Tabla 30. Distribución de porcentajes de la muestra total.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabla 31. Concentrado de frecuencias del total de la muestra, convertido a elementos estructurales....</i>	<i>152</i>
<i>Tabla 32. Concentrado de frecuencias de los FIP-B, convertido a elementos estructurales.....</i>	<i>153</i>
<i>Tabla 33. Concentrado de frecuencias de los NFIP-B, convertido a elementos estructurales.....</i>	<i>155</i>
<i>Tabla 34. Concentrado de frecuencias de los FIP-NB, convertido a elementos estructurales.....</i>	<i>156</i>
<i>Tabla 35. Concentrado de frecuencias de los NFIP-NB, convertido a elementos estructurales.....</i>	<i>158</i>
<i>Tabla 36. Relación entre los elementos estructurales de los modelos de los profesores y los MTEB de referencia.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabla 37. Distribución por estratos y áreas disciplinares y elección aleatoria de los 4 casos a ejemplificar.....</i>	<i>162</i>
<i>Tabla 38. Similitud del MTEB del Profesor FIP-B con los MTEB de referencia.....</i>	<i>165</i>
<i>Tabla 39. Similitud del MTEB del Profesor NFIP-B con los MTEB de referencia.....</i>	<i>168</i>
<i>Tabla 40. Similitud del MTEB del Profesor FIP-NB con los MTEB de referencia.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 41. Similitud del MTEB del Profesor NFIP-NB con los MTEB de referencia.....</i>	<i>174</i>
<i>Tabla 42. Criterios de los MTEB vs Perfiles profesionales.....</i>	<i>176</i>

Índice de Figuras

<i>Figura 1. Porcentaje de aciertos de los 4 grupos de habilidades y conocimientos por modalidad educativa: Biología. EXCALE</i>	27
<i>Figura 2. Esquema clasificador de las visiones de la ciencia en virtud de las corrientes epistemológicas</i>	79
<i>Figura 3. Aproximación de las teorías científicas basada en modelos</i>	81
<i>Figura 4. Representación esquemática del modelo</i>	84
<i>Figura 5. Modelo teórico 'del científico'</i>	85
<i>Figura 6. Modelo teórico escolar del profesor</i>	85
<i>Figura 7. Modelo del docente derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i> .	86
<i>Figura 8. Modelo esquematizado de un profesor derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i>	87
<i>Figura 9. Modelo del docente derivado del modelo estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i>	88
<i>Figura 10. Elementos estructurales del MTEB –Matriz genérica–</i>	113
<i>Figura 11. Ruta metodológica</i>	123
<i>Figura 12. Modelo esquematizado del ejemplo del profesor (MD-MTT)</i>	139
<i>Figura 13. Modelos de las muestras de los docentes y su similitud con los MTEB</i>	160
<i>Figura 14. Modelo del profesor FIP-B derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i>	166
<i>Figura 15. Modelo del profesor NFIP-B, derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i>	169
<i>Figura 16. Modelo del profesor FIP-B del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i>	172
<i>Figura 17. Modelo del profesor NFIP-B, derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)</i>	175

INTRODUCCIÓN

La educación secundaria es el último tramo de la educación básica en México, con el que se busca lograr el perfil de egreso de este nivel educativo, consolidando el desarrollo de los aprendizajes clave para la vida y para la formación científica básica del alumnado, aspecto en el que la enseñanza de la Biología juega un papel fundamental (SEP, 2011), ya que esta disciplina que tiene como objeto de estudio la vida, su origen, distribución y evolución (Mayr, 2000).

La ciencia de la vida, desde su vertiente naturalista, se inserta en los propósitos de la escuela secundaria en México, con la intención de que los alumnos logren la comprensión y entendimiento de un mundo natural en constante cambio, aspecto en el que la Teoría de la evolución biológica de Darwin constituye una pieza clave. Los siguientes propósitos están presentes en plan de estudio 2017 (SEP, 2017, p.163):

- 5. *Describir cómo los efectos observados en los procesos naturales son resultado de las interacciones que hay entre ellos.*
- 8. *Explorar los procesos naturales desde la diversidad, la continuidad y el cambio.*
- 11. *Integrar aprendizajes para explicar fenómenos y procesos naturales desde una perspectiva científica, e implementarlos al tomar decisiones en contextos y situaciones diversas.*

En el currículo de secundaria se plantean como elementos necesarios para el logro de los propósitos educativos, el conocimiento de estructuras conceptuales y procesos cognitivos, un marco epistemológico para valorar el conocimiento del alumno, y fomento de procesos sociales para comunicar, representar, argumentar y debatir el conocimiento; ya que en el tres dice que el alumno debe de *“Representar y comunicar ideas acerca de los procesos naturales, para desarrollar habilidades argumentativas”* (SEP, 2017, p. 163). Esto implica un aspecto importante en la forma de trabajo del profesor, respecto de currículos anteriores, pues ello en estricto sentido, requeriría la construcción de modelos que permitan explicar y predecir, así como argumentar la comprensión de los fenómenos que se estudian y su relación con el aprendizaje de ciencias naturales.

Ahora bien, desde su origen la educación secundaria, para atender la asignatura de Biología ha contado históricamente con profesores cuyo perfil de formación profesional es diverso, pues gran parte de ellos no tienen formación profesional como docentes, ni cuentan con la formación disciplinar sobre temas como la teoría de la evolución; a lo cual se suma ahora el conocimiento – o desconocimiento– sobre la modelización y argumentación, elementos fundamentales en la nueva

propuesta de enseñanza de la ciencia. Aunado a lo anterior, la operacionalización del currículo actual (SEP, 2017) fue promovida sin realizar previamente una renovación curricular a los programas de estudio de la Escuela Normal Superior –institución formadora de profesores de educación secundaria–, ni con los docentes en servicio.

De tal manera, que este documento gira alrededor de tres ejes teóricos: el perfil de formación profesional del profesor de biología, los modelos y la teoría sobre evolución biológica, cuyos aspectos se abordarán en seis capítulos que de manera general se presentan a continuación:

En el primer capítulo, se presentan los elementos que permitieron construir y *conocer el problema de estudio*, como son los antecedentes de la formación de profesores que imparten la asignatura de Biología en la secundaria, su posible inserción en el campo laboral y la diversidad de perfiles de formación; referencias a la enseñanza de la evolución y al pensamiento de los profesores sobre evolución biológica, se aborda cómo es que se han estudiado. Lo anterior permitió configurar la construcción de las preguntas y el objeto de estudio que guían este trabajo, así como dar cuenta de la relevancia de esta investigación.

El capítulo dos se dedica al estado del arte, en el cual se mencionan los antecedentes *del objeto de estudio*, en este apartado se presentan dos líneas temáticas de revisión de la literatura. La primera, da cuenta de los hallazgos empíricos producto de la investigación documental referidos a quiénes son los profesores que imparten Biología, lo que conlleva al ‘perfil de formación profesional del profesor’. La segunda, del estado de la investigación respecto al pensamiento del profesorado de secundaria sobre evolución biológica.

Luego, en el capítulo tres, se encuentran los *referentes teóricos en la perspectiva del objeto de estudio*, en donde se da cuenta de los tres ejes que forman parte de toda indagación: las tendencias sobre la formación inicial de los docentes y del concepto de ‘Perfil de Formación Profesional del Profesor’, particularmente de los docentes de Biología de educación secundaria, los modelos teóricos definidos desde el campo de la Educación en Ciencia y las teorías de evolución biológica de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética, desde un enfoque histórico, que permitirán identificar la familia de los Modelos Teóricos de Evolución Biológica (MTEB) que subyacen a esas teorías, el

cual permite conocer los elementos estructurales para la construcción de un sistema categorial básico y detallado, que se configura posteriormente como la herramienta analítica para conocer con cuál de los MTEB se identifica el profesorado de educación secundaria.

Posteriormente en el cuarto capítulo, *trazando el camino metodológico*, desde una perspectiva constructivista se explica el procedimiento seguido para establecer la ruta de trabajo de la investigación, para lo cual se plantean inicialmente los objetivos. Se describe el proceso de diseño y validación del instrumento mediante jueceo de expertos –especialistas en la disciplina y en la didáctica de las ciencias– y mediante la valoración en lo educativo por parte de docentes con experiencia en impartir la asignatura de Biología en secundaria. También se describe el trabajo de campo con los docentes para caracterizar sus perfiles de formación inicial y disciplinar, e identificar su MTEB, así como la prospectiva de organización, sistematización y análisis de datos.

A lo largo del capítulo cinco, denominado *Los modelos teóricos de evolución biológica del profesorado de secundaria: variantes y contrastes de esta familia de modelos*, se presentan los resultados y el análisis de los datos obtenidos a partir del cuestionario que contestaron 158 profesores que imparten Biología en secundaria, mediante la plataforma *Google*. En primer lugar, se caracterizan a los participantes en virtud de su perfil de formación profesional, de acuerdo con su posible formación inicial como profesores y con su disciplina de formación, en segundo lugar, se da a conocer la similitud y profundidad que se establece con los MTEB, para posteriormente presentar la relación entre el perfil de formación profesional de los docentes y sus modelos, a partir de cuatro casos de estudio.

Finalmente, se cierra con el capítulo seis, el de las *conclusiones*, en donde a partir de los tres grandes temas que aquí se han abordado: la formación profesional del profesorado que enseña Biología en la educación secundaria, la teoría de la evolución biológica y, los modelos teóricos cómo una forma de explicar e intervenir la realidad, dan respuesta a los cuestionamientos realizados y al logro de los propósitos que se plantearon desde el inicio de esta investigación.

1. CONOCER EL PROBLEMA DE ESTUDIO

La investigación, es un proceso sistemático que tiene como finalidad crear o acceder a nuevo conocimiento, toda indagación parte de un problema que atender. Este apartado, es la base y guía del trabajo de investigación que se desarrollará en torno al ‘Perfil de Formación Profesional de los Profesores’¹ de Biología de educación secundaria y los Modelos Teóricos sobre la Evolución Biológica (MTEB).

1.1 Planteamiento del problema

La secundaria es el último nivel de la educación básica en nuestro país, en ella se busca lograr el perfil de egreso de ésta para consolidar el desarrollo de las competencias para la vida y la formación científica básica en sus alumnos, aspecto en el que la enseñanza de la Biología juega un papel fundamental.

La Biología como ciencia se inició en el siglo XIX, los paradigmas que le dan fuerza son las teorías de la evolución de Darwin (1859), la de la herencia de Mendel (1866), la homeostasis de Bernard (1878) y la teoría celular de Schleiden y Schwann (1938), ésta se asume como ciencia con objeto de estudio propio y, en su relación con la educación; es una asignatura fundamental dentro de la malla curricular en secundaria.

En México, históricamente y aún en la actualidad, existe una gran diversidad en los perfiles de formación profesional de los profesores que imparten esta asignatura en este nivel educativo, la secundaria, las dos situaciones que son los puntos de partida de esta investigación.

1.1.1 El campo de la educación en ciencias

Tener en cuenta a la teoría de campo de Bourdieu (1997), se entiende éste, como un espacio formado por fuerzas e interacciones, una arena donde se debaten los duelos de los miembros de un área de la comunidad –científica–, un espacio donde adquieren reconocimiento los trabajos –científicos– por competencia con pares y sobre todo con el asentimiento de los mismos, la

¹ Por *Perfil de Formación Profesional de los Profesores* se entiende tanto el tipo de formación profesional que tienen, quienes trabajan como profesores, como el perfil y su área o disciplina de formación. Este concepto se precisará y explicará más adelante, en el capítulo tres dedicado a los referentes teóricos.

acumulación de aprobaciones –capital científico– otorga un peso específico a aquel que las logra y lo hacen una figura prominente dentro de él; a su alrededor gravita el trabajo de miembros subordinados, que son atraídos por la fe que ha logrado inspirar en su obra su capital es el mayor, la búsqueda de ese capital es lo que dinamiza la estructura, la competencia intra y extra campo hace que la ciencia sea una zona de lucha constante por recursos y capital científico (Bourdieu, 1997).

El campo de Educación en Ciencias se ha ido consolidado, como resultado de los diversos planteamientos que proporcionan los especialistas en las ciencias experimentales, apoyados en marcos teóricos y metodológicos que son afines con el pensamiento de las diferentes épocas, con objeto de estudio propio, éste se va robusteciendo de acuerdo a la diversidad trabajos de investigación que dan paso al conocimiento y reconocimiento del mismo (Gil, Carrascosa y Martínez, 2000; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2002; Duit, 2006).

En los procesos de enseñanza y aprendizaje de los conocimientos científicos –Biología, Física y Química– que se llevan a cabo en el aula, en los que participan el docente, los alumnos y el contenido pueden ser objeto de estudio como son: las formas en cómo estudiantes y el profesorado representan los fenómenos que están presentes en la naturaleza, los problemas y procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias, el currículo como estructura y proceso, además de la formación y actualización de docentes (Rodríguez-Pineda, López-Mota, López y Flores, 2013).

Lo anterior ha generado diversas líneas de investigación que aportan en la integración de cuerpos coherentes de conocimiento, contribuciones relevantes para el trabajo en el aula, la transformación del profesorado en ciencias, así como la evolución de los propios textos de la didáctica de las ciencias (Gil, Carrascosa y Martínez, 2000).

Existen dos tradiciones de investigación reportadas en López-Mota (1995; 2003; 2006): la anglosajona conocida como *Science Education (SE)* y la francesa de *Didactique des Sciences (DS)*. La primera tradición, la anglosajona *Science Education*, cuya traducción al español es Educación en Ciencias, se propone investigar cómo es que los individuos conocen y/o aprenden

los conocimientos científicos y, por lo tanto busca comprender cómo dichos conocimientos pueden ser transformados en el salón de clases, abordando la manera “*como los individuos elaboran o construyen su conocimiento*” (López-Mota, 2003, p.362), partiendo de principios epistemológicos constructivistas, lo que implica que los sujetos para conocer interpretan la realidad.

Por otra parte, la tradición francesa *Didactique des Sciences* traducida al español como Didáctica de las Ciencias, investiga sobre las condiciones de aprendizaje que se presentan en el aula, su finalidad es plantear formas de transformación de las representaciones de los sujetos con base en estrategias de intervención educativa para lograr los aprendizajes esperados, y para ello estudia la relación entre el alumno, el docente y el contenido científico, se privilegia el estudio de la situación educativa con metodologías de carácter antropológico y etnográfico.

Estas dos tradiciones del estudio de la enseñanza de la ciencia se hacen evidentes en los reportes de investigación en congresos, convenciones y foros. En revistas arbitradas y *journals* especializadas como son: *Science Education, International Journal of Science Education, Science & Education, Research in Science Teaching* y *Enseñanza de las Ciencias*; además de la publicación del *Handbook of Science Education*, en el ámbito internacional.

Por lo que respecta a México, las tradiciones de enseñanza de la ciencia se aprecian en los Estados del Conocimiento, elaborados y publicados por el Consejo Mexicano de Investigación Educativa (COMIE) que desde la década de los 90 se han divulgado. En 1995 se publican los del campo de Educación en Ciencias que corresponden a la década de los ochenta (León, 1995), cuyas temáticas de organización fueron: los estudios sobre el profesor, estudios sobre el alumno, estudios sobre el contenido, las metodologías de enseñanza y materiales instruccionales y condiciones de trabajo, las cuales se pueden ubicar claramente en la tradición francesa de *DS*.

En el 2003, se publican los correspondientes a la década de los 90, donde las temáticas y formas de organización, fueron: “*currículo como estructura y como proceso; concepciones, cambio conceptual, modelos de representación e historia y filosofía en la enseñanza de la ciencia y; ambientes, evaluación del aprendizaje y equidad*” (López-Mota, 2006, p.725), cuya lógica de organización está en el marco de la tradición anglosajona de *SE*.

En 2013 en el último, la organización de la producción científica de los últimos diez años 2002-2011 (Ávila, Carrasco, Gómez, Guerra, López-Bonilla y Ramírez, 2013), fue planteada inicialmente por niveles educativos y al interior de cada uno de ellos se retorna a una organización propia de la tradición francesa de *DS*: alumnos, docentes y contenido –abordado desde el currículo y los materiales educativos–.

El campo de Educación en Ciencias ha consolidado grupos con alto capital simbólico y producción académica, como se puede apreciar en los tres Estados del Conocimiento del COMIE. En ellos también se puede identificar como las dos tradiciones preponderantes *SE* y *DS*, han contribuido al desarrollo del campo y la consolidación de este a nivel nacional, a partir de la cantidad de trabajos publicados en las distintas décadas en México.

Tal como lo plantean Rodríguez-Pineda, López-Mota, López y Flores (2013), dentro de este campo se pueden identificar cuatro ámbitos de investigación: Diseño y desarrollo curricular, Práctica docente y evaluación de los aprendizajes, Ambientes de aprendizaje y gestión escolar y, uno más que es el de las representaciones mentales de los sujetos, este último ha estado presente en los tres Estados del Conocimiento desde diferentes perspectivas, a diferencia de los estudios sobre la formación de profesores y los modelos que ha estado prácticamente ausente y es en estas dos líneas de investigación se circunscribe este trabajo.

1.1.2 Antecedentes de la formación de los profesores que enseñan Biología en la escuela secundaria en México

La educación secundaria en México nace en 1925 por iniciativa de Moisés Sáenz de la Garza, quien percibe la necesidad de tener un nivel intermedio entre la educación primaria –denominada en ese entonces como ‘elemental’– y la preparatoria. Siendo en esa época el Subsecretario Bernardo Gastelum y como responsable del Departamento de Escuela Secundaria el Profesor Moisés Sáenz quien inició con cuatro escuelas, para ese momento ya existía la Escuela Normal Superior Universitaria (ENSU), dentro de la Escuela de Altos Estudios (EAE)² de la Universidad

² Posteriormente la Escuela de Altos Estudios dio lugar a la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional de México.

Nacional de México³ (UNM), en la que se formaban docentes para la enseñanza de la ciencia y las humanidades de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) y de la Universidad –ambos niveles en ese entonces correspondía a la ‘educación superior’–. Ante la falta de docentes con estudios para atender la secundaria, se recurrió inicialmente a mentores distinguidos de formación en Educación Primaria y a los profesores de Preparatoria –formados en la ENSU– así como los profesionistas libres de la UNM de carreras afines a las asignaturas que se impartían.

En 1936 la Secretaría de Educación Pública (SEP), crea el Instituto de Preparación para Profesores de Enseñanza Secundaria (IPPES), con el propósito de preparar profesores para este nivel educativo –conocida para ese entonces como segunda enseñanza–, lo que da lugar a quitar la formación de profesores del ámbito universitario, entonces la formación de los docentes de secundaria pasa a ser responsabilidad de la SEP y no de la UNM. Para 1942, el IPPES se transforma en el Centro de Perfeccionamiento para Profesores de Segunda Enseñanza (CPPSE) y antecedente inmediato de Escuela Normal Superior de México (ENS)⁴ en esta misma fecha (Ducoing, 2004).

En 1959 el Sistema Educativo Nacional (SEN) se expande con el plan de 11 años, que promueve la universalidad de la educación elemental, buscando dar educación primaria a todos los demandantes de México. Eso presionó a la secundaria para que se expandiera ante la demanda crean diferentes modalidades y turnos: generales, técnicas, telesecundarias y para trabajadores; matutinas, vespertinas y nocturnas.

Lo anterior impactó el crecimiento de la escuela secundaria e implicó que los profesores profesionales que impartían las diversas asignaturas no fueran solamente *los normalistas* –

³ En 1929, el Congreso de la Unión promulga la Ley orgánica de la Universidad Nacional de México en la que se decreta el funcionamiento autónomo de la Universidad y es hasta 1933 donde se dicta un segundo decreto con el que se declara la plena autonomía de la UNAM.

⁴ La formación de profesores especializados para secundaria dentro de la Escuela Normal Superior (ENS), se parceló por especialidades e históricamente ha ofrecido diversas ofertas educativas, para el caso de nuestro interés, –la Biología– primero formó Profesores en Ciencias Biológicas (1936-1959), luego Profesores en Biología (1959-1982), posteriormente Licenciados en Educación Media Básica en el Área de Ciencias Naturales (1984-1999) y por último Licenciados en Educación Secundaria con Especialidad en Biología (2000-hasta la actualidad). Cada época señalada, corresponde a cambios en los proyectos educativos de México: Educación socialista, Proyecto de unidad, Plan de 11 años, Renovación Educativa, Reforma de la Educación Básica respectivamente.

Formación Inicial como Profesores (FIP)–, sino que también fueran aceptados como docentes *los universitarios* –no contaban con la Formación Inicial de Profesores (NFIP)–, esto quizá fue el origen de la dualidad en México normalista–universitario (Bahena, 1996; Medina, 1999). En el caso de Biología el perfil profesional de sus docentes incluyó: médicos, dentistas, veterinarios y biólogos –tanto de formación profesional universitaria como normalista–, entre otros (Martínez, 1997; Medina, 1999; Sandoval, 2001).

Esta situación no es particular de nuestro país dado que en Europa desde hace 30 años –entre 1975 y 2005–, hay tendencias que se extienden y generalizan, una es la de incrementar los años de formación docente, a partir del reconocimiento de que los profesores tienen que afrontar nuevas dificultades para ejercer la profesión. Enseguida, se pretende integrar la formación de los docentes en el marco de la universidad, abandonando instituciones de formación no universitaria –lo que se entiende como escuelas las Normales– y, aceptando comúnmente en todos los países la necesidad de formación universitaria de ciclo largo –con duración de entre cuatro y cinco años–, para trabajar como docente en la educación secundaria obligatoria. (Esteve, 2006). La formación del profesorado en la universidad hace ver la posibilidad de que se vean como docentes mejor preparados, en especial para la secundaria.

El paso de la Benemérita Escuela Nacional de Maestros –institución encargada de la formación del profesorado de educación primaria– a la Normal Superior era todo un logro, estaba considerada ‘la universidad de los profesores’. Así la especialidad que se lograba en el paso por ésta demandaba estudios rigurosos y filtros de ingreso exigentes, lo que ocasiona una baja matrícula en ella, promoviendo aún más la falta de docentes egresados de la Superior y para cubrir las necesidades de las secundarias se recurrió a universitarios (Sandoval, 2001).

A lo largo de la vida de la escuela secundaria en México, la inserción de los profesionistas universitarios se dio de manera desproporcionada respecto de la participación de los profesores formación normalista. Esto se debe en buena medida, a la expansión del sistema educativo y a la baja cantidad de docentes especializados egresados de la Escuela Normal Superior (ENS).

En cuanto a la proporción como docentes en secundaria en México, Martínez (1997) calcula que el 80% de la población docente es de extracción de Instituciones de educación superior, mientras que el 20% restante es de la ENS. Medina (1999), Sandoval (2001) y Quiroz (2002) reducen el porcentaje al 70%, con un 30% respectivamente, siguen siendo mayoritarios los primeros con respecto de la población de los segundos.

Rodríguez-Pineda (2007), en un trabajo realizado en la Ciudad de México (CDMX) y en el Estado de México (EDOMEX), con docentes que imparte Ciencias Naturales en secundaria, encuentra que el 31% de éstos son profesores y el 69% universitarios; respecto de las disciplinas de formación, encuentra una diversidad de 17 perfiles, tres de ellos ajenos a las Ciencias Naturales – arquitectos, pedagogos y psicólogos–, los 14 restantes, tienen formación científica, entre ellos se encuentran 16 biólogos, dos de extracción normalista y 14 universitarios. En este mismo sentido, Blancas (2010) reporta en su trabajo de investigación que el 60% de los docentes son universitarios y el 40% son normalistas; sobre la disciplina de formación, identifica 22 perfiles.

Rico (2006), al realizar un trabajo de investigación con profesores de Secundarias Técnicas que imparten Biología en la CDMX, reporta en su caracterización profesional cuatro perfiles dominantes dentro de la planta docente que imparte esta asignatura, los cuales son: dentistas (30%), biólogos (27%), médicos (16%) y normalistas (12%), además encontró que prevalecen los universitarios (89%) sobre los normalistas (11%).

Lo anterior tiene repercusión en el horizonte de desarrollo profesional, ya que los normalistas están dentro de su ámbito natural de trabajo y ven la forma de obtener una base, como elemento clave de su desarrollo profesional que han definido en la educación. En contraste los universitarios siempre se sienten en paso por la secundaria en tanto adquieran un título, añoran constantemente laborar en un área afín a sus estudios, oportunidad que no se les presenta regularmente y da paso a una falsa identidad profesional, forjada dentro de su realidad laboral en secundaria.

Desde su origen la estructura temática del programa de Biología de la secundaria pide de un especialista, que vea los aspectos fundamentales de los procesos vitales, característicos de los seres vivos y la biodiversidad como resultado de la evolución, aspectos que se atienden curricularmente

en las licenciaturas de Biología de educación superior y la Normal Superior, por lo que de acuerdo a las investigaciones llama la atención que con los datos que proporciona Rico (2006) **sólo el 27% de quienes la enseñan, tengan la Biología como disciplina de formación dentro de su Perfil de Formación Profesional.**

1.1.3 Evaluaciones y resultados en Ciencias Naturales: profesores y alumnos

Como se ha mencionado en el apartado anterior, la mayoría de los profesores de educación secundaria poseen formación universitaria en una disciplina o área particular, sin embargo, Martínez (1997); Flores et al., (2003) señalan que independientemente del tipo de formación profesional que tienen los profesores –normalistas o universitarios– el nivel del manejo conceptual en la disciplina de la Biología es bajo.

Ahora bien, en México de 1997 hasta el 2007 se implementó el Examen Nacional de la Enseñanza de la Biología en la escuela secundaria (SEP, 1996), en el cual se evaluaban los siguientes aspectos:

- Conocimiento del plan y programa de estudio y de los materiales de apoyo para el aprendizaje,
- Dominio de los contenidos disciplinares,
- Manejo de los postulados y enfoque de la enseñanza de la Biología, y
- Implementación de las estrategias de enseñanza con el enfoque pedagógico

Con este examen como parte del Programa Nacional de Actualización Permanente (PRONAP), la SEP buscó mejorar los conocimientos de los profesores, tanto en los conocimientos científicos como en los didácticos, además de que tenían implicaciones en la llamada ‘Carrera magisterial’. Se sistematizaron los datos obtenidos a partir de estas evaluaciones y los resultados y confirmaron *grosso modo*, que hay grandes carencias en los conocimientos disciplinares y didácticos de los profesores (Flores, 2012).

Flores (2012) al referirse al estudio realizado por Flores-Camacho, Gallegos-Cázares, Bonilla, López y García (2007), respecto a la comprensión de los conocimientos científicos de los

profesores, en ciertas temáticas curriculares, los resultados muestran una media de comprensión muy baja en Biología y que muy pocos docentes están realmente habilitados para tener dominio suficiente de lo que enseñan, aunque la muestra era pequeña sí dio un referente para comentar lo anterior.

Al respecto se podría decir que, el bajo nivel del manejo de los contenidos disciplinares de los profesores, entre otros múltiples factores, puede ser otro elemento de los bajos resultados obtenidos por los estudiantes de secundaria en las evaluaciones internacionales –*Programme for International Student Assessment* (PISA) –y nacionales–Exámenes de la Calidad y el Logro Educativo (EXCALE) y Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Educativos (ENLACE)–.

Al respecto se puede decir que las evaluaciones internacionales (PISA) y nacionales (EXCALE y ENLACE) en ciencias realizadas a los estudiantes de educación básica –primaria y secundaria⁵– y media superior –preparatoria o bachillerato–, buscan indagar sobre diferentes aspectos del conocimiento de los alumnos, pero el aspecto fundamental es detectar si dentro del trabajo escolar se fomentan procesos que promuevan y consoliden la formación científica básica de todos los ciudadanos, a partir de proporcionar a los estudiantes elementos para participar con fundamentos y argumentos ‘científicos’ en la toma de decisiones (Rodríguez-Pineda, Izquierdo-Aymerich y López-Valentín, 2011).

En primer lugar, se iniciará con **PISA** (*Programme for International Student Assessment*)⁶ al respecto se puede decir que es una prueba estandarizada que se implementa a estudiantes de 15 años tres meses a 16 años, su propósito es conocer el nivel de habilidades necesarias que han adquirido para participar plenamente en la sociedad, centrándose en dominios claves como Lectura, Matemáticas y Ciencias.

⁵ En México, la educación secundaria es el último tramo de la educación básica obligatoria (12-15 años).

⁶ En español “Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos”.

Esta evaluación pretende identificar si los estudiantes tienen la capacidad de transferir sus conocimientos e implementarlos en nuevos contextos académicos y no académicos, además de analizar, razonar y comunicar sus ideas efectivamente y, si son capaces de seguir aprendiendo durante toda la vida (INEE, 2010). Se usa cada tres años, no es una evaluación curricular, se enfatiza en un área particular y otras con menor profundidad.

Los resultados se presentan a través del promedio de puntuaciones y del porcentaje de estudiantes que se ubica en los distintos niveles de desempeño de la escala global y subescalas, a continuación, se presenta la tabla con las medias en escala global de ciencias durante los años 2009 y 2012 que fue implementada esta prueba (ver Tabla 1).

Tabla 1. Media de desempeño en la escala global de Ciencias

	Año/Media	
	2009	2012
Promedio	2009	2012
OCDE	501	501
PISA	416	415
Latinoamérica	40	411
México	416	415
Ciudad de México	458	427

Fuente: INEE, 2013

Al hacer un comparativo respecto a la evaluación de la competencia científica a partir de los resultados publicados por la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), de las dos últimas implementaciones –2009 y 2012–, entre lo esperado por la Organización, la media obtenida por todos los países Latinoamericanos, México y en específico la Ciudad de México (CDMX); al respecto se puede decir que la CDMX está por arriba de PISA en el 2009 por 42 puntos y en el 2012 por 12 puntos, pero a pesar de que está por arriba de PISA en los resultados se observa comparando los datos de la capital baja 31 puntos entre los dos años de aplicación que aunque son resultados favorables se tiene que reflexionar el porqué de esta disminución, tanto en lo particular como en la media de la OCDE por 43 puntos (INEE, 2013).

Por qué la importancia de la prueba PISA si está evalúa competencias, al respecto se puede decir que se considera esto como un referente que permite reconocer a través de los resultados –el cómo

se abordan y trabajan en el aula además que se consideran relevantes para la formación de los jóvenes, en este sentido la competencia científica, que para el caso de la Educación en ciencias ésta se define como:

La capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas y obtener conclusiones a partir de evidencias, con la finalidad de comprender y ayudar a tomar decisiones acerca del mundo natural y de los cambios que la actividad humana produce en él (OCDE-PISA, 2000, p.97).

Lo anterior, puede permitir buscar que sí el aspecto fundamental en el fomento de procesos de aprendizaje se requiere promover la competencia científica, en donde los profesores tienen que enseñar Biología en sus tres dimensiones:

- Uno, es el concepto –reconozca los temas científicos–,
- Otro, el proceso –para obtener información–, y
- Por último, las habilidades –es decir, argumentar sus representaciones de la realidad científica–

Un contenido que permite todo ello es el tema de la evolución biológica y si existe una diversidad de formación de los docentes que la trabajan, con ello sería importante reflexionar que tanto los normalistas o universitarios están colaborando en sus actividades para el desarrollo de esta competencia científica en el aula.

En segundo lugar, en México una de las evaluaciones nacionales que se realizaban eran los Exámenes de la Calidad y el Logro Educativos (**EXCALE**) diseñados e implementados en su momento por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), esta evaluación se define como una prueba de aprendizaje de gran cobertura que miden el logro escolar de los estudiantes de educación básica en distintas asignaturas y grados, se evaluaba el conjunto y no en lo individual, éstos tenían tres características que las hacían distintas: eran criteriosales, estaban alineados al currículo y eran matriciales (INEE, 2009). Se evaluaban las asignaturas de Matemáticas, Español, Ciencias Naturales y Ciencias Sociales, se realizaba en cada caso la selección de contenidos conforme el currículo nacional y el grado escolar a evaluar.

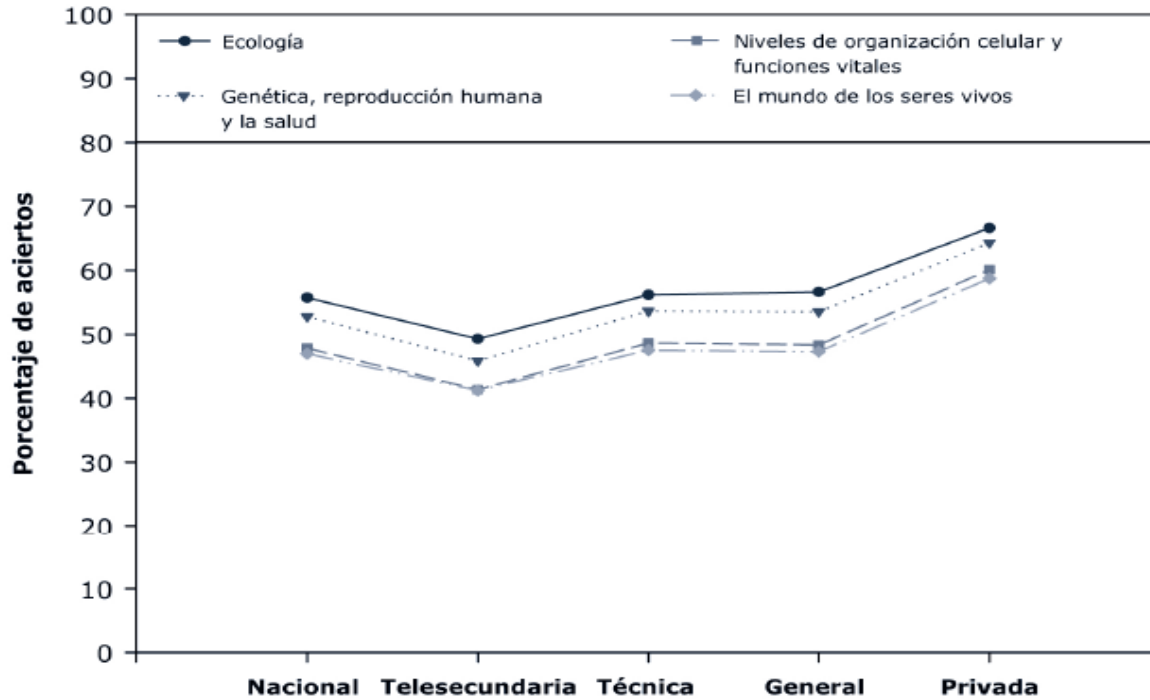
Sólo se evaluaban los grados terminales y estratégicos, para la educación básica – tercero y sexto de primaria, así como tercero de secundaria– y para la media superior –el último grado–. El plan de evaluación era cuatrianual; es decir, un mismo grado se evaluaba cada cuatro años; las asignaturas de Ciencias Naturales fueron evaluadas en 2008 y 2012, sólo se presentaron estos dos años posteriormente cambiaron las políticas educativas y dejó de existir la institución que lo diseñó.

Para esta investigación y como un diagnóstico, se presentan los resultados de EXCALE 2009, implementación 2008, tomando nuestra la asignatura de interés la Biología, los contenidos estaban organizados en cuatro grupos de habilidades y conocimientos empleados en los resultados:

- El mundo de los seres vivos
- Niveles de organización celular y funciones vitales
- Ecología
- Genética, reproducción humana y la salud

Dentro las habilidades y conocimientos, de acuerdo con el tema interés de este trabajo –el de evolución en el área de la Biología–, se encontraba en *El mundo de los seres vivos*, en el cual se le solicita al estudiante reconocer... “*las principales ideas sobre la evolución orgánica que han prevalecido a través de la historia, así como las características de las eras geológicas y la importancia de la diversidad y la clasificación de los seres vivos*” (INEE, 2009, p.118).

En relación con ello, el porcentaje de aciertos de los cuatro grupos de habilidades y conocimientos por modalidad educativa se observa que el grupo de habilidades y conocimientos que más domina la población nacional de secundaria es: *Ecología* (55.73%), le sigue *Genética, reproducción humana y la salud* (52.80%), en tercer lugar, *Niveles de organización celular y funciones vitales* (47.87%) y en finalmente está el grupo de *El mundo de los seres vivos* (46.97%), (ver Figura 1).



Fuente: INEE, 2009.

Figura 1. Porcentaje de aciertos de los 4 grupos de habilidades y conocimientos por modalidad educativa: Biología. EXCALE

En el mundo de los seres vivos, se destaca que sólo el 38% de la población evaluada “... *domina los contenidos y habilidades relacionados con temas centrales de la Biología, como son: la selección natural, la importancia de los fósiles, las ideas principales acerca del origen de la vida, la clasificación de los seres vivos y las ideas de Darwin, así como las aportaciones de Mendel a la evolución, es importante resaltar que este último contenido, sólo el 18% de la población lo domina*” (INEE, 2009, p.134).

De acuerdo con los resultados conviene considerar, sí los contenidos de *El mundo de los seres vivos*, el bajo dominio tiene relación con la complejidad de la naturaleza de estos temas o con un tratamiento poco adecuado que podrían estar considerados entre otros factores, como la formación o el perfil profesional de los docentes, por ejemplo.

Y por último se menciona, la Evaluación Nacional de Logro Académico en Centros Educativos (ENLACE)⁷, era otro tipo de evaluación que se llevaba a cabo en México catalogado como un examen del Sistema Educativo Nacional, se implementa a todas las escuelas públicas y privadas en los niveles de primaria y secundaria en sus diferentes modalidades, así como en educación media superior.

Entre los aspectos que media era el dominio de los contenidos curriculares de acuerdo con los planes y programas de estudio oficiales, así como el logro de las asignaturas evaluadas en español y matemáticas y una tercera que para el caso de ciencias se implementó en el año del 2008 y 2012 y se tomaron los de secundaria punto de interés en esta investigación (ver Tabla 2).

Tabla 2. Comparativo de los resultados de secundaria de la prueba ENLACE-ciencias

Nivel de dominio	2008	2012
	CIENCIAS % de alumnos	CIENCIAS % de alumnos
INSUFICIENTE/ELEMENTAL	80.9	74.5
BUENO/EXCELENTE	19.1	25.5

Fuente: SEP, 2012

Los resultados que se presentan en la Tabla 2 muestran que los alumnos se encuentran en los niveles de logro insuficiente/elemental en un alto porcentaje 80.9% en el 2008 y 74.5% en el 2012, los cuales de acuerdo con los parámetros que indicaba la prueba el alumnado necesitaban adquirir y fortalecer los conocimientos y desarrollar las habilidades para la asignatura de Ciencias Naturales

Entre tanto los niveles de logro en donde los estudiantes muestran un nivel alto o adecuado de los conocimientos y habilidades solo el 19.1% lo tenían en 2008, mientras que el 25.5% lo muestran en 2012, aun cuando hay un aumento de 6.4% no es significativo en los resultados obtenidos (SEP, 2012).

⁷ Esta evaluación se implementó hasta el 2013, fue reestructurada bajo el nombre de PLANEA (Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes) y se implementó para el ciclo escolar 2014-2015.

Los datos anteriores sobre los resultados de los alumnos de secundaria en las dos evaluaciones nacionales –EXCALE y ENLACE–, pero sobre todo en la primera, da evidencia que hay poco dominio por parte de los alumnos de los conocimientos y habilidades relacionados con la ciencia en general y con la Biología en particular.

Como lo menciona Flores (2012) uno de los aspectos que se tienen que poner énfasis es que las instituciones que son responsables de la formación y actualización docente consideren estos resultados para que en sus procesos de formación inicial como en su desarrollo profesional permitan mejorar su nivel en la comprensión de los conocimientos de la ciencia escolar.

Otro factor que puede influir en los resultados es el Perfil de Formación Profesional del Profesor pues como se mencionó anteriormente y haciendo el promedio de los datos descritos en las investigaciones se puede decir que el 32% tienen una formación inicial como profesores –normalistas– el 68% tienen una no formación inicial como profesores –universitarios–, en donde en promedio hay 16 perfiles diferentes, el 47% tienen una formación específica, el 39% a área afín y el 14% ajena a las Ciencias Naturales.

Aunado a lo menciona Rico (2006) el 27% son biólogos y el 73% son de áreas afines a esta asignatura que laboran en secundaria, y con lo que reporta Flores (2012), los profesores no cuentan con los conocimientos para impartir temas tan especializado como es el de la evolución biológica. Por lo tanto, **se puede desprender que existe una posible relación entre el Perfil de Formación Profesional de los Profesores de Biología y el bajo valor del logro educativo en esta disciplina por parte de los alumnos.**

Lo anterior no debe caer en un equívoco de que sólo el conocimiento de la disciplina es una condición para enseñar adecuadamente un tema tan específico, es un elemento primordial pero no el único, ya que un mayor dominio no es necesario para que haya mejores prácticas de enseñanza en el aula. Sin embargo, el profesor podría tener limitaciones para desarrollar innovaciones, mejores propuestas de aprendizaje y sobre todo entender en donde se encuentran los problemas de comprensión de sus estudiantes.

1.1.4 La enseñanza sobre evolución biológica en el currículo mexicano de educación secundaria

La Biología, es una asignatura que forma parte del currículo de la educación secundaria, tiene su origen en la medicina como una disciplina científica, con ramas como la botánica –herbolaria– y la anatomía, así como la fisiología celular, el aprender ésta le permite al alumno conocerse más a sí mismo y su entorno, además de proporcionarles conocimientos que le permitan ampliar sus capacidades de observación, comparación, descripción, análisis y manipulación de instrumentos y artefactos, así como desarrollar un pensamiento ordenado y reflexivo (Barahona y Cortés, 2008).

A partir de la teoría de la evolución de Darwin, la Biología se asume como ciencia con objeto propio, pues instituyó una causalidad biológica especial, pues es considerada la ‘teoría unificadora de la Biología’ (Mayr, 1982; 2000), sin embargo, su enseñanza siempre ha estado ligada a su disciplina de origen la ‘medicina’. Es por ello por lo que, en las propuestas educativas del Sistema Educativo Mexicano, desde 1921 se ha impartido junto con anatomía, fisiología e higiene y el estudio de la naturaleza. López-Mota (1995) hace un análisis en educación básica y señala que una gran parte del tiempo dedicado a la enseñanza de la ciencia en el currículo realmente está orientado a la formación de hábitos de higiene y educación sexual, siendo contrario esto a la enseñanza de la ciencia.

Reconocer la importancia de la enseñanza de la ciencia y en particular el tema de la evolución biológica, a través de los cambios en las políticas educativas que se han dado en nuestro país durante tres reformas educativas (SEP, 1993, 2006 y 2011), hacer un recorrido histórico permite conocer los antecedentes y su relevancia contextual en su enseñanza en este nivel, la secundaria.

En **1993** hay una reforma en el artículo 3°. Constitucional en donde se hace obligatoria de educación secundaria, además surge el Acuerdo Nacional para la Modernización Educativa (ANMEB), se estableció tres grandes líneas políticas con el propósito de impulsar una educación básica para todos de calidad y con equidad, estas líneas fueron: reorganización del sistema educativo nacional; reformulación de contenidos y materiales educativos, y revaloración de la función magisterial, donde había cambios significativos tanto en los Planes y programas, la

formación continua del docente, vinculación entre los niveles de educación básica y la descentralización de la educación (Zorrilla, 2008).

En cuanto a lo educativo se realizaron varios cambios tanto en los aspectos metodológicos, conceptuales y epistemológicos, se cambió la concepción de la ciencia moderna en los programas de estudio, tuvieron una base desde la perspectiva formativa, cuyo propósito era que los alumnos

adquirieran conocimientos, capacidades, actitudes y valores que puedan expresarse mediante el desarrollo de una relación responsable con el medio ambiente... y a educar a los alumnos no como científicos de manera disciplinaria y formal; en cambio, se alienta a los estudiantes a observar, cuestionar y formular explicaciones sencillas sobre lo que sucede en su entorno (Barraza, 2001, p. 33).

En los niveles de educación primaria y secundaria se estableció la Biología desde un enfoque evolutivo bajo una *perspectiva histórica*, ya que se incluía ampliamente la evolución biológica, se incorporaban en los programas: la transformación de los ecosistemas a lo largo del tiempo y debido a la deriva continental, los fósiles, la extinción de las especies, las eras geológicas, Darwin y viaje en el Beagle, los conceptos de selección natural y adaptación, entre otros.

En los programas anteriores se daban los conocimientos sobre el origen de las especies de una manera descriptiva, estos cambios fueron todo un reto para el diseño y la elaboración de los libros de texto mexicanos pues éstos son considerados una guía para el desarrollo de los contenidos por parte del profesorado (Barahona y Bonilla, 2009).

En **2006**, surge la Reforma de la Educación Secundaria (RES), en el Programa Nacional de educación 2001-2006, se cambian los programas de Ciencias Naturales, se llaman Ciencias I, II y III, en donde se hace el énfasis en Biología –primer grado–, Física –segundo– y Química –tercero– respectivamente, con un enfoque educativo por competencias.

Un aspecto que se puede destacar en este programa es que al final de cada unidad, así como del curso se presentaba un proyecto con la finalidad de desarrollar competencias ya que favorece la

integración e implementación de conocimientos, habilidades y actitudes, dando un significado social y personal (SEP, 2006).

En esta reforma se estableció que la formación científica podría impulsar el desarrollo cognitivo, fortalecer los valores individuales y sociales en los adolescentes, además de aprender a reflexionar, despertar la curiosidad, ser crítico, escéptico, esto le permitirá decidir y, cuando sea necesario actuar. El enfoque de la enseñanza de la ciencia se refiere a la comprensión de la ciencia y la tecnología como actividades históricas y socialmente constituidas realizada por el hombre de diferentes culturas, la historia de la ciencia cobra gran importancia en los programas de estudio (Barahona, Chamizo, Garritz y Slisko, 2014).

Para el caso de la asignatura de Biología, la evolución y la genética cobran gran importancia para la enseñanza, comienzan con teorías integradas como la evolución por selección natural, en donde se refiere a ésta como una disciplina científica *desde una perspectiva histórica*. La enseñanza se basa en muchas referencias a la construcción de la teoría de Darwin.

En el **2011**, surge la Reforma Integral de la Educación Básica (RIEB), tenía como propósito dar continuidad a los planes y programas de estudio de toda la educación básica –preescolar, primaria y secundaria–, las asignaturas eran las mismas, pero se dio grandes cambios en los planes de estudio de ciencias.

En esta reforma la ciencia se ve como la adquisición de conocimientos científicos, además de su uso relacionada con los tecnológicos, se establece el desarrollo de aptitudes y actitudes hacia la ciencia. En cuanto a lo relacionado con el uso de la historia no aparece, y en cuanto a la Biología –Ciencia I– faltan muchos temas sobre la evolución y por lo tanto no se enseña desde una perspectiva evolutiva (Barahona, Chamizo, Garritz y Slisko, 2014).

Por ejemplo, las referencias a Darwin son muy pocas, no menciona el viaje del Beagle, los fósiles son vistos como una evidencia del pasado de los seres vivos. Aunque el tema de la biodiversidad se ve como resultado de la evolución, no se dice mucho sobre los procesos que conforman la diversidad biológica y la historia de los organismos, la enseñanza de la Biología es descriptiva.

De acuerdo con lo antes descrito se pueden observar los contenidos que estaban presentes en los planes y programas de Biología de las reformas educativas de 1993, 2006 y 2011 (ver Tabla 3).

Tabla 3. Comparativo de los contenidos relacionados con la evolución biológica

Reformas educativas de 1993, 2006 y 2011		
Programa 1993	Programa 2006	Programa 2011
<i>Unidad 2</i>	<i>Bloque I</i>	<i>Bloque I</i>
Evolución de los seres vivos	La biodiversidad: resultado de la evolución	La biodiversidad: resultado de la evolución
Ideas pre evolucionistas	Diversas explicaciones del mundo vivo	Importancia de las aportaciones de Darwin con dos temas
Las primeras ideas: el fijismo	Reconocimiento de la evolución: las aportaciones de Darwin	Reconocimiento de algunas evidencias a partir de las cuáles Darwin explicó la evolución de la vida
Lamarck	Relación entre adaptación y selección natural	Relación entre la adaptación y la sobrevivencia diferencias de los seres vivos
Darwin		
Darwin y el viaje del Beagle		
Las influencias de Darwin, Malthus y Wallace		
La selección Natural		
La publicación de: El origen de las especies		
Evolución Diversidad y adaptación		
El origen de la diversidad biológica y la especiación		
El principio de la adaptación		
El neodarwinismo: nuevas evidencias para la teoría de la evolución* Sintética		
<i>Unidad 3</i>		
Los seres vivos en el planeta		
Las eras geológicas		
Evolución humana		

Elaboración propia

La evolución de los seres vivos es un tema unificador de la Biología y constituye un tema clave en su enseñanza en todos los niveles académicos, sin embargo, es una de las unidades temáticas más difíciles de abordar.

Independientemente de la petición curricular de cada época, han existido temas clave en la Biología, uno de ellos desde la reforma de 1993 y 2006 es la evolución biológica con un *enfoque*

histórico, algo que ha generado la Biología evolutiva⁸, se convirtió en un concepto nuclear de la enseñanza de esta asignatura en secundaria (Hernández, Álvarez, y Ruiz, 2009).

1.1.5 El pensamiento del profesor de educación secundaria sobre la evolución biológica

Además de que la enseñanza de la evolución biológica resulta compleja y de que se ha discutido en la literatura la pertinencia de abordar este tema en la educación básica (Jiménez-Aleixandre, 1989; Salgado, 2013), es necesario *revisar cuál es el pensamiento del profesor sobre la teoría de la evolución biológica*, es decir es fundamental conocer la comprensión de los docentes respecto al tema, pues como lo plantea Bahamonde (2007) los “*docentes deberían entender la estructura conceptual de la disciplina, las relaciones entre los conceptos de la disciplina y con las ideas de otras disciplinas*” (p.51), a continuación se presentan algunas investigaciones que dan cuenta de lo mencionado anteriormente.

Al respecto, en México, Rico (2006) realizó una investigación que da cuenta de las concepciones de evolución biológica de profesores de secundaria de la Ciudad de México, a partir de los aspectos de evolución de los seres vivos, como adaptación, variación, origen de la variación, origen de la adaptación y, selección natural; encuentra que las explicaciones que dan los profesores de forma diferenciada del hecho evolutivo son teológica, teleológica, lamarckiana, darwiniana y antropocéntrica/ontogenética, pero no cercanas a la teoría sintética. Los resultados indicaron que el 87% de los profesores tienen una tendencia a la elección de explicaciones distintas al darwinismo, sólo el 13% elige respuestas acordes con la teoría sintética de la evolución de los seres vivos, también mostró que los docentes con formación distinta a la de los biólogos, son los

⁸ La Biología evolutiva, ciencia que es considerada como un campo unificador y central en el conocimiento e investigación de la Biología contemporánea, pues comprende el estudio de los eventos biológicos, pasados y presentes (Barahona y Cortés, 2008). Para ello se puede decir que hay fenómenos evolutivos pasados que son el objeto de estudio de los paleontólogos y sistemáticos, entre tanto que, los fenómenos contemporáneos son estudiados y analizados por los genetistas poblacionales (Núñez-Farfán y Eguiarte, 1999). Los conceptos que son resultados de campo de estudio resultan de difícil comprensión y son muchas veces imposibles de analizar en el aula y mucho menos en el laboratorio, estas dificultades se incrementan considerablemente al analizar los mecanismos básicos con que se explican los procesos evolutivos.

que más eligen explicaciones diferentes a las darwinistas, prácticamente nueve de cada diez tienen concepciones alternativas para el proceso de evolución de los seres vivos.

En este sentido, recuperando lo planteado por Bahamonde (2007), que los profesores tengan concepciones alternativas, está relacionado con su comprensión respecto al tema. Así mismo, al respecto Lederman (1992) menciona que, a partir de los resultados obtenidos sobre las concepciones de los profesores de ciencias, se ha encontrado que estos influyen sobre las de los estudiantes.

En varios estudios realizados en México en diferentes niveles educativos como el superior (Hernández, 2002; Sánchez, 2000; Maciel, 2005); en educación media superior (Sánchez, 2000); en secundaria (Guillén, 1995, 1996; Martínez, 1997, 2000; Sánchez, 2000; Rico, 2006) y, primaria (Campos, Sánchez, Gaspar y Paz, 1999; Flores, 1999; Ponce de León y Rosas, 1999; Tortolero, 1999; Paz, 1999, 2001, 2004; Paz y Martínez, 2003), se aprecian deficiencias en la comprensión de la Biología evolutiva, las que se incrementan al disminuir el nivel educativo investigado.

En algunas de ellas se abordaban el saber de los profesores en servicio y en formación de educación primaria en relación con el contenido teórico de la evolución biológica, se identifica que éste es un tema complejo aún para los profesores especializados en biología y que ellos tienen deficiencias en el manejo de dichos contenidos, pero sobre todo en su ‘implementación’ didáctica. En todos los estudios señalados con anterioridad son constantes los resultados sobre el pensamiento evolutivo de los estudiantes, la mayor frecuencia encontrada es la concepción teleológica-lamarckista, también se ha mostrado que las respuestas afines a la teoría sintética no rebasan el 50% de lo contestado (Sánchez, 2000).

Con base en lo que ya se ha mencionado anteriormente, se puede suponer que las explicaciones de los alumnos respecto a la evolución biológica coinciden con el tipo de explicaciones dadas por los profesores, de acuerdo con Rico (2006), por lo tanto, se **puede suponer que tal vez los modelos que han construido los profesores para explicar los fenómenos de evolución biológica no se corresponden directamente con un solo Modelo Teórico de la Biología Evolutiva, menos aún con los postulados de las teorías modernas –incluida la sintética–.**

1.2 Preguntas de investigación

De acuerdo con la caracterización inicial que se tiene de los docentes que imparten Biología en la escuela secundaria, las evaluaciones referidas (PISA, EXCALE y ENLACE), el contenido en los planes y programas y las investigaciones sobre la forma en que dicen cómo explican la evolución biológica los docentes, se puede establecer como **tesis que los modelos teóricos que los profesores de Biología han construido para dar cuenta de la evolución biológica, están relacionados con su perfil de formación profesional**⁹. A partir de esta tesis se plantean las siguientes preguntas:

- *¿Cuáles son los perfiles de formación profesional de los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?*
- *¿Cuáles son los elementos estructurales mínimos del modelo teórico sobre evolución biológica?*
- *¿Con qué modelo histórico sobre evolución biológica se identifican los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?*
- *¿Qué relación se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional?*

En esta investigación se busca **conocer los Modelos Teóricos sobre Evolución Biológica (MTEB) con los que se identifican los profesores que imparten Biología de la escuela secundaria, vinculándose con su perfil de formación profesional, buscando establecer la posible relación entre ambos aspectos.**

1.3 Justificación

La producción documental de las investigaciones sobre modelos es abundante si bien tiene un inicio incierto en los 80's en los 90's se fortalece y consolida en este siglo, como es un campo joven la producción de estudios meta modélicos es la de mayor cantidad, se han anidado como una

⁹ Los modelos que los profesores construyen para dar cuenta de la evolución biológica en el momento de su enseñanza dependen de los otros elementos que están presentes en su Desarrollo Profesional (García, 2005), los cuales no son objeto de estudio de esta investigación.

cuestión de estudio en filosofía de la ciencia, pero como refiere Gutiérrez (2014) la diversidad de los aspectos en que influyen en la educación es consecuencia del desarrollo del enfoque con que se acerca a los estudiantes a la ciencia, por eso reportan lo mismo en diseño curricular, que en los distintos niveles educativos, así como en la didáctica además se añade un criterio de clasificación de la producción que puede ser la disciplina en la que se presentan.

Los modelos pareciera que son constructos específicos para la enseñanza de la ciencia, por ende, resulta natural revisar su producción en las distintas disciplinas de las ciencias nomotéticas experimentales en la cual la Física tienen una producción más copiosa (Gutiérrez, 2015) que Química y Biología.

Al respecto de las investigaciones relacionadas con la Biología se puede mencionar a García (2005) que propone una modificación radical de las condiciones para la organización de los contenidos y su enfoque –por modelos– de la enseñanza de la Biología. Otro aporte dentro de la sociobiología –la importancia de la disciplina en la sociedad– en donde Bahamonde (2007) menciona cómo trabajar por modelos.

En el tema de los seres vivos, donde se aprecia la evolución de la noción de modelo y la madurez lograda en la actualidad sobre la relación conceptualización de modelo lograda por Gómez (2008, 2009, 2014), quien se vuelve un referente sobre el tema. Si bien seres vivos es la materia de estudio de la Biología, sólo estos trabajos logran articularse como un nivel de organización de la vida. En cuanto a lo que se considera como Biología en sí, los modelos se encuentran sobre fisiología aparentemente son la de mayor producción, pero sólo dos son originales uno sobre fisiología vegetal (Martínez, 2013) y uno más sobre fisiología celular que aborda la fermentación, (Moreno-Arcuri y López-Mota, 2013).

Con relación al tema de la Evolución biológica, la teoría central de la Biología tiene dos reportes; uno sobre modelos de profesores de ciencias en formación (González-Galli, 2011), y otro sobre modelización en alumnos en secundaria (Salgado, 2013).

Por último, aludiendo a Gutiérrez (2005), quien señala que el trabajo por modelos es difícil de encontrar debido a la complejidad intrínseca de éstos, sus elementos ontológico y epistemológico hacen que el profesor no pueda entenderlo y por ende no puede promover procesos de modelización pues al no conocerlos el resto sería infructuoso. En analogía para la enseñanza de la Biología su paradigma central, la teoría de la evolución debe de ser comprendida para poder enseñarla, si no se da lo primero no se puede emprender lo segundo, de ahí la importancia de conocer los modelos con los que se identifican los profesores sobre evolución biológica.

En este trabajo no se incursiona sobre la forma en cómo concibe el profesor la ciencia ni cómo realiza su actividad docente, se busca contribuir a generar conocimiento sobre los modelos teóricos que tiene el profesorado de Biología de secundaria en su aspecto fundamental la Teoría de la evolución biológica. La razón es la poca atención que este aspecto ha tenido, por ello los estudios que buscan conocer los modelos de los profesores sobre dicho tema son escasos, se ha hecho énfasis en lo que saben los alumnos, por lo que el campo de estudio sobre los modelos de los profesores de educación secundaria en México está prácticamente inexplorado, con esta investigación se pretende atender dicho aspecto.

El logro de los objetivos de la investigación tendría incidencia en el trabajo docente en tres aspectos: su ingreso, evaluación y formación continua. En el primer punto se documentaría la necesidad de modificar el profesograma, que sirve de referencia para el ingreso de los profesores con perfil específico para la enseñanza de la Biología en secundaria. En el segundo aportaría elementos e instrumentos para evaluar el conocimiento de los docentes sobre un tema central en la enseñanza de la Biología, las Teorías de la evolución biológica. En el tercero, documentaría sobre la necesidad de formar de manera continua a los profesores en servicio, en temas centrales de la enseñanza de la Biología, reconociendo la diversidad de perfiles de los profesores de dicha asignatura que hay en secundaria.

El propósito de la enseñanza de la ciencia en educación básica es fomentar dentro del trabajo escolar, procesos que promuevan la formación científica básica, a partir de aportar a los estudiantes elementos para participar con fundamentos y argumentos científicos en la toma de decisiones y desarrollar la competencia científica.

El perfil ideal que imparte una docencia tipo en la asignatura de Biología será de un profesionalista con formación científica para el caso de ciencia de la vida, lo serían los biólogos de la Normal Superior, sin embargo, la diversidad de perfiles de los profesores en servicio que imparten dicha asignatura hace necesario que las instancias de actualización magisterial y las formadoras de docentes, realicen acciones profesionalizante para promover la actualización disciplinar y didáctica específica de los profesores que enseñan la asignatura.

2. DEL OBJETO DE ESTUDIO

En este apartado, se hace una revisión de los reportes de investigación que permitan construir el estado del arte en torno a la formación y perfiles de formación del profesorado de Biología que trabaja en secundaria y al pensamiento de los docentes sobre la evolución biológica, se inicia con una noción de estado de arte, para denotar la orientación de esta búsqueda documental.

2.1 El Estado de arte, ¿para qué?

Un estado de arte puede ser visto desde diversos puntos de vista, uno de ellos sería como un estudio arqueológico de escritos realizados sobre un tema, con una temporalidad más allá de los 20 años, para promover el rescate histórico de las tendencias y evolución de un campo.

Otra forma de verse sería como una modalidad de investigación documental que busca conocer el conocimiento acumulado de un campo, por ende, es una modalidad de la investigación sobre la investigación. También puede entenderse como el abordaje bibliográfico de un tema con la finalidad de conocer la producción académica dentro de un campo específico, realizado con la finalidad de orientar una investigación que se realice en dicho ámbito, señalando sí el aporte será una réplica, una investigación dentro de una línea ya establecida, un estudio comparativo, o un trabajo original (Lucio, 1999).

En los tres casos referidos, no es un ejercicio libre basado en ‘*abstracts*’, cómo se realizaba hasta la década de los ochenta, donde se reconocía como ‘antecedentes’ en los trabajos de ciencias experimentales o bien ‘categorización’ como se le denominaba en ciencias sociales, sino un estudio sistematizado de la producción académica acumulada sobre un tema en un tiempo definido según nuestro interés, el cual se realiza de forma analítica.

Para realizar un ejercicio de ese tipo se siguen tres pasos básicos: primero ubicar en un ámbito espacial –geográfico y temporal–, segundo, clasificar –establecer criterios temáticos, división conceptual– y tercero, categorizar –sentido y jerarquización de la información según, tendencias, metodología, áreas de oportunidad–, toda la información disponible sobre un tema de interés. Ya con esa información, la cual no es lineal sino recursiva, se hace un escrito sobre lo encontrado

organizando el texto y realizando un análisis, primero externo y después interno o viceversa (Vélez y Calvo, 1992).

De ahí que un estado de arte deba ir más allá de la simple descripción o inventario de lo realizado sobre un tema específico, debe de abordar lo analítico, para permitir ubicar tendencias y áreas de oportunidad donde nuestra actividad investigadora pueda aportar. La investigación es un proceso sistemático que tiene como finalidad crear o acceder a nuevo conocimiento, por lo que en este escrito se presenta un avance de los hallazgos empíricos producto de una indagación documental.

Para este momento se procedió a la búsqueda de la literatura que dio cuenta del conocimiento que se tiene sobre los temas que se abordan, con la finalidad de tener los antecedentes teóricos-metodológicos de las investigaciones precedentes, los hallazgos encontrados se reportan a continuación.

Para tal fin se realizó una investigación bibliográfica documental que dio cuenta de la información publicada en la literatura especializada y que se ha reportado en los ámbitos internacional y nacional, ésta se efectuó en bibliotecas de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) –especialmente en el Centro de Ciencias Implementadas y Desarrollo Tecnológico–, el Instituto Politécnico Nacional (IPN) –Departamento de Investigaciones Educativas del CINVESTAV–, se consultaron archivos de la Secretaría de Educación Pública (SEP), informes del Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), tesis de maestría y doctorado, bases de datos electrónicas y memorias de los congresos.

Se efectuó un corte temporal de 30 años, la información localizada se organizó por medio de la elaboración de fichas, se generaron tablas concentradoras –autor, año, país, el propósito enfoque teórico, población, muestra, instrumento, metodología, resultados, conclusiones–, para describir el comportamiento de los datos y se recurrió a la base conceptual, para generar las interpretaciones como argumento de tipo analítico.

La información, se organizó en trabajos previos focalizando en los documentos a revisar, esto permitió organizar la información en dos grandes temas, primero conocer el perfil de formación profesional y en un segundo momento el pensamiento que tiene sobre la evolución biológica del profesorado que imparte Biología en la educación secundaria

2.2 El ‘Perfil de Formación Profesional del Profesor’

En este apartado se presenta un avance de los hallazgos empíricos producto de una investigación documental, relacionada con el Perfil de Formación Profesional del Profesor de Biología que trabaja en educación secundaria en México. Con la intención de identificar en la literatura lo que se conoce al respecto se empleó un método de análisis diferenciado y comparativo, los hallazgos se organizaron en tres niveles, distinguiendo en las investigaciones los carácter nacional y local – CDMX y Zona conurbada– (Martínez y Rodríguez-Pineda, 2015).

- En el primero se presenta la distribución porcentual de la *formación profesional*, distinguiendo a los normalistas quienes cuentan con Formación Inicial como Profesores (FIP) y los universitarios que No tienen Formación Inicial como Profesores (NFIP), independientemente de la asignatura en que trabajan.
- Posteriormente en el segundo se caracterizan a los profesores que imparten Ciencias Naturales con los mismos criterios que el anterior pero además identificar el *perfil disciplinar* –que corresponde al área o disciplina de formación–.
- Y, por último, en el tercero, se reportan los datos de los docentes que enseñan Biología, con los mismos criterios del nivel anterior.

A continuación, se presenta lo antes mencionado.

2.2.1 Primer nivel: los profesores de educación secundaria

La revisión de la literatura respecto a los docentes de secundaria, sin especificar asignatura, se encontraron sólo ocho documentos, de los cuales uno es del INEE (2015) –diagnóstico nacional–, dos del Estado de Jalisco –reportes de investigación– y los cinco restantes realizados en la CDMX. Cabe mencionar que los dos primeros se obtuvieron los datos sobre la distribución de la formación

profesional, otro más sobre los perfiles de formación de los docentes que imparten la asignatura de Historia.

De acuerdo con los datos obtenidos de la Secretaría de Educación Pública (SEP), el número de escuelas secundarias públicas existentes en la Ciudad de México (CDMX) estaba en 574 (SEP, 2014), y el número total de docentes que imparten Biología –secundaria-, oscilaba entre 1098 y 1148 (SEP, 2011).

La discrepancia de los datos oficiales manifestaba la necesidad de un inventario como lo mandata la actual Ley General de Educación (2013), aludiendo a ello este proceso se llevó a cabo en el ámbito nacional y en todos los niveles educativos de educación básica en el 2014, los resultados son reportados en el 2015 por parte del Instituto Nacional para la Evaluación en la Educación (INEE).

En el informe del INEE (2015), cuyo propósito era realizar un diagnóstico sobre aspectos clave de los docentes en México, como fue la escolaridad, realiza un censo cuyas cifras corresponden al ciclo escolar 2013-2014, quien proporcionaba la información era el responsable de la escuela, así que el conteo no era por individuos como se realizan los censos de población sino por el total de docentes por escuela, por lo que contabilizar a un profesor era tantas veces como centros escolares trabaja.

De los datos que se recopilan para dar cuenta sobre la *formación profesional* a nivel nacional sobre los docentes de secundaria, proporciona la siguiente información: el 25.9% tiene la Normal Superior (institución formadora de docentes de educación secundaria), así como el 40.1% cuentan con Licenciatura terminada pero no indican la institución, 25.1% restante está considerado a los docentes que tienen como máximo educación media superior, normal o licenciatura incompleta, normal preescolar o primaria terminada, así como los que tienen posgrado y el 8.9% restante no proporcionaron información (ver Tabla 4).

Tabla 4. Datos de formación profesional de los docentes de educación secundaria

Nivel educativo	Grupo de edad	Total	Máximo bachillerato	Normal o licenciatura incompleta	Normal preescolar terminada	Normal primaria terminada	Normal superior terminada	Licenciatura terminada	Posgrado
Secundaria	Menor de 40 años	152 317 100.0	6611 4.3	176 0.1	190 0.1	35.8 0.2	35 580 23.4	68 868 45.2	27 524 18.1
	40 a 54 años	158 638 100.0	12 553 7.9	248 0.2	187 0.1	1 361 0.9	43 422 27.4	58 127 36.6	28 323 17.9
	55 y más años	36 422 100.0	4 066 11.2	46 0.1	36 0.1	581 1.6	10 838 29.8	12 260 37.7	4 999 13.7
	Total	347 653 100.0	23 272 6.7	470 0.1	413 0.1	2 305 0.7	89 882 25.9	139 366 40.1	60880 17.5

Fuente: INEE, 2013

Con estos datos menciona el INEE (2015) que no hay seguridad de que los docentes que se registran como licenciados pudieron haber egresado de Normales ya consideradas instituciones de educación superior o de la Universidad Pedagógica Nacional, y quizá de otras instituciones de educación superior.

Por otro lado, en el estado de Jalisco, González, Martínez y Velázquez (2006) realizaron una investigación que se llevó a cabo en ambos turnos de una Escuela Secundaria Mixta Estatal del municipio de Guadalajara, uno de los objetivos de la investigación era describir el perfil del docente desde la cotidianidad laboral en contraste con el perfil normativo que se propone, los autores no reportan el número de la muestra, la asignatura que imparten. Mencionan que en cuanto a su *Formación Profesional* el 44 % son universitarios y el 28% normalistas, al realizar la suma de ambos no da el 100%, hace falta el 28% del cual no proporcionan información.

En el mismo estado –Jalisco–, Jiménez y Macías (2002) en estudio realizado con profesores que imparten Física en siete escuelas secundarias, reportan que el 25% son normalistas y el 75% universitarios –de los cuales el 30% son abogados, el 20%, doctores, el otro 20% ingenieros y el 5% alguna preparación técnica– destacando la presencia de pasantes de licenciatura de alguna universidad.

En otra área del conocimiento, Tarango (2012) realiza una investigación en la cual uno de sus propósitos era obtener datos acerca de la formación profesional de los docentes que imparten Historia, implementa un instrumento para la obtención de datos de forma aleatoria en tres alcaldías al poniente de la CDMX –Álvaro Obregón, Cuajimalpa y Magdalena Contreras– a una muestra de 62 profesores de los cuales reporta que el 40 % normalistas y el 60% universitarios. El autor da cuenta de nueve perfiles disciplinares o área que imparten esta asignatura, de los cuales se puede decir que, no está alejada de la realidad de lo que sucede en ciencias.

En lo que respecta a investigaciones realizadas en la CDMX, Martínez (1997) calcula que el 80% de la población del profesorado en secundaria son universitarios, mientras que el 20% restante eran normalistas. Medina (1999), Sandoval (2001) y Quiroz (2002) reducen el porcentaje de universitarios al 70%, con un 30% de normalistas.

Se puede apreciar que independientemente de la fuente el número de profesores de secundaria son universitarios y siempre es mayor a los normalistas, En conjunto los datos, en promedio, muestran una proporción de un normalista (28 %) por cada dos universitarios (62 %), (ver Tabla 5).

Tabla 5. Formación profesional de los docentes de educación secundaria

Investigaciones	Formación Profesional		Observaciones
	Normalistas	Universitarios	
INEE (2015)	26	40	34 información dudosa
González, Martínez y Velázquez (2006)	28	44	28 no proporcionaron información
Jiménez y Macías (2002)	25	75	
Tarango (2012)	40	60	
Martínez (1997)	20	80	
Medina (1999), Sandoval (2001) y Quiroz (2002)	30	70	
Promedio	28	62	

Elaboración propia

Una explicación de la proporción observada entre los normalistas y los universitarios en escuelas secundaria la aporta Sandoval (2001) al señalar que la reducción de los normalistas en ese nivel se

debe a la falta del orgullo de ser especialista, se ha perdido el sentido de ser un profesionista especializado, pues era importante ser reconocido en su campo del conocimiento en la enseñanza en educación secundaria.

A ello se suma que la matrícula en las Normales ha decrecido a favor del incremento de esta en las universidades, (SEP, 2011), antiguamente ser docente de secundaria era una meta de progreso profesional –equivalente a un posgrado–, pues para serlo se preparaba primero como profesor de educación primaria y posteriormente se especializaba en una disciplina en la Normal Superior, era todo un logro y orgullo. Eso se ha diluido pues a partir de 1984 todas las normales tienen como requisito de ingreso el bachillerato, lo que iguala al de primaria con el de secundaria, se perdió el sentido de superación profesional que ello implicaba.

2.2.2 Segundo nivel: los profesores de Ciencias Naturales

Al realizar la búsqueda de datos sobre el *Perfil Profesional de Formación de los Docentes* de ciencias se pudieron encontrar cuatro documentos que dan cuenta de esta información con el fin de caracterizar la muestra con los que realizan su investigación, el primero es un reporte a nivel nacional en donde participaron 10 estados y los otros tres son datos que se encuentran en trabajos de Tesis, los autores lo realizaron con profesores de la CDMX y el Estado de México (EDOMEX).

Flores-Camacho, Gallegos-Cázares, García-Franco, Vega-Murguía, y García-Rivera en (2007) realizan un diagnóstico en torno al conocimiento y comprensión de los contenidos científicos que tienen los docentes de secundaria de Ciencias Naturales, en donde participan 10 estados de país – Aguascalientes, Guerrero, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Nayarit, Sonora, Sinaloa, Tabasco y Veracruz– con 438 profesores que impartían las asignaturas: Biología (152), Física (134) y Química (152).

La muestra no fue aleatoria, los participantes fueron convocados por la Coordinación General de Formación Continua para Profesores de la SEP y definidas por las autoridades educativas de cada estado, los autores reportan que el 61.87% son normalistas y el 38.13% tienen universitarios. Sobre la disciplina de formación identifica 10 perfiles (Agrónomos, Biólogos, Físicos, Ingenieros,

Médicos, Odontólogos, Pedagogos, Químicos, Veterinarios y Normalista), pero no menciona la frecuencia con los que se presentan. Destacan en los resultados que los profesores muestran deficiencias en el conocimiento disciplinar y que éstos no siempre son idóneos para la asignatura que enseñan, por ejemplo, para el caso de los profesores que dan Biología, imparten tanto su asignatura como Física y Química o como los de Ingeniería que dan las tres.

En un trabajo realizado Rodríguez-Pineda (2007), en donde busca la relación entre las concepciones epistemológicas y de aprendizaje, con la práctica docente de los docentes de ciencias, con 103 docentes de la CDMX y EDOMX que imparten Ciencias Naturales en secundaria, encuentra al caracterizar la muestra que la *Formación Profesional* el 31% de los profesores son normalistas y el 69% universitarios.

Respecto al *Perfil Disciplinar* encuentra una diversidad de 15 disciplinas, tres de ellos ajenos a las Ciencias Naturales (arquitecto, pedagogo y psicólogo), los 12 restantes, tienen formación científica, entre ellos se encuentran biólogos de extracción normalista y universitarios (ver Tabla 6).

Tabla 6. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Ciencias Naturales

Área o Disciplina de Formación	Frecuencia
Arquitectura	1
Geofísica	1
Geografía	1
Odontología	1
Psicología	1
Pedagogía	2
Veterinaria	3
Medicina	4
Física	7
Física y Química	8
QFB	9
Química	12
Biología	16
Ciencias Naturales	16
Ingeniería	21
Total	103

Fuente: Rodríguez-Pineda, 2007

Por su parte, Blancas (2010) realiza una investigación donde busca dar cuenta sobre las concepciones que tiene el docentes de ciencias respecto a la ciencia, el aprendizaje y a las TIC en una muestra con 96 profesores que imparten ciencia naturales de secundarias generales, técnicas y particulares, de la CDMX y EDOMEX al caracterizarlos señala que los docentes que imparten ciencias tienen una *Formación Profesional* de 60% universitarios y 40% normalistas, identifica 22 *Perfiles Disciplinarios* de los cuales ocho de éstos no tienen estudios relacionados con las ciencias por ejemplo, los de Administración, Ciencias sociales, Español y los 14 restantes sí (ver Tabla 7).

Tabla 7. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Ciencias Naturales

Área o Disciplina de Formación	Frecuencia
Administración	1
Ciencias de la educación	1
Ciencias sociales	1
Contador publico	1
Desarrollo agropecuario	1
Diseño industrial	1
Docencia universitaria	1
Estomatología	1
Médico veterinario zootecnista	1
Pedagogía	1
Químico bacteriólogo y parasitólogo	1
Técnico laboratorista clínico	1
Español	3
Matemáticas	3
No especifica	3
Medicina general	5
Química	5
Cirujano dentista	6
Químico farmacéutico biólogo	6
Física	8
Ciencias Naturales	10
Ingeniería	14
Biología	21
Total	96

Fuente: Blancas, 2010

En 2014 Guevara, realizó una investigación para conocer el nivel de comprensión sobre la naturaleza de la ciencia de los docentes, lo efectuó en 10 escuelas secundarias de la CDMX, con

60 docentes que imparten ciencias, –20 de Biología, 20 de Física y 20 de Química–. Reporta que en promedio tienen una *Formación Profesional* del 35% profesores normalistas y el 65% son universitarios, por lo que se puede observar que continúa prevaleciendo los docentes normalistas sobre los universitarios, así como identifica nueve *Perfiles Disciplinarios* de los profesores, pero no la frecuencia con las que se presentan. Además, señala que cuatro de los docentes de Biología también imparten la asignatura de Química y cuatro de éstos también Física (ver Tabla 8).

Tabla 8. Área o disciplina de los docentes de Ciencias Naturales

Asignatura	Formación profesional		Área o Disciplina de Formación
	Normalistas	Universitarios	
Biología	16	84	Biología, Medicina y Veterinaria
Física	40	60	Física, Ciencias Naturales y Química
Química	50	50	Químico, Químico farmacéutico Biólogo e Ingenieros bioquímicos
Promedio	35.33	64.66	9

Fuente: Guevara, 2014

Flores-Camacho, Gallegos-Cazares, García-Franco, Vega-Murguía y García-Rivera (2007), reportan lo contrario –75% normalistas y 25 % universitarios– se puede suponer que el resultado varía porque como los autores estaban en un proyecto en la cual los profesores participantes de las asignaturas de Biología, Física y Química fueron a solicitud expresa de la autoridad y no elegidos de manera aleatoria como en los otros dos casos, reportan 11 perfiles de formación.

De acuerdo con lo que reportan las tres investigaciones sobre el *Perfil de Formación* de los docentes de ciencias se puede observar que el promedio de los normalistas es del 49% y los universitarios el 51%, y 16 perfiles, por lo que se manifiesta que hay más universitarios que normalistas (ver Tabla. 9).

Tabla 9. Perfil de Formación Profesional de los docentes de Ciencias Naturales de secundaria

Investigaciones	Formación profesional		Perfiles disciplinares
	Normalistas	Universitario	
Rodríguez-Pineda (2007)	31	69	15
Flores-Camacho, <i>et al</i> (2007)	75	25	11
Blancas (2010)	40	60	22
Promedio	49	51	16

Elaboración propia

2.2.3 Tercer nivel: los profesores de Biología

Posterior a la búsqueda de la información documental relacionada con los *Perfiles de Formación de los Docentes* de Biología se describen cuatro de los trabajos encontrados.

Flores-Camacho, Gallegos-Cázares, Bonilla, López, y García-Franco (2007) realizan un estudio a nivel nacional para conocer las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia con 157 profesores de Biología de educación secundaria de 19 estados, reportan en este trabajo que la *Formación Profesional* de los docentes el 47% son normalistas y 53% son universitarios, los autores reportan 6 ‘categorías’, y dentro de ellas se encuentran las áreas o disciplinas de formación (ver Tabla 10).

Tabla 10. Área o disciplina de formación de los docentes de Biología

Categorías	Frecuencia	Área o disciplina de formación
Normal	74	Normalista (omiten el perfil disciplinar)
Física y afines	7	Físicos, fisicoquímicos, ingenieros, ingenieros agrónomos
Biología	25	Biólogos, hidrobiólogo
Afín a la Biología	31	Médicos, odontólogos, veterinarios, agrónomos, optometristas
Química	6	Ingenieros bioquímicos, ingenieros químicos, químicos, químicos biológicos
Otros	14	Educadores, pedagogos, técnicos agrícolas, técnicos etc.
Total	157	18

Fuente: Flores-Camacho, *et al*, 2007

A los que ellos llaman normalistas y técnicos no son *Perfiles Profesionales*, pues de acuerdo con lo que se ha estado manejando en este escrito lo que se considera es la formación profesional. Los datos sobre la composición de la planta docente de secundaria que enseña Biología giran a favor de los normalistas y en una relación de 1 a 3 de los universitarios, esto se puede deber a la naturaleza de la muestra, el número de participantes variaron en cada uno de los estados y el haber sido seleccionados por las autoridades educativas.

Por otra parte Rico (2006) al realizar una investigación de las concepciones alternativas de los docentes sobre la evolución biológica, implementó un cuestionario a 363 docentes de Educación Secundarias Técnicas que imparten Biología en la CDMX, reporta en su caracterización profesional cuatro *Perfiles Disciplinarios* dominantes¹⁰ de los ocho que reporta dentro de la planta docente que imparte esta asignatura: dentistas (66), biólogos (60), médicos (36) y normalistas (27) —el autor lo integra como en el caso anterior, no corresponde al perfil sino que a la formación profesional, al igual que los técnicos— (ver Tabla. 11).

Tabla 11. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Biología

Área o Disciplina de Formación	Frecuencia
Técnico	4
Veterinario	13
Otra	17
Normalista	27
Medicina	36
Biología	60
Cirujano dentista	66
Total	223

Fuente: Rico, 2006

Rico (2006) concluye que prevalecen los docentes tienen una *Formación Profesional* universitaria (89%) sobre los normalistas (11%).

¹⁰ Se considera perfil dominante al que da como resultado dos dígitos en la frecuencia con la que aparece en los resultados.

Guevara (2014), realizó un trabajo en 10 escuelas secundarias en la CDMX, con 20 profesores de Biología, dos por escuela identifica que la *Formación Profesional* el 16% son normalitas y el resto 84% son universitarios, destaca 4 *Perfiles Disciplinares* (biólogos, médico cirujano y veterinario), pero no la frecuencia con los que se presentan.

Por su parte Martínez, Mas y Paz (2014), en una investigación realizada en escuelas secundarias generales de la CDMX en la alcaldía de Iztapalapa, de una muestra de 49 escuelas. Al total de sus profesores (145), se les implementó un instrumento para obtener los datos para caracterizarlos, quedando al final 100 de ellos, puesto que se separaron a 24 laboratoristas y el resto (21) no proporcionó información. Los resultados revelan que la *Formación Profesional de los Docentes* que el 29% tienen normalistas mientras que el 71% son universitarios. Los autores reportan 17 *Perfiles Disciplinares*, con dominancia de biólogos (31), Ciencias Naturales (20) y cirujanos dentistas (14), (ver Tabla 12).

Tabla 12. Área o Disciplina de Formación de los docentes de Biología

Área o Disciplina de Formación	Frecuencia
Derecho	1
Enfermería	1
Homeopatía	1
Ingeniero en alimento	1
Ingeniero Q.M.	1
Pedagogía	1
QBP	1
Químico	1
QFB	2
Ingeniero. Q.I.	3
Veterinario	3
Agrónomo	5
Técnico	5
Médico	9
Cirujano dentista	14
Ciencias Naturales	20
Biología	31
Total	100

Fuente: Martínez, Mas y Paz, 2014

Al realizar un concentrado y promedio de los datos sobre la formación inicial de los profesores se puede observar que continúa la misma dinámica y establece que hay dominancia en los universitarios, pues en promedio hay 74% sobre los normalistas el 26%, es decir que por cada uno egresado de la normal hay tres de la universidad o institución de educación superior (ver Tabla 13).

Tabla 13. Perfiles de Formación Profesional de los Docentes de Biología

Investigaciones	Formación Profesional (%)		Perfiles disciplinares
	Normalistas	Universitarios	
Flores-Camacho, <i>et al</i> (2007)	47	53	18
Rico (2006)	11	89	4
Guevara (2014)	16	84	3
Martínez, Mas y Paz (2014)	29	71	17
Promedio	26	74	----

Elaboración propia

2.2.4 Para reflexionar sobre quiénes son los profesores de Biología de la escuela secundaria: su *Formación Profesional y Disciplina de Formación*

Se toma como ejemplo el caso de los docentes que imparten Biología en secundaria, por ser el punto de interés para este escrito, se puede constatar que la inserción de los que tienen *Formación Profesional* universitaria (74%) se da de manera desproporcionada respecto de la participación de los normalistas (26%), quienes si cuentan con una formación profesional como profesores (ver Tabla 13).

Esto se debe en buena medida a la expansión del sistema educativo y a la baja cantidad de docentes egresados de la Normal Superior, las instituciones que aporta más egresados al magisterio de educación secundaria para la asignatura de Biología no son las normales, sino Instituciones de Educación Superior (71%) como la Universidad Nacional Autónoma de México que contribuye con el 38% de docentes de Biología en secundaria, la Normal que aporta el 29% (Rico, 2006).

Si se ve la formación especializada, la estructura temática de Biología requiere de un especialista que vea, primero la biodiversidad como producto de la evolución y como aspectos fundamentales

de ella los procesos vitales como característicos de los seres vivos; sin embargo, el programa de secundaria da prioridad a la formación de hábitos de higiene, nutrición y salud sexual, aspectos que los médicos o enfermeros pueden abordar adecuadamente con el cariz que se requiere y, de acuerdo a los datos que aportan Rico (2006), Flores-Camacho, Gallego-Cázares, Bonilla, López y García-Franco, (2007), Guevara (2014) así como Martínez, Mas y Paz (2014) las áreas o disciplinas de formación dominantes son biólogos, cirujanos dentista, licenciados en Ciencias Naturales, médicos y veterinario, por lo que de acuerdo a la prioridad del programa, parece que existen los perfiles necesarios para atender la asignatura.

En los trabajos de Rico (2006), Rodríguez-Pineda (2007), Blancas (2010) y Martínez, Mas y Paz (2014) existen coincidencias de los perfiles con alta dominancia tanto en los docentes que imparten de forma genérica Ciencias Naturales como los que de forma específica enseñan Biología, estos son: biólogos, odontólogos, normalistas, médicos, químicos y veterinario. Se consideran ambos porque los docentes de Ciencias Naturales dentro de su trabajo cotidiano en secundaria pueden ser asignados a cualquiera de las tres asignaturas de Ciencias: Física, Química o Biología.

Al respecto Rico (2006) documenta que esa falta de especificidad en los profesores que imparten Biología en secundaria implica que perfiles no específicos, como los cirujanos dentistas son los que menos dominan los contenidos de Biología. Asimismo, asocia la diversidad de perfiles profesionales de los docentes que la enseñan, con un pobre manejo conceptual del enfoque darwinista, por el contrario, se reporta que se encuentra un buen manejo del tema en los biólogos.

En ese mismo sentido Flores-Camacho, Gallegos-Cázares, Bonilla, López, y García-Franco, (2007), encuentra que los docentes de Biología de secundaria de varios estados de la República mexicana muestran un manejo conceptual pobre de los paradigmas centrales de esta asignatura – evolución, genética y teoría celular–.

Rico (2006) al hacer una revisión de los currículos de formación de los profesionales que con mayor frecuencia imparten las clases de Biología –odontólogos, médicos y veterinarios–, encuentra mallas curriculares sin asignaturas de enfoque biologicista, ni objetivos de formación referidos a ello.

Los trabajos citados tienen en común aportes que indican que la diversidad de perfiles en Ciencias Naturales y Biología no garantiza en secundaria, el logro de los propósitos educativos y a su vez generan insatisfacción en los docentes por el desarrollo profesional alternativo que tienen los profesores de formación universitaria o considerada como un modelo de formación consecutiva.

Con esto se diagnostica, que el perfil de ingreso al magisterio tomando como base la Formación Profesional –normalistas y universitarios– cursada, es diverso en la planta docente de la secundaria y que esa riqueza de Perfiles Disciplinarios.

Así mismo, se debe de tomar en cuenta que el número de profesores en servicio es mucho mayor que los profesores que se están formando en las normales, por ello se debe de apuntar hacia la formación continua de los docentes en servicio, promover su profesionalización como docentes de Biología de escuela secundaria y reconocer que el perfil de entrada es sólo el principio de la carrera profesional del docente, el cual se debe de atender de manera constante en su perfil de desarrollo profesional (García, 2009).

Ante la falta de docentes especializados para cubrir las necesidades de las secundarias, se recurren a universitarios (Bahena, 1996), por lo que los reportes muestran que casos particulares como los profesores de Biologías siguen siendo en su mayor parte los que tienen *Formación Profesional* de universitaria –No Formación Inicial como Profesor (NFIP)–, en promedio y una minoría normalista –Formación Inicial como Profesor (FIP)–. Por lo que, por cada FIP hay tres NFIP.

Una razón de la proporción FIP vs NFIP puede ser que la matrícula de la Normal Superior en Biología ha decrecido de forma constante. La presión de la alta población de licenciados de las distintas instituciones de educación superior apabulla a la escasa cantidad de egresados de la Normal, tendencia que se va polarizando a favor de los universitarios, como históricamente ha sido.

Los *perfiles disciplinares* dominantes de los docentes de Biología de secundaria, coinciden en los distintos reportes, siendo Biólogos, Licenciados en Ciencias Naturales, Médicos y Odontólogos.

Unas de las posibles causas de esa diversidad tienen un origen social –el desempleo– y una consecuencia pedagógica –el bajo nivel académico de sus alumnos– (Ponce, 2014).

El reconocer que la forma en cómo se manifiestan los dos conceptos *de perfil de formación* y el del *perfil disciplinar* ambos se manejan de manera indistinta y con ello se manifiesta la confusión de estos dos elementos a la hora de reportar los datos y no sólo de los investigadores sino hasta de instituciones que tienen como fin dar a conocer quiénes son los docentes que trabajan en la escuela secundaria y en específico los de Biología. Por lo que aquí se sugiere que se considere el *Perfil de Formación Profesional Docente*, como un elemento que permite definir y diferenciar las formas en cómo se reportan los datos.

2.3 El pensamiento del profesorado sobre la evolución biológica

En el ámbito de la Biología, para el caso de la educación secundaria, resulta particularmente relevante conocer el pensamiento del profesor de secundaria sobre la evolución biológica, en este espacio se presentan los hallazgos empíricos producto de la revisión documental. El estudio que aquí se presenta es de carácter interpretativo y de corte cualitativo, los criterios de búsqueda fueron las investigaciones que describen las explicaciones que dan los profesores de secundaria en formación o servicio relacionado con la evolución biológica.

En el campo de la Educación en Ciencias¹¹, cuando se realiza investigación respecto a la enseñanza, el pensamiento del profesor sobre los fenómenos que aborda se convierte en un objeto de estudio fundamental. Se han investigado una gran variedad de temas que tienen impacto en la enseñanza de la teoría de la evolución (Tortolero, 1999; Paz, 1999; Maciel, 2009), en el aprendizaje (Grau y De Manuel, 2002) y la implementación de unidades didácticas (Gene, 1991; Salgado, 2013). Incluyendo las creencias de los profesores, las actitudes, la religiosidad y a la presión social de no enseñar a evolución (Brem, Ranney y Shindel, 2003; Dadger y Boujaoude, 2004; Nehm y Schonfeld, 2007; Nehme, Kim y Sheppard, 2009; Pazza, Penteadó y Kovalco, 2009; Soto–Sonera, 2009; Nadelson y Nadelson, 2010; Oliveira, Pagan y Bizzo (2012).

¹¹ En este texto se utilizan como sinónimos los términos ‘Educación en Ciencias’ y ‘Didáctica de las Ciencias’

A pesar de que los resultados de estos estudios muestran una amplia gama de prácticas, creencias, actitudes y competencias, es evidente que, independientemente de la ubicación geográfica –país, estado, municipio o alcaldía– y población –niños, jóvenes o adultos– a la que vaya dirigida, la enseñanza de la evolución es una preocupación para los profesores de Biología (Moore y Kramer, 2005).

2.3.1 Antecedentes de las concepciones alternativas sobre evolución biológica

Vale la pena mencionar que a partir de los 70's se realizaron una gran diversidad de investigaciones para identificar las concepciones alternativas de los estudiantes sobre esta temática, siendo el primer trabajo en esta línea de investigación el de Lucas (1971) y constata la similitud entre las explicaciones respecto a la evolución de los seres vivos con los de Lamarck; pasando por el de Bishop y Anderson (1990) quienes elaboran un lista de las concepciones alternativas más comunes usadas por los estudiantes a partir de una prueba diagnóstica; el trabajo de Jiménez-Alexandre (1989), constituye el primer trabajo de investigación sobre esta temática en habla hispana, cuyo instrumento de indagación sobre las ideas alternativas han sido retomados y/o modificados en varios trabajos posteriores (Sánchez, 2000; Meinardi y Adúriz-Bravo, 2002); y en investigaciones recientes como las de Bermedo Tizón (2011) y Ríos (2013).

Las investigaciones realizadas con estudiantes de secundaria (Charrier, Di Mauro, Palmiere y Abud, 2012; Rocha, 2012; Ríos, 2013), nivel medio superior (Sánchez, 2000) y superior (Hernández, 2002; Medina, 2005). En conjunto dan cuenta en sus hallazgos que las concepciones alternativas de los alumnos corresponden a explicaciones ‘lamarckista’¹², se caracterizan por la tendencia intrínseca a la perfección y herencia de caracteres adquiridos de los organismos; por ende, son teleológicas, ya que sus respuestas aluden a que todo cambio evolutivo tiene la finalidad de la adaptación; por tanto, las concepciones de los alumnos son lejanas a la teoría de la evolución de Darwin.

¹² ‘Lamarckista’ término utilizado por Jiménez-Alexandre (1991), como sinónimo de ideas alternativas, no desde el sentido peyorativo, sino como una forma de hacerle tributo a la Lamarck, quien fue el primero en mostrar la idea de cambio biológico en forma coherente.

El enfoque ‘lamarckista’ con el que explica la teoría de la evolución el alumno, tiene similitud con la forma en que lo enseña el docente, debido a que el profesor ejerce una influencia epistemológica al establecer cómo trabajar, qué aprender y cómo pensar dentro de la práctica escolar, esto se refleja en los aprendizajes de los alumnos, su conceptualización de la teoría de la evolución y la forma en que percibe el tema. Lo anterior, se ha estudiado y documentado en prácticamente todos los niveles educativos: en primaria por Campos, Sánchez, Gaspar y Paz (1999), Tortolero (1999), Paz, (1999); en secundaria: Rico (2006), y en Bachillerato y Superior por Sánchez (2000).

La importancia de la influencia del docente en el desarrollo de los contenidos de aprendizaje en sus alumnos ha motivado que se indaga específicamente sobre sus ideas referidas a Biología evolutiva, al respecto se han realizado diversas investigaciones con docentes en servicio y en formación de diferentes niveles educativos desde la primaria hasta la superior, punto de partida para conocer cuál es el modelo del Modelo teórico sobre evolución biológica del profesor de Biología, qué es lo que pretende esta investigación.

2.3.2 Las investigaciones respecto al pensamiento del profesorado de secundaria sobre la evolución biológica

De la revisión bibliográfica documental realizado en el nivel educativo de interés –secundaria–, se hallaron sólo ocho investigaciones que dan cuenta de las explicaciones de los docentes sobre la evolución biológica. En éstas, se pudo identificar que hay una coincidencia interesante: todas fueron investigaciones realizadas en América –en Argentina, tres; en Brasil, una; en Estados Unidos, tres y; en México, una–.

A continuación, se realiza una descripción más detallada de las investigaciones realizadas con profesores en formación o en servicio:

- En Argentina, Meinardi y Adúriz-Bravo (2002) realizaron una investigación con tres poblaciones de profesores y tipos de formación: 1. De ciencias en formación –estudiantes del profesorado universitario–, 2. En servicio con educación superior o universitaria – Física, Química y Biología– y 3. Profesionales formados en carreras no docentes,

habilitados para dar clases de Biología en secundaria –ingenieros, agrónomos, veterinarios, médicos, bioquímicos–, 108 en total.

Con la finalidad de conocer qué tipo de explicaciones causales o teleológicas privilegian los profesores de secundaria de Biología y Ciencias Naturales en la enseñanza de esta disciplina. Se empleó un instrumento conformado por una pregunta abierta y tres de respuestas semiabiertas, tomando como ejemplos los propuestos por Jiménez-Aleixandre (1991). De acuerdo con los resultados se puede decir que los profesores universitarios de Biología fueron los que obtuvieron el mayor número de respuestas correctas, seguidos por los de Biología y en tercer lugar los de naturales y los que menos respuestas correctas tuvieron son: los técnicos en análisis químico, ingenieros agrónomos y los licenciados en Geología.

Los autores llegan a la conclusión de que realizar indagaciones de cómo comprenden los profesores un tema central de la Biología como es la evolución y la persistencia de las explicaciones teleológicas es un campo poco explorado y que debe de atenderse, pues mencionan que poco se sabe sobre el origen de estas explicaciones, mencionan que esto podría deberse a la escasa maduración de su estructura cognitiva para aprender el tema, o bien, a que este tipo de explicaciones se refuerzan desde la instrucción.

- González-Galli, Adúriz-Bravo y Meinardi (2005) realizan una investigación en Argentina en donde proponen categorías para identificar los obstáculos sobre los que se asientan las concepciones alternativas en relación con la evolución biológica, utilizaron una metodología cualitativa de tipo interpretativo y reconstructivo. Aplicaron una encuesta a 108 docentes –profesores de ciencias en formación con formación universitaria, profesores en servicio con formación universitaria o superior de Física, Química y Biología y profesionales formados en carreras no docentes, habilitados para dar clases de Biología de nivel medio–.

Implementan un cuestionario con una pregunta y cuatro respuestas posibles para inferir la pertenencia de los modelos preestablecidos, con las respuestas de los profesores

caracterizaron las concepciones alternativas agrupándolas según los obstáculos identificados: teleología, necesidad, comprensión espontánea, direccionalidad del cambio producido por el agente, no se diferencia agente mutagénico de agente selectivo, la selección procede sobre la misma población sometida a cambios, no se consideran poblaciones sino individuos y mutante somático.

Por ejemplo, las concepciones subyacentes en uno de los obstáculos detectados como es la Teleología: Existe un principio intrínseco de la naturaleza que dirige a todos los organismos hacia la perfección. La naturaleza responde a un plan previo. Así, cada organismo tiene una causa final, una razón de ser –finalismo– y cumple un papel determinado para garantizar el funcionamiento del mundo.

Este obstáculo está presente en el profesor cuando dice:

“...los cambios en los organismos se producen porque existe un plan en la naturaleza, una razón previa que los induce progresar: por eso, ‘mutan para mejorar’ (p.4).

Los autores llegan a la conclusión de que las ideas alternativas identificadas como obstáculos dificultan la construcción por parte de los estudiantes de teorías científicas escolares acordes con el actual modelo neo darwiniano de evolución.

- En México una investigación realizada por Rico (2006) titulada: *“Las concepciones alternativas de los profesores de educación secundaria sobre la evolución de los seres vivos”*, la cual contó con la participación de 223 profesores en servicio que impartían Biología en secundarias técnicas de la Ciudad de México, utilizó una metodología cuantitativa, implementó un instrumento con preguntas y respuestas estructurada que retomo de Sánchez (2000).

Con los datos obtenidos a través del instrumento le permitió valorar los conocimientos sobre aspectos de evolución de los seres vivos: adaptación, variación, origen de la variación, origen de la adaptación, selección natural y, sobre la naturaleza de las

explicaciones que dan los profesores del hecho evolutivo, –esto es, si son teleológicas, lamarckianas, darwinianas u ontogenéticas–.

Los resultados de este trabajo indicaron que el 87% de los profesores tienen una tendencia a la elección de concepciones alternativas al darwinismo como son las teleológicas, ontogenéticas y lamarckianas, que sólo el 13% de la población de profesores elige respuestas acordes con la teoría sintética de la evolución de los seres vivos, también mostró que los profesores con formación distinta a la de los biólogos, son los que más eligen explicaciones alternativas al darwinismo. Prácticamente nueve de cada diez profesores tienen concepciones alternativas para el proceso de evolución de los seres vivos.

A manera de ejemplo, una de las preguntas que más tendencia de respuesta lamarckianas fue:

“Ciertas poblaciones de salamandras que viven en cuevas son ciegas porque...se adaptaron al ambiente oscuro de las cuevas” (Rico, 2006 p. 89).

Es la respuesta comúnmente expresada por las personas indicando la influencia del medio como origen del cambio.

- Nehm y Schehonfeld (2007) realizan una investigación en Estados Unidos cuyo propósito era indagar si los conocimientos de los profesores acerca de la evolución aumentan después de un curso. Asistieron 44 docentes de secundaria en servicio. En la primera fase de diagnóstico utilizaron un pretest para identificar los conocimientos erróneos y posteriormente el posttest que les permitía identificar qué ideas permanecían y cuáles cambiaban, utilizando un instrumento con escala Likert y dos preguntas abiertas.

De acuerdo con los resultados después del curso, los autores identifican primero que hay un incremento de los conocimientos y en segundo lugar una disminución significativa de los conceptos erróneos sobre el tema de la evolución y la selección natural. Persisten las

ideas lamarckianas como 'uso y desuso', explicaciones que aluden a la 'necesidad' como causa del cambio y que el medio provoca cambios evolutivos.

Concluyen que se logró una ganancia en el conocimiento de la evolución y la naturaleza de la ciencia, después de un curso, pero siguen en puerta las visiones del mundo anti evolucionistas, pues hay que reconocer que el conocimiento por sí solo no puede ser la principal solución al problema de la ciencia, sino que hay que tomar en cuenta las creencias y el contexto del profesor para que haya un cambio y/o modificación en sus ideas y formas de pensar.

- La investigación realizada por Nehm, Young y Sheppard (2009), en Estados Unidos – Nueva York– con de 167 Profesores de secundaria en servicio de Biología, y no Biología –Física, Química y Ciencias de la Tierra– el propósito de la indagación era medir el conocimiento de la evolución y naturaleza de la ciencia, contrastando el conocimiento contra las creencias.

Utilizan una metodología cuantitativa implementan un cuestionario donde evalúan el uso de los conceptos clave y los conceptos erróneos sobre selección natural –por ejemplo: *las mutaciones son causadas principalmente por las sustancias mutagénicas; el uso y desuso de los rasgos, así explican su aparición/desaparición* (citado por los autores. Bishop y Andersen, 1990).

Concluyen que ambos tipos de profesores –Biología y No Biología– tienen bajos niveles de conocimientos de la evolución y, que a pesar de los profesores de Biología utilizan un mayor número de conceptos clave no son de tipo diferente de los usados por los de No Biología además de poseer una posición anti evolucionista.

- En Brasil Carvalho, Bartolomei-Santos y Boer (2011) realizaron una investigación cuyo propósito fue analizar e identificar los conceptos sobre evolución biológica, teorías evolutivas y evolución humana de 20 profesores de secundaria de Biología y ciencias de la Ciudad de Santa María, Río Grande do Sul, Brasil. Usan una metodología de tipo

cuantitativa y cualitativa. Utilizan un instrumento –cuestionario–, donde recuperan los datos sociodemográficos y las concepciones y enseñanza de la evolución, conformado por tres formas de recuperar información:

- una pregunta abierta – ¿qué es la evolución, para usted? –,
- una situación de enseñanza para ver si los profesores reconocen los mecanismos de la evolución propuestos por las diferentes teorías, y
- por último, afirmaciones que hacen referencia a los conceptos y teorías evolutivas.

De acuerdo con los resultados, los investigadores identifican concepciones erróneas, al respecto mencionan que los profesores tienen una noción de evolución como un proceso causal, finalista y directivo, o bien como un proceso progresivo que abarca el mejoramiento y complejidad de los seres; tienen la idea de que el proceso evolutivo está relacionado a un propósito determinado, una perspectiva teleológica, y que no es aceptada por los modelos científicos.

Otro aspecto que destacan los autores es que las palabras asociadas al proceso evolutivo como la adaptación y evolución se utilizan con diferentes connotaciones, contrario a las utilizadas por la ciencia. Algunos factores que pueden incidir para el uso indistinto de estos conceptos son la polisemia de las palabras, la noción simplista de los procesos naturales y una visión antropocéntrica de los procesos evolutivos.

Concluyen que la teoría evolutiva, aunque está corroborada por la comunidad científica, aún causa dilemas en el pensamiento cognitivo de los profesores del área biológica, ocasionando que haya ideas una sobre otra, defendidas por la teoría con otros aspectos sociales, religiosos y principalmente epistemológicos.

- En Argentina González-Galli (2011) realizó una investigación sobre el modelo de evolución por selección natural en donde uno de los objetivos era caracterizar las concepciones que utilizan los estudiantes de secundaria y universidad –154 profesores en formación–. Además de inferir los obstáculos subyacentes, utilizó un instrumento en los

profesores en formación que consistía en unas tres situaciones problema con respuesta abierta.

Con los resultados le permitió identificar las concepciones alternativas –por ejemplo, la noción de transformación individual adaptativa– y tres obstáculos subyacentes: la teleología de sentido común, el razonamiento centrado en el individuo y el razonamiento causal lineal.

Ejemplo de la respuesta finalista de un profesor en formación:

... *“con el correr de los años el color del pelo de los osos fue modificándose con el fin de camuflarse en la nieve y porque el marrón absorbe los rayos de luz”* (p. 502).

- La investigación de Yates y Marek (2013), realizada en Estados Unidos –Oklahoma–, tuvo el propósito de identificar los tipos y la prevalencia de los conceptos erróneos relacionados con la evolución biológica de 66 profesores en servicio de Biología de secundaria –22 tenían formación en Biología y 44 en ciencias–.

Para ello utilizaron un instrumento escala Likert, valorado por medio estadísticos llamado ‘La evolución biológica, estudio de alfabetización’, dividido en dos partes, la primera parte indagaba sobre los datos demográficos, además de que en esta sección se les pidió a los profesores calificar el énfasis dado a la enseñanza de la evolución en sus cursos, el número de horas dedicada a su enseñanza y la autoevaluación sobre los conocimientos relacionados con la evolución biológica.

La segunda parte del instrumento estaba constituida por 24 declaraciones clasificadas en cuatro categorías: la teoría de la evolución, hechos científicos, proceso de la evolución, y el lenguaje de la ciencia. Una quinta categoría se agregó utilizando los conceptos erróneos más comunes empleados por la literatura citados por los autores, ejemplo: Altera y Altera 2001; Bishop y Anderson, 1990; Greene, 1990; Gregory 2009; Jensen y Finley, 1996; Wandersee et al. 1994; Wescott y Cunningham, 2005; Wilson, 2001.

De acuerdo con el análisis de los resultados revelaron que en cuanto a los conceptos de la evolución biológica indican una media del 72.9% de comprensión junto con un 23% de error. En su mayoría establecen una relación entre evolución y adaptación, sin embargo, consideran la adaptación como el fin último del proceso evolutivo, ante esto es importante exponer de forma clara el concepto de adaptación desde la perspectiva poblacional, además de considerar la influencia que sobre las poblaciones tiene el carácter dinámico de la naturaleza, además mencionan que la intencionalidad de la evolución implica satisfacer las necesidades como un intento para superar los obstáculos y así alcanzar los objetivos, situación que incluye al hombre.

Otro aspecto que mencionan los autores es que los participantes ven a los procesos evolutivos con carácter determinista, pues su objetivo es hacia la mejora, es decir, debido a que las especies poseen una necesidad interna de evolucionar, la evolución siempre debe resultar en la mejora; otra idea es que los miembros de una especie evolucionan debido a una necesidad interna y estas necesidades pueden ser satisfechas a través del proceso de evolución durante la vida del organismo. Muestran que además tenían una idea errónea de Lamarck sobre la herencia adquirida –la evolución no puede provocar un cambio en las características del organismo dentro de su vida–; los participantes no entienden los mecanismos que contribuyen a las variaciones de una población.

2.3.3 Para reflexionar en torno al pensamiento del profesorado de Biología sobre la evolución biológica

Después de haber mencionado todo lo anterior, se pueden destacar los siguientes aspectos: que desde el enfoque teórico las concepciones alternativas o ideas previas, que se han usado para caracterizar las explicaciones del alumnado respecto a fenómenos o conceptos científicos, también se puede interpretar el pensamiento del profesor de Biología sobre los fenómenos relacionados con la evolución biológica.

En este sentido, las investigaciones han caracterizado las explicaciones sobre los fenómenos o sobre el conocimiento de los sujetos respecto a un tema de evolución biológica con los términos ‘ideas previas’, ‘preconceptos’, ‘misconceptions’, ‘esquemas alternativos’, etc., pero tal como lo

menciona Rodríguez-Pineda (2007) la variedad terminológica depende del uso dado por parte de cada investigador, sin embargo, *“lo distintivo de esta manera de pensar consiste en que difiere de la considerada como aceptable por la ciencia”* (p. 116), es decir, desde el punto de vista científico pareciera que son incorrectas, desde el punto de vista del sujeto no lo son, ya que indican la representación que él tiene del fenómeno en cuestión, pues elaboran toda una serie de predicciones coherentes con su forma de pensar.

Estas ideas se confrontan o difieren de la explicación científica, muchas de ellas no son absurdas y en ocasiones están basadas en representaciones alternativas las cuales son construcciones personales y forman parte del conocimiento implícito del sujeto, muchas de estas ideas a veces no son coherentes y estables (Carretero, 1996), por ello se asume usar el término de ‘concepciones alternativas’.

Otro elemento a puntualizar es que los estudios reportados en este apartado toman como población a profesores en formación y en servicio, docentes con formación inicial como profesor y no profesor, así como docentes con diverso perfil disciplinar –biólogos, licenciados en ciencias naturales, veterinarios, médicos, ingenieros, entre otros–, es decir las muestras de las poblaciones investigadas, reportan variedad respecto a los ‘perfiles profesionales de los docentes’ que imparten Biología (Martínez y Rodríguez-Pineda, 2015).

También que la metodología que prevalece en estos ocho reportes de investigación es de tipo cuantitativo-descriptivo, dado que en primer lugar los objetivos de las investigaciones son identificar y reportar los saberes de los profesores; para ello recurren a metodologías fundamentalmente de tipo cuantitativo, si bien en algunos trabajos, se menciona que se hace uso de la perspectiva cualitativa, esto sólo es para la recolección de la información, pocos hacen un análisis cualitativo del discurso del profesorado. En segundo lugar, los estudios coinciden en el tipo de instrumentos que utilizan, los cuales corresponden en su totalidad a cuestionarios: unos de pregunta con respuesta abierta, semiabierta o cerrada; afirmaciones con falso y verdadero y de escala Likert.

En común las investigaciones reportadas en el apartado anterior, encuentran que en su estructura conceptual las explicaciones que dan los docentes son deficientes y muchas veces deformadas. Tanto los alumnos como los profesores la percepción sobre la evolución biológica es una combinación de creacionismo con antropocentrismo y principios teleológicos – ‘lamarckista’–, según lo mencionan Meinardi y Adúriz-Bravo (2002), González-Galli, Adúriz-Bravo y Meinardi (2005), Rico (2006) y González-Galli (2011).

En los resultados obtenidos hasta ahora en los diagnósticos sobre las explicaciones del profesorado de secundaria en torno al cambio biológico o a los temas de evolución, se ha notado que existen severos problemas para lograr la construcción de nociones, tienen bajo nivel de conocimientos de evolución. Ello se debe a la falta de preparación de los docentes y a la falta didácticas adecuadas de acuerdo con lo mencionado por Nehm y Schehonfeld (2007); Nehm y Young y Sheppard (2009); Carvalho, Bartolomei-Santos y Boer (2011) y Yates y Marek (2013).

Otra forma de caracterizar el pensamiento del profesor a partir de las concepciones alternativas y para entenderlas como producto de *‘los conocimientos previos socialmente estabilizados’*, este planteamiento tiene un fundamento sociocultural, ya que alude que el conocimiento científico escolar, es uno más, de los que recibe el sujeto y, la validación social del mismo ya que lo define su entorno, estabilizando por su uso y aceptación social más que por pensamiento racional fáctico, no se trata de modificar sus ideas sino de comprender por qué es resistente al cambio conceptual para desarrollar formas de pensamiento que le permitan tener nuevos enfoques (Jiménez-Aleixandre, 1992).

Los conocimientos socialmente estabilizados¹³ y su influencia en la comprensión de la teoría de la evolución en el ámbito escolar, es aporte de Jiménez-Aleixandre (1991), el cual partió de focalizar de forma diferente las *misconceptions* y concepciones alternativas, pues para el sujeto el conocimiento alternativo no es el social sino el escolar. Esto nos permite explicar la estabilidad

¹³ Se le denomina al conocimiento socialmente estabilizado a todo conocimiento cotidiano que es de uso común en un grupo social desde el cual le da sentido al mundo.

del conocimiento culturalmente validado y su resistencia al cambio presentándose como un monolito contra el que se estrella todo tipo de novedad conceptual que lo intente modificar; dos de las investigaciones realizadas en Estados Unidos desarrollan esta idea los de Nehm y Schehonfeld, (2007) y Nehm, Young y Sheppard (2009).

Investigadores como Adúriz-Bravo y Meinardi (2002); González-Galli, Adúriz-Bravo y Meinardi (2005) y González-Galli (2011), al indagar el pensamiento del profesorado tanto en formación como en servicio, han caracterizado dichas explicaciones como ‘obstáculos’, basada en Astolfi (1994), de acuerdo con la cual se trata de formas de pensar que son transversales –se implementan a un campo relativamente amplio de contenidos–, funcionales –permiten al sujeto explicar ciertos aspectos del mundo– y conflictivas –compiten con el modelo científico a enseñar, en el sentido de que ambos sistemas conceptuales dan cuenta de los mismos fenómenos– (González Galli, Meinardi 2017), en la cual parten de que el pensamiento finalista o teleológico es uno de los principales obstáculos para el aprendizaje, por ejemplo:

Cambio poblacional: “De a poco cada vez menos crías de osos marrones sobrevivían y más crías de osos blancos sobrevivían hasta que la población se transformó totalmente a osos blancos”.

Cambio individual: “Los osos de pelaje marrón se fueron adaptando al ambiente en que vivían (...)”.

Finalismo explícito: “Con el correr de los años el color del pelo de los osos fue modificándose con el fin de camuflarse en la nieve”.

De esta manera es importante destacar la tendencia de las investigaciones, pasaron de la descripción de los errores conceptuales de los profesores a la interpretación y análisis de las causas de estas (Carrascosa, 2005). Por lo que es necesario construir otro tipo de instrumentos que permita identificar el Modelo Teórico (Giere, 1992) que el profesor ha construido para dar cuenta de los fenómenos sobre evolución biológica y, no sólo lo que él sabe o debería saber.

Hasta el momento no se encontraron trabajos de investigación que reportan el pensamiento del profesor sobre el cambio biológico en forma de modelos, ni estudios que dieran cuenta de los

modelos teóricos que usan los profesores de Biología para explicar la teoría de la evolución en esta vertiente, no se ha tenido presencia en estudios sobre el fenómeno del cambio biológico, por lo que esto implica que es un campo que se puede explorar y aportar para la Educación en Ciencias.

A continuación, en la Tabla 14, se muestran los trabajos encontrados y descritos en este apartado.

Tabla 14. Investigaciones relacionadas con el pensamiento del profesor de secundaria sobre la evolución biológica

Autor/ Año/País	Título de la investigación	Enfoque Teórico	Población	Muestra	Metodología	Instrumento
Meinardi y Adúriz-Bravo (2002) Argentina	Encuesta sobre la vigencia del pensamiento vitalista en los profesores de Biología	Concepciones erróneas	Profesores de ciencias en formación (estudiantes del profesorado universitario), Profesores en servicio (Física, Química y Biología) y Profesores habilitados en Biología (ingenieros, agrónomos, veterinarios, médicos, bioquímicos)	108 Profesores en formación y servicio	Cualitativa y cuantitativa	Cuestionario con una pregunta de respuesta abierta y tres preguntas de respuesta semiabierta
González-Galli, Adúriz-Bravo y Meinardi (2005) Argentina	El modelo cognitivo de ciencia y los obstáculos en el aprendizaje de la evolución biológica.	Concepciones alternativas	Profesores en Formación de ciencias, Profesores en Servicio (Biología, Física y Química) y Profesores no docentes habilitados para dar clase (ingenieros agrónomos, veterinarios, médicos, bioquímicos)	108 Profesores en formación y servicio	Cuantitativa	Cuestionario con cuatro opciones de respuesta a cada pregunta
Rico, (2006) México	Las concepciones alternativas de los profesores de educación secundaria sobre la evolución de los seres vivos	Ideas alternativas	Profesores de Biología	348 profesores en servicio	Cuantitativa	Cuestionario con dos opciones de respuesta.
Nemhe y Shonfeld (2007) Estados Unidos	Does increasing biology teacher knowledge of evolution and nature of Science lead to greater preference for teaching of evolution in schools?	Concepciones erróneas	Profesores de Ciencias	44 profesores en servicio	Cuantitativa y cualitativa	Cuestionario (pre y postest)
Nehme, Young y Sheppard (2009) Estados Unidos	Academic preparation in biology and advocacy for teaching evolution: biology versus non-biology teachers.	Concepciones erróneas	Profesores de Biología y No Biología (Física, Química y Ciencias de la Tierra)	167 Profesores en servicio	Cuantitativa	Cuestionario
Carvalho, Bartholomei-Santos y Boer (2011), Brasil	Evolução biológica: percepções de professores de biologia	Concepciones erróneas	Profesores de Biología	20 profesores en servicio	Cuantitativa y cualitativa	Cuestionario constituido por tres partes: una pregunta abierta, dos preguntas que presentan una situación de enseñanza y una tabla con afirmaciones (F o V)
González-Galli (2011) Argentina	Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural	Concepciones alternativas	Profesores de Ciencias	154 profesores en formación	Cualitativa	Cuestionario con tres problemas de respuesta abierta
Yates y Marek (2013) Estados Unidos	Is Oklahoma really, ok? A regional study of prevalence of biological evolution-related misconceptions held by introductory biology teachers	Concepciones erróneas	Profesores de Biología y ciencias	66 profesores en servicio	Cuantitativa	Cuestionario de escala Likert

Elaboración propia

3. REFERENTES TEÓRICOS EN LA PERSPECTIVA DEL OBJETO DE ESTUDIO

En este apartado se presentan los *ejes teóricos* que orientan la indagación. Los aspectos fundamentales que se convierten en objeto de estudio y que tienen relevancia para instalarse en el marco teórico, son: desde el ámbito de la formación de profesores el concepto de *Perfil de Formación Profesional del Profesor*; desde la Didáctica o Educación en Ciencias Naturales, *los Modelos Científicos* y; desde la disciplina la Biología evolutiva las *Teorías de Evolución Biológica*. Referentes que no se agotan en sí mismo en este documento, pues no se pretende hacer una investigación sobre cada uno de los ejes que configuran el marco teórico, ya que esta no es una tesis sobre epistemología de los modelos, ni sobre filosofía de la Biología.

3.1 La formación del profesorado y el perfil de formación

Como consecuencia de los cambios sociales que se han ido generando en las instituciones educativas, y la transformación de la vida escolar para adaptarse a las nuevas realidades, se ha modificado la formación docente para incorporarse al trabajo en las aulas.

Para iniciar es importante considerar y definir al profesional docente de Biología de educación secundaria, por lo que conocer la naturaleza y elementos de la formación profesional del profesor es relevante ya que, así como el ingeniero, el abogado o el veterinario, tiene un conocimiento que lo distingue entre sí y de las demás profesiones, los docentes cuentan con un conocimiento profesional particular que diferencian cuatro grandes dominios: el conocimiento de los contenidos del objeto o materia de enseñanza, el conocimiento pedagógico, el conocimiento necesario para enseñar un saber en particular, llamado conocimiento didáctico del contenido, y el conocimiento del contexto (Valbuena, 2007).

Para enseñar algo resulta obvio que es menester conocer algo, de hecho, la visión tradicional sobre el conocimiento que debe tener el profesor ya que para enseñar se requiere el conocimiento disciplinar, pero no es suficiente, sino que necesita tener otros tipos de conocimiento como el contextual, el pedagógico y el conocimiento didáctico del contenido, todos y cada uno de ellos se relacionan entre sí, dentro del aula con el profesor.

El punto de interés en este caso dentro del conocimiento profesional es el conocimiento disciplinar, el cual hace referencia al conocimiento de la materia que se enseñan, de los contenidos en su organización y estructura. Es importante destacar que no sólo se trata de conocer los contenidos, sino que además requiere tener conocimientos de sus características históricas y epistemológicas, importantes para su enseñanza, como son las condiciones y los obstáculos en la producción de conocimientos, así como de los conceptos estructurantes.

Porlán, Azcarate, Martín del Pozo, Martín y Rivero (1996) destacan la importancia de los estudios en creencias de los profesores acerca de la disciplina –contenidos de la materia– y de lo natural –naturaleza del conocimiento–, en la cual señala que las ideas epistemológicas del profesor de alguna manera establecen la forma de conceptualizar la dinámica escolar, los procesos generales del conocimiento curricular y el conocimiento profesional del profesores, se puede suponer que si un docente que no cuente con los conocimientos relativos a los temas que imparte esto puede ser un inconveniente para su enseñanza, con ello se puede decir que es fundamental conocer la comprensión de los docentes respecto al tema, pues como lo plantea Bahamonde (2007) los docentes deberían comprender la estructura conceptual de la disciplina la relación de los contenidos de la disciplina y su relación con otras disciplinas.

3.1.1 Las tendencias de formación de los docentes de escuela secundaria

Esteve (2006) menciona que existen modelos de formación, a los que los nombra simultáneos y consecutivos, el primero llamado modelo de formación simultánea es aquel en las que el futuro profesor estudia los contenidos científicos y la formación psicopedagógica necesaria para comunicarnos en el aula y profesional más adecuada al mismo tiempo. El segundo denominado modelo de formación consecutivo, inicialmente dota al profesor de una formación académica sobre los contenidos científicos que se van a transmitir, y después se les da una formación profesional sobre los conocimientos pedagógicos y psicológicos que necesitan para enseñar ese contenido en las aulas, estos dos modelos han convivido hasta la actualidad. Se puede encontrar tanto en países del primer mundo con altos niveles de escolaridad, como en países en vías de desarrollo con recursos limitados y niveles de escolaridad baja en su población. En Europa se reporta la inserción

de docentes con modelo consecutivo en Gran Bretaña, Alemania y España, sólo por señalar algunos casos.

Para el caso de la enseñanza de la ciencia, Gran Bretaña, tiene dificultades para cubrir la demanda de docentes especializados en materias tecnocientíficas, los egresados de institutos y universidades encuentran trabajo en su ámbito de desarrollo profesional. En España, se reportó un incremento de la oferta de profesores habilitados a partir de la Ley Orgánica del Sistema Educativo (LOGSE), debido al incremento del desempleo (Esteve, 2006), por mencionar algunos ejemplos.

La formación del profesorado en la universidad hace ver la posibilidad de que se vean como docentes mejor preparados, en especial para la secundaria, a pesar de los esfuerzos de los sistemas educativos de la comunidad europea todavía prevalece escasez de profesores, lo que ha favorecido la incorporación de profesionales formados en disciplinas universitarias con experiencia laboral en sus campos profesionales.

A ello han recurrido países como Holanda, Reino Unido, Noruega y Dinamarca, para darles formación pedagógica se trabaja a veces de tiempo parcial y otras veces como proceso de formación a distancia. Así se logra tener un especialista de una profesión libre incorporado al magisterio preparado en aspectos pedagógicos. En España también, se hace mención de que existen profesores como los descritos antes, con formación docente simultánea –similar a normalistas– y consecutiva –universitarios habilitados– (Mellado, 1996).

En Latinoamérica se da el mismo fenómeno, en países como Argentina, Chile, Brasil, Colombia, la formación docente se da en Universidades la tendencia es desaparecer lo que llaman escuelas de formación tradicional de docentes denominadas ‘Normales’, sin embargo, al igual que en Europa, no se logra cubrir la demanda de docentes especializados en disciplinas técnicas, por lo que se habilitan a profesionistas de diversas áreas como profesores de educación, previa formación pedagógica (Murillo, 2006; CFE, 2008).

Para el caso de México, la escuela secundaria es un atenuante al desempleo existente, los profesionales de áreas técnicocientíficas no encuentran las suficientes ofertas de trabajo especializado y recurren al magisterio, ello ha amortiguado el desempleo de los profesionistas, quienes en el mejor de los casos adoptan el modelo de formación consecutivo, logran un empleo, una fuente de ingresos, pero a costa de abandonar su profesión de origen.

3.1.2 El concepto de Perfil de Formación Profesional del Profesor

En este apartado se retomarán los términos, el de ‘formación profesional’ el cual se refiere a la capacitación para el desempeño cualificado de una profesión y el acceso al empleo (Barba, Billorou, Negrotto y Varela, 2005) y el de ‘perfil profesional’, que se entiende como *“el conjunto de habilidades y competencias que identifican la formación de una persona, para asumir en condiciones óptimas de responsabilidades propias del desarrollo de funciones y tareas de una determinada profesión”* (Bozu y Canto, 2009, p.89).

Dentro del ámbito educativo existen otros términos, como el de ‘perfil profesional docente’, que se asume como el conjunto de competencias, características y/o dimensiones requeridas por los docentes para realizar su actividad profesional (SEP, 2014); el de ‘formación y/o actualización docente’ asumido como el proceso mediante el cual se le otorgan a un sujeto *“elementos teóricos, metodológicos y experienciales que permitan analizar las dimensiones y niveles que estructuran el trabajo docente, con la finalidad de acercarlo a lo que será su actividad profesional”* (SEP, 2013, p. 6) y que forma parte de su ‘desarrollo profesional’¹⁴.

Ahora bien, para hacer un análisis respecto a cuál es la formación y/o actualización profesional de los docentes implicaría indagar por las habilidades y competencias que cada una de las profesiones

¹⁴ El Desarrollo Profesional del Profesor se asume como una serie de procesos sucesivos de autorregulación metacognitiva que llevan a un crecimiento en los ámbitos que orientan su profesión docente –ámbito personal, de conocimientos y estructuras interpretativas, y el ámbito práctico, todos ellos en el mundo personal del profesor– producto de la comprensión, puesta en práctica y de la relación entre lo que piensan, sienten y hacen en su aula y en su institución, dichos ámbitos se ven influenciados por el ámbito externo (Cuéllar, 2010).

otorga a los sujetos con los trabajan como docentes, lo cual no es el objeto de estudio de esta investigación.

Por lo tanto, es necesario introducir un nuevo concepto que permita discriminar e identificar cuál es la formación profesional y el perfil de los docentes, este concepto es el de '*Perfil de Formación Profesional del Profesor*', el cual se asume que está constituido por dos aspectos: el tipo de Formación Profesional –inicial– que tienen los profesores y su Perfil Disciplinar.

El primer aspecto –tipo de Formación Profesional del Profesor–, se refiere a la formación profesional inicial que poseen quienes se desempeñan como profesores, el cual puede corresponder a profesionales que si cuentan con ‘formación inicial como profesores’ –lo cual en México implica que se han formado en las Escuelas Normales, modelo simultaneo– y que su profesión es la de ser profesor y a profesionales que ‘no tienen formación inicial como profesores’ –en el caso mexicano se dice que tienen formación universitaria, modelo consecutivo–, es decir que su formación profesional la realizaron en una Institución de Educación Superior diferente a las Normales y no fueron formados, ni preparados para ejercer la docencia.

Quienes se han formado profesionalmente como profesores, han desarrollado habilidades y competencias durante su estancia en la educación superior, que los prepara para la enseñanza, realizando por ello prácticas profesionales o prácticas pedagógicas frente a grupo incluso desde el primer año de la carrera.

El segundo aspecto –perfil disciplinar–, da cuenta específicamente de la disciplina o área de formación de los profesionales que ejercen la docencia, es decir si están formados en el área de las ciencias naturales, sociales, humanísticas –incluyendo la Educación–, de la salud¹⁵, etc., o en disciplinas como Biología, Física, Química, Matemáticas, Medicina, Veterinaria, Ingeniería, Pedagogía, Psicología, etc.

¹⁵ Cabe mencionar que, aunque la licenciatura diga en educación no significa que tenga una formación inicial como profesor, ni tenga formación en un programa que impartan las normales. En México el título de licenciado no es sinónimo de profesor, por ejemplo, el Licenciado en Derecho imparte la asignatura de Formación Cívica y Ética en secundaria.

Este concepto da lugar a dos categorías: la de ‘Formación Profesional del Profesor’, que permite discriminar entre los profesionales que poseen Formación Inicial como Profesores (FIP), por ejemplo, los Licenciados en enseñanza con especialidad en Biología, los Licenciados en educación media con especialidad en ciencias naturales, etc.; y los profesionales que no cuenta con la Formación Inicial de Profesores (NFIP), por ejemplo, los Licenciados en Biología, los Licenciados en Química, los Licenciados en Psicología, etc. Y la categoría de ‘Perfil Disciplinar’, que da cuenta del área o disciplina de formación, de la profesión de origen de quienes ejercen la docencia: Biólogos, Químicos, Matemáticos, etc.

3.2 La perspectiva modelo-teórica de la ciencia desde la Didáctica de las Ciencias Naturales

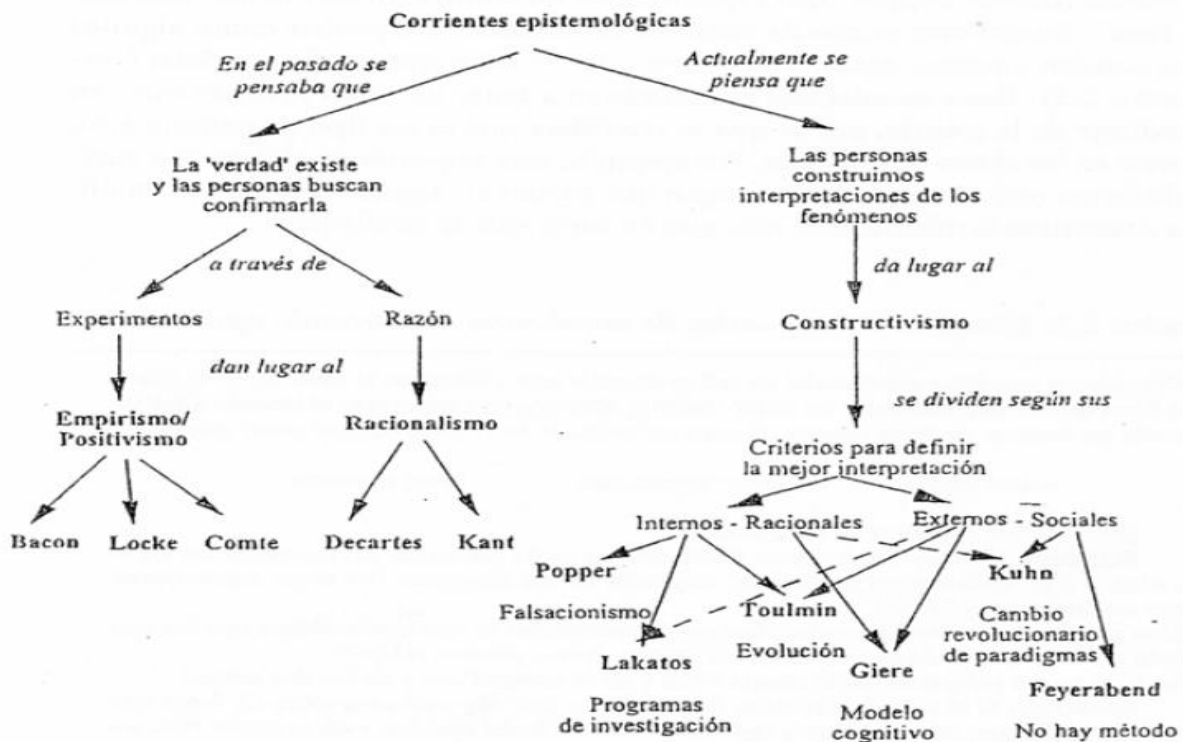
En el campo de la Didáctica de las Ciencias, la reflexión sobre la ciencia, desde diversos campos, como la historia, la sociología, y particularmente desde la epistemología, resulta fundamental comprender su naturaleza y función, así mismo el proceso seguido para la construcción de conocimiento, de manera más cercana a la actividad real de los científicos y de las comunidades científicas. El análisis metateórico de carácter epistemológico, se traduce en cuestionamientos en torno a ¿qué es la ciencia?, ¿cómo se elabora? y ¿cómo se comunica?

Estas preguntas han sido abordadas desde diferentes corrientes epistemológicas, principalmente por los enfoques empírico/positivista, racionalista y constructivista. Siguiendo el planteamiento de Sanmartí (2002), en la visión tradicional de ciencia, se puede encontrar dos grandes corrientes epistemológicas, por un lado, la diada empirismo/positivismo¹⁶ y por otro el racionalismo; ramas que, si bien históricamente corresponden a las dos caras de la moneda, comparten el presupuesto de que la verdad existe y se comprueba –para el empirismo y el positivismo, a partir de la experiencia con una metodología inductivista y para el racionalismo a través de la razón, a partir de posturas eminentemente deductivas– (Rodríguez-Pineda, 2007).

¹⁶ El empirismo y el positivismo, en estricto sentido corresponden a dos enfoques epistemológicos distintos, pero muy cercanos, por lo que comúnmente se habla del enfoque empírico-positivista.

Por otro lado, la nueva visión de la ciencia, sustentada en el enfoque constructivista, se centra en el presupuesto de que la ciencia es una actividad humana dedicada a la construcción de interpretaciones de fenómenos que dan sentido a nuestras acciones y nos dejan comprender el mundo (Sanmartí, 2002; Rodríguez-Pineda, Izquierdo-Aymerich y López-Valentín, 2011) y, por ende, si las personas ‘construyen interpretaciones de los fenómenos’ entonces el conocimiento científico es una construcción humana –y social–, lo cual implica que no hay verdades absolutas, sino sólo grados de certeza, de tal manera que la ciencia adquiere un carácter tentativo.

En el marco de esta perspectiva contemporánea de la filosofía de las ciencias, destaca el denominado ‘giro cognitivo’, teoría cognitiva o modelo cognitivo de ciencia (MCC) planteado por Giere (1992; 1999), quien señala que el proceso mediante el cual se construyen estos conocimientos no es radicalmente diferente al de otras elaboraciones humanas con las cuales se da ‘significado’ a los acontecimientos que se quieren controlar (ver Figura 2).



Fuente: Sanmartí, 2002, p. 44 (adaptado de Nussbaum, 1989)

Figura 2. Esquema clasificatorio de las visiones de la ciencia en virtud de las corrientes epistemológicas

Lo que conlleva a un análisis semántico de las teorías científicas –su significado–, por contraposición al usual análisis sintáctico de las teorías –su forma– (Adúriz-Bravo y Ariza, 2014). Lo anterior se ubica en la escuela epistemológica contemporánea conocida como ‘la concepción semanticista’, en la que se estudian las teorías científicas a través de sus modelos, en lugar de la forma tradicional centrada en las leyes de las teorías. El enfoque semanticista condiciona que el modelo sólo se pueda comprender desde un referente constructivista, cada sujeto construirá su modelo, el cual será el mediador para comprender la realidad, el modelo será una concreción del conocimiento socialmente construido particularizado en un sujeto.

3.2.1 Los modelos científicos como modelos teóricos

Durante los años ochenta del siglo XX crece fuertemente la consideración de los modelos como una línea prioritaria de investigación e innovación en la educación científica, por ello, la literatura sobre modelos en la didáctica de las ciencias experimentales es actualmente muy extensa y diversa. Algunas revistas han dedicado números monográficos al tema de los modelos –y de la modelización–, en el 2000, el *International Journal of Science Education* dedico el número nueve del volumen 22 a este tema; en el 2007, *Science & Education* lo hizo con el 16; y en el contexto latinoamericano, en 2014, la Revista *Bio-grafía* de la Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, dedico el 13 a dicho tema.

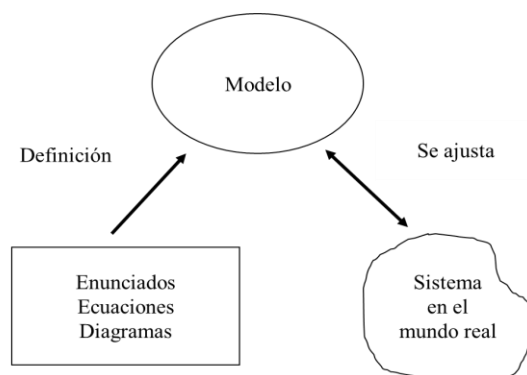
Además, se tiene la revisión sistematizada de una serie de investigaciones sobre modelos, como la realizada por Oh y Oh (2011), quienes orientaron su análisis a partir de los siguientes temas: los significados de modelo, propósitos de los modelos, multiplicidad de los modelos científicos, uso de modelos científicos en clase; y de manera similar; y la revisión llevada a cabo por Gutiérrez (2014), respecto a las aproximaciones sobre la investigación realizada en torno a los modelos. Por tanto, todo intento de sumergirse en dicha literatura, debe hacerse desde una mirada intencionada y con determinados criterios. Por lo que en este apartado se concentrará en la naturaleza epistémica de los modelos.

Ahora bien, la perspectiva epistemológica a la que se circunscribe, es la de la concepción semanticista de las teorías científicas, que pone la ‘noción de modelo científico’ por encima de la de leyes científicas, por tanto, se adhiere a la visión de la ciencia basada en modelos, y

particularmente a la ‘noción de modelo’ de Ronald Giere (1992), quien considera que un modelo científico es una entidad abstracta, una representación no lingüística de la realidad, que se comporta según las proposiciones que lo definen en cualquier sistema simbólico y que constituyen la ‘parte aplicativa de una teoría’ –sus proyecciones al mundo– (Giere, 1992; Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2009).

Dado que los modelos científicos son de naturaleza teórica, son entonces una representación enriquecida ‘teóricamente’ de los fenómenos –mediante entidades, relaciones y/o condiciones–, que pueden ser expresados a través de una variedad de formas y lenguajes–multimodales–, los cuales nos permiten describir, explicar, predecir e intervenir en el mundo (Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2003).

Así pues, los modelos permiten dar sentido a un fenómeno, por tanto, son construcciones abstractas y simplificadas, cargadas de significado para quien los desarrolla, que le sirven para explicar y predecir un fenómeno e intervenir en el mundo (Harrison y Treagust, 2000; Adúriz-Bravo, 2013) y tienen un referente en la realidad, pero no son una copia de ésta con el fin de comprender un aspecto de la realidad. En este sentido, las declaraciones utilizadas para caracterizar al modelo son verdad sólo del modelo y no del mundo real por lo que se puede decir que los modelos son los medios para representar al mundo (Giere, 1999), (ver Figura 3).



Fuente: tomado de Giere (1999, p. 65)
Figura 3. Aproximación de las teorías científicas basada en modelos

La relación entre el modelo y el mundo real es abstracta, pero no es en ningún caso de verdad sino de ajuste en donde se intenta explicar si el modelo se ajusta a los sistemas correspondientes del

mundo real y hasta qué punto es similar a ellos. En este contexto, la relación entre las teorías – declaraciones– y el mundo es indirecta y se da a través del modelo, es así como una teoría es lo que se puede decir del mundo a través de los modelos que se ajustan al mundo real; lo importante es el grado de ajuste, ello indica cuándo un modelo es más potente que otro, (Giere, 1999).

Una teoría científica basada en modelos es construir un modelo físico que permite caracterizar un modelo teórico abstracto, lo cual será una representación ‘abstracta’ de los sistemas reales, construido con reglas definidas y acompañadas con una estructura formal en el marco de una teoría concreta, (Giere, 1999).

Algunos ejemplos de modelos científicos son el modelo de Bohr del átomo, el modelo de la partícula de la materia, un modelo de rayos de luz de cómo vemos los objetos, el modelo del ciclo del agua, el modelo del mosaico fluido de la membrana celular que permite intercambios de materia con el exterior, incluso el de la especie (Schwarz, Reiser, Davis, Kenyon, Acher y Fortus, 2009).

La visión de modelo que presentan Schwarz *et al.* (2009) se considera pertinente para la inferencia-construcción de los modelos en este trabajo, dado que se comparte que los modelos deben tener tres grandes elementos: entidades, relaciones y condiciones que interactúan entre sí.

Como todo modelo científico –que por su naturaleza es de carácter teórico–, tienen características que los hacen propios en los cuales se pueden identificar los elementos estructurales básicos como son: *entidades, propiedades de las entidades, relaciones entre entidades y condiciones* (Schwarz *et al.*, 2009), las *entidades* se pueden considerar como teóricas y físicas, se puede definir como las unidades en las que se puede pensar comunicar y actuar, son constructos conceptuales que se pueden caracterizar (Gómez, 2005); a las entidades se les asignan *propiedades* que son las cualidades descritas de las entidades o fenómeno estudiado, y las *relaciones* entre las entidades que son vinculaciones hipotéticas que afectan en las interacciones que se dan entre entidades similares o diferentes, y las *condiciones* determinadas como el entorno en donde las entidades existen, tienen las propiedades asignadas y son válidas.

Una forma emergente de acercarse por inferencia al pensamiento de los teóricos y de sus productos son los modelos, conocer la articulación de la estructura de una teoría y su validación como propone Giere (1992), las teorías serían abstracciones con las cuales se puede representar e intervenir la realidad (Hacking, 1996).

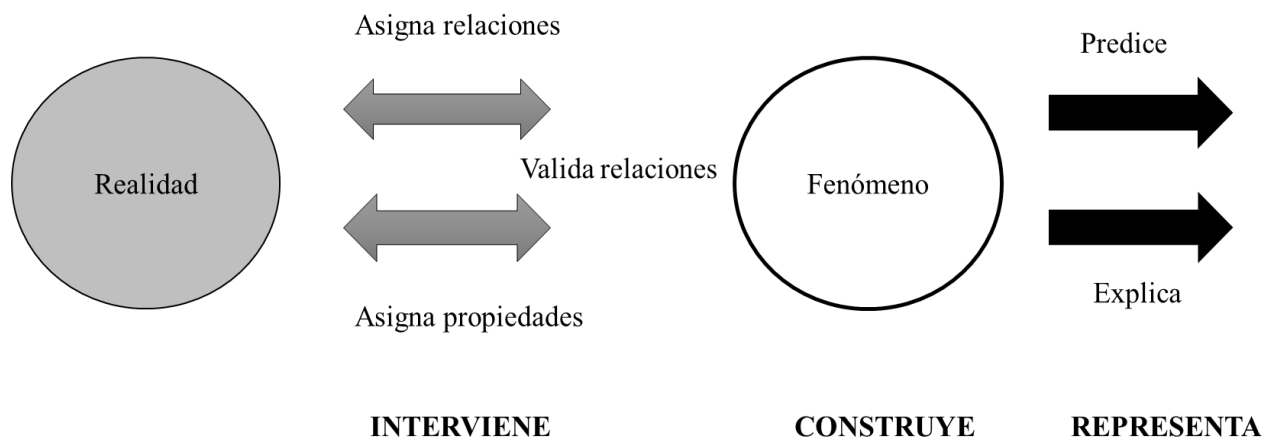
Como se ha mencionado en los párrafos anteriores, Giere (1992) señala que la teoría como una serie de enunciados referidos a explicar la realidad tiene limitaciones y que esas limitaciones deben superarse, una forma de hacerlo es emplear modelos para explicarse la realidad, luego un modelo es una forma de representar la realidad de forma más completa y dinámica que una serie de enunciados, ya que un enunciado se limita al uso del lenguaje oral o escrito en tanto el modelo es una abstracción que tiene infinidad de posibilidad para describir, explicar y predecir los fenómenos de la realidad (Adúriz-Bravo, 2011).

Un modelo puede ser concretado de forma física, como una maqueta (Gómez, 2008), o un maniquí anatómico. Sin embargo, esas concreciones pasan primero por ser pensadas, son abstracciones que construyen y representan un fenómeno, lo validan según criterios epistemológicos de verdad y lo operan, todo en la mente de las personas, esto lo pueden concretar ya sea en un escrito, en una expresión de lenguaje o bien de forma física, a éste se le denomina modelo teórico.

3.2.2 Los modelos científicos en el aula de clase

En la filosofía de la ciencia, existe una variedad de formas de triangular estructuras (Giere 1992, 2004) con la intención de mostrar las conexiones entre el mundo, modelos y teorías desde una perspectiva semántica, pero para la enseñanza de la ciencia se requiere elementos filosóficos, disciplinares y didácticos enfocados desde el semanticismo, tal especialización no ha sido alcanzado por los profesores de ciencias (Ariza, Lorenzano y Adúriz-Bravo, 2010). Además, el enfoque semántico comprende que los modelos de una teoría se proponen para dar cuenta de una cierta parte del mundo: su objetivo es dar cuenta de sistemas empíricos particulares, datos, fenómenos o experiencias correspondientes a ciertos aspectos de la ‘realidad’.

Dicho lo anterior, se propone que un modelo se puede entender como una construcción llena de significados que permiten asignar y validar las relaciones que se establecen en la construcción de regularidades de un evento natural –un fenómeno– para posteriormente explicar y predecir su comportamiento. Es decir, que primero –*interviene*– la realidad es intervenida asignándole propiedades y relaciones con ello las válidas, posteriormente se *construyen* regularidades –fenómeno– como sustituto de la realidad y por último *representa* el sustituto de la realidad a la que se significa, explica y predice –al fenómeno–, por lo que se puede esquematizar de la siguiente manera: (ver Figura 4).

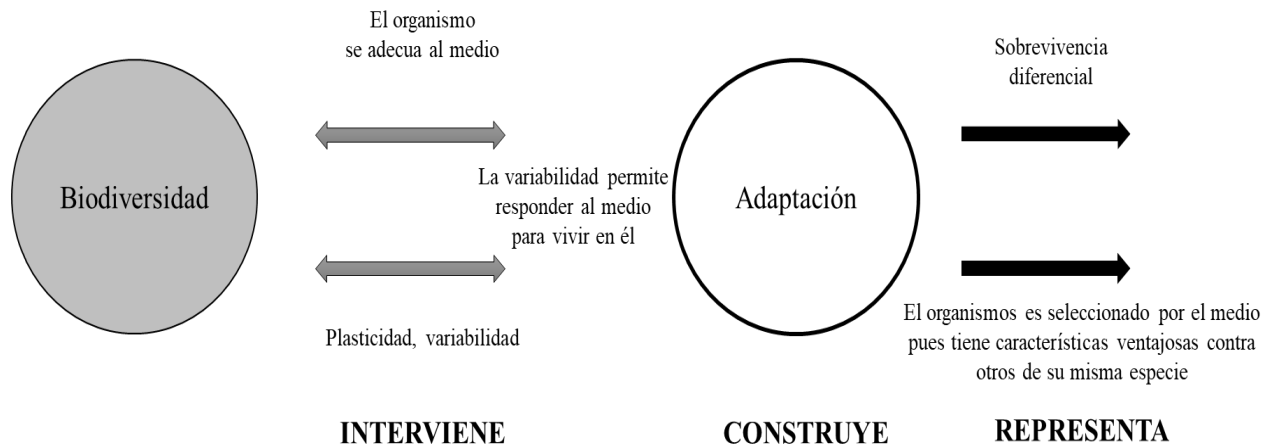


Elaboración propia

Figura 4. Representación esquemática del modelo

La ‘*Representación Esquemática de un Modelo*’ (ver Figura 4), puede ser considerada como ‘artilugio didáctico’ que ‘aterriza’ la concepción semanticista de Giere en una propuesta concreta

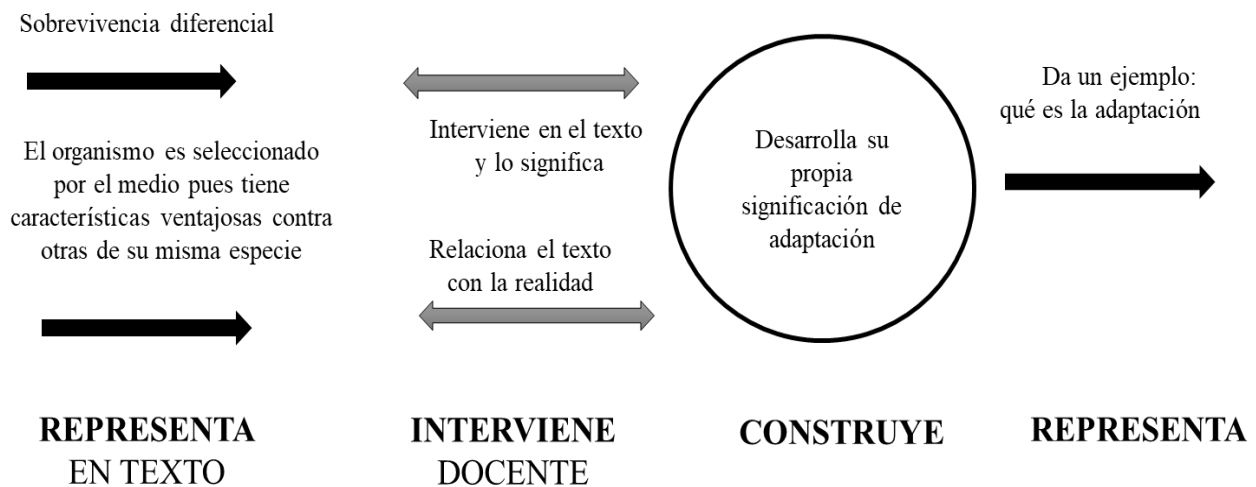
Mencionado lo anterior a manera de ejemplo, para el caso de la Biología el científico –el biólogo– estudia la naturaleza, construye regularidades de eventos naturales (fenómeno), lo representa, explica y puede predecir (ver Figura 5).



Elaboración propia

Figura 5. Modelo teórico 'del científico'

Pero ese modelo científico, ahora es el objeto sobre el que el docente interviene, construye, representa y con el cual explica a los alumnos el comportamiento de ciertos fenómenos (ver Figura 6).



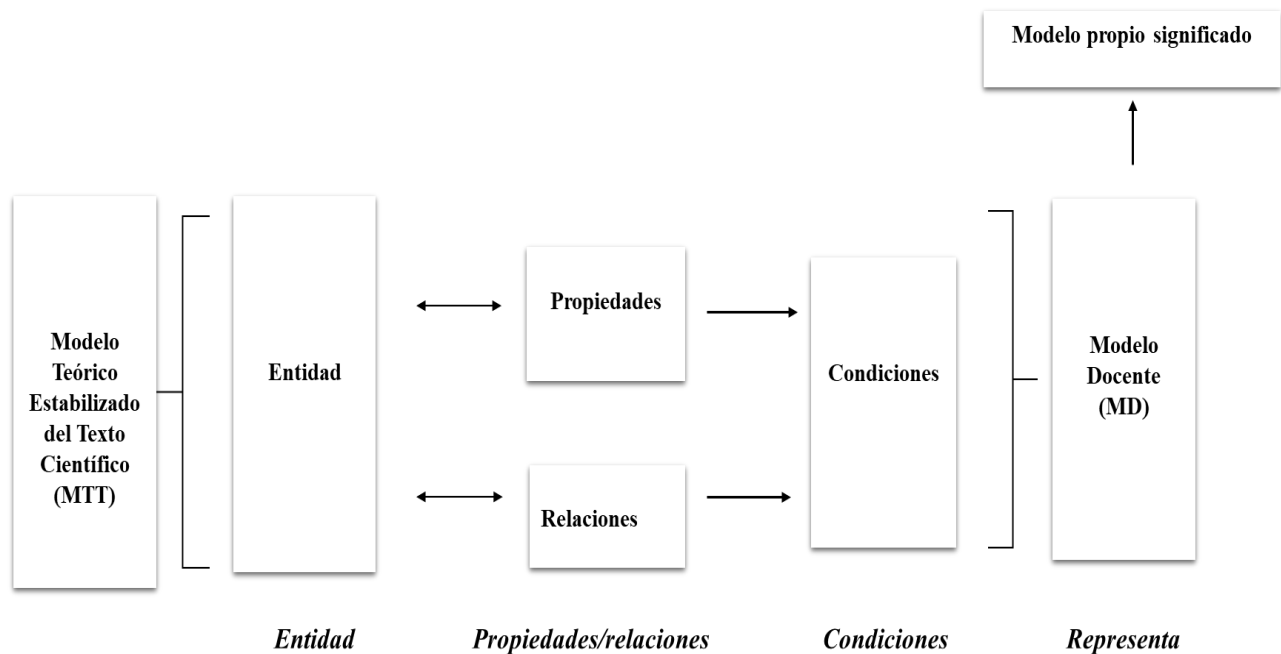
Elaboración propia

Figura 6. Modelo teórico escolar del profesor

Los modelos que nos interesan en la escuela son versiones escolarmente adecuadas de los modelos científicos –de la ciencia–, que son de naturaleza teórica, tanto para el profesorado como para el alumnado. Los modelos teóricos se traducen en textos que se encuentran en los libros que son

utilizados en el aula y mediados por el docente lo cual se ve reflejado en la acción pedagógica y en el discurso.

En el discurso del docente de manera esquematiza se puede observar el modelo teórico ordenado por elementos estructurales, epistemológicos y representacionales. A continuación, se representa el modelo del profesor, se puede ver la sintaxis que sigue, en donde pasa de una teoría –texto– a un modelo teórico. (ver Figura 7).

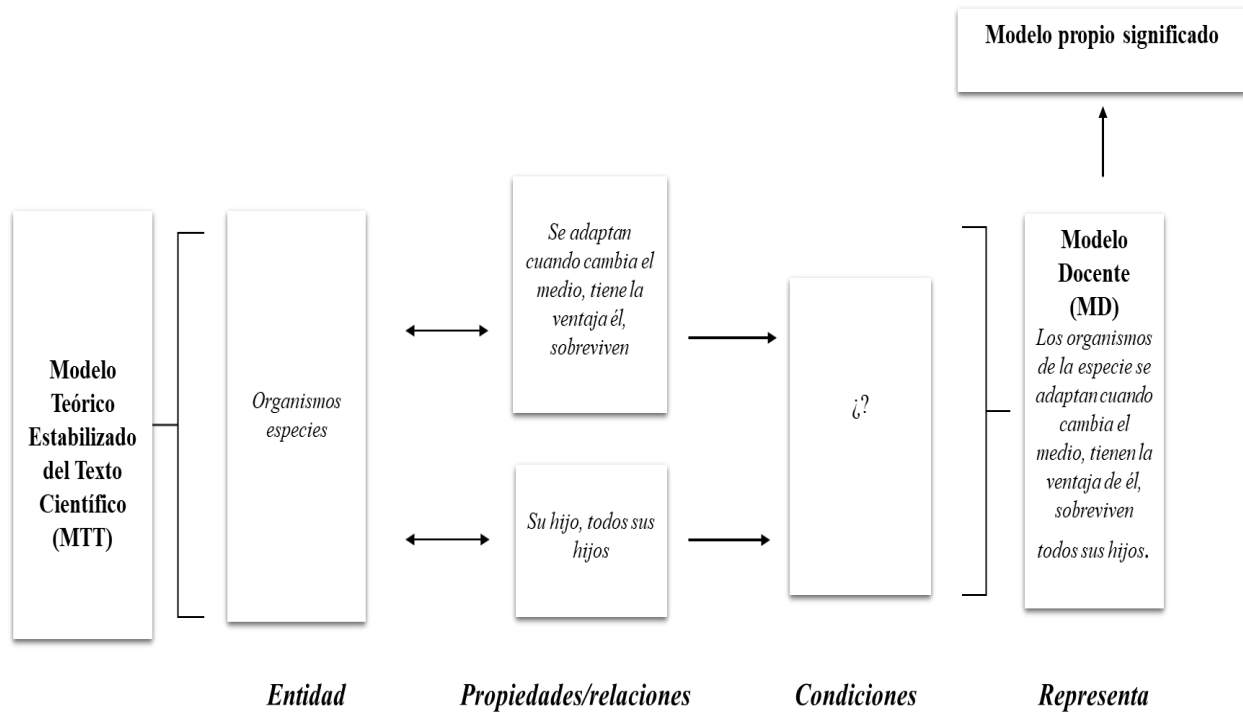


Elaboración propia

Figura 7. Modelo del docente derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)

Al respecto es necesario realizar una acotación, el profesor –de Biología– de la escuela secundaria no estudia el fenómeno de la naturaleza ni habla sobre lo que ve, el profesor estudia y habla sobre el modelo erudito, el modelo que los científicos desarrollan del fenómeno estabilizado en un libro que utiliza en el aula. Así el profesor estudia una entidad, un modelo teórico y crea su propio modelo –docente– del modelo teórico, al que López-Mota y Rodríguez-Pineda (2013) llaman

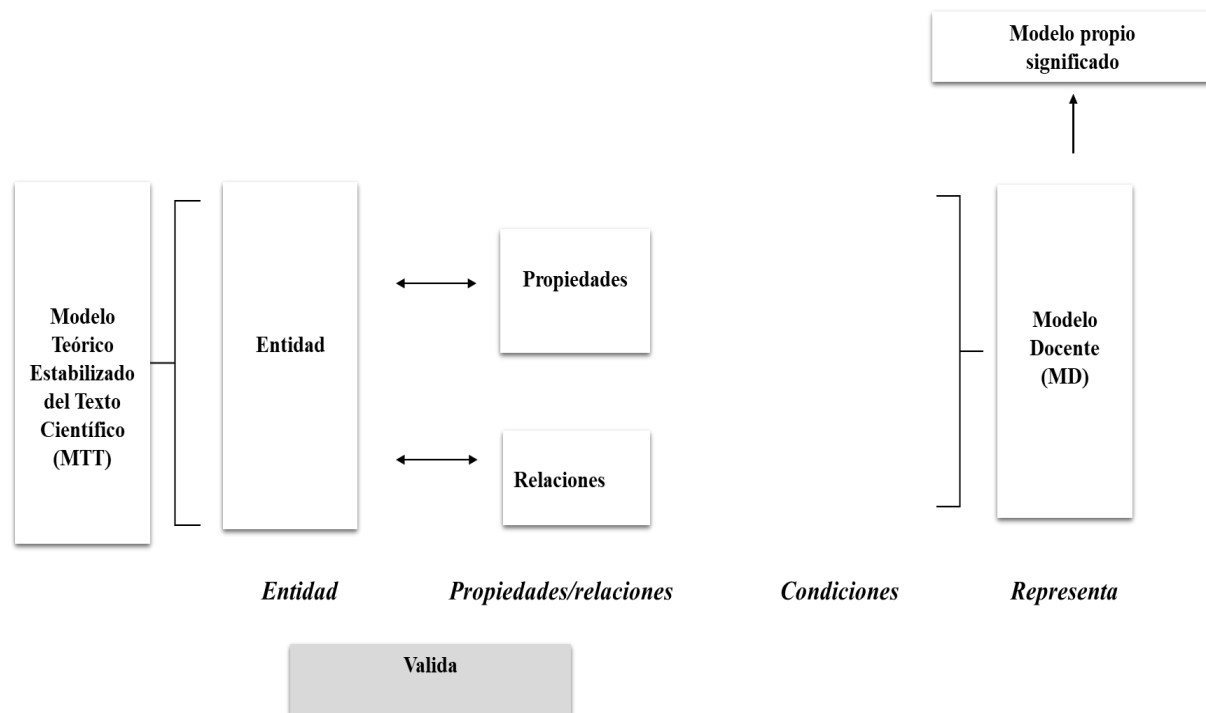
Modelo Escolar de Arribo, y que llamaré *Modelo Docente* derivado del *Modelo Teórico Estabilizado del Texto Científico* (MD-MTT) a manera de ejemplo (ver Figura 8).



Elaboración propia

Figura 8. Modelo esquematizado de un profesor derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)

Esto se refleja en su modelo esquemático, donde al seguir la sintaxis de modelo, se tiene una casilla vacía la de condiciones que con la información dada no alcanza para conocer este componente, no es que su modelo pasa directo de las propiedades y relaciones a las condiciones, sino que se debe de ampliar la información para conocer este paso, en todo caso el ejemplo es un modelo pobre pero propio del profesor, procedimiento que se puede ver reflejado en la Figura 9.



Elaboración propia

Figura 9. Modelo del docente derivado del modelo estabilizado del texto científico (MD-MTT)

Con esto en mente, que el modelo del modelo es lo que construye el profesor y que se trabaja con su representación para reconstruirlo.

Así los docentes deberán de usar modelos teóricos para ilustrar, explicar y predecir fenómenos, comparan y evalúan la capacidad de diferentes modelos para representar y explicar con precisión patrones en los fenómenos, y para predecir nuevos fenómenos, por último, el docente comparte y revisa en los estudiantes sus modelos para aumentar su capacidad de explicación, poder predictivo, teniendo en cuenta evidencia adicional o aspectos de un fenómeno.

El modelo es aquello que tiene el sujeto, en este caso el docente, lo que se conoce serán sus representaciones, en tanto más representaciones diferentes más facetas de un solo cristal, pero sólo se reciben reflejos de ese cristal, nunca lo conoceremos, pues al traducir eso a expresiones lingüísticas se pierde la naturaleza pura e instantánea del modelo.

Hablar de modelo escolar, es referirse a la acepción de ciencia escolar (Izquierdo-Aymerich, 1999), la enseñanza de la ciencia se fundamenta en transposiciones didácticas de los modelos teóricos, en tanto sean comprensibles y significativas para el alumno, sin esto no se puede hablar de enseñanza ni de aprendizaje. Lo que implica una ‘práctica auténtica’, ya que es aquella que busca que la escuela no prepare para una idealización de la sociedad, sino que sea una micro sociedad con prácticas sociales y de construcción de conocimientos reales, no situadas, sino reales.

Izquierdo-Aymerich, Espinet, García, Pujol y Puig (1999) dicen que la ciencia escolar es la ciencia que se hace en la escuela, no es la ciencia de los científicos –eruditos– es la ciencia necesaria para crear conocimiento requerido para la edad escolar, con la formalidad con que la hace el profesional, pero marcando entre el trabajo de éste y el de un aprendiz, de ahí lo significativo pues si no interesa ni crea sentido en el alumno, la ciencia como cualquier otro conocimiento carece de peso. La ciencia escolar debe de ser una necesidad del alumno y no una imposición, un conocimiento que se necesite por convencimiento para que valga la pena trabajarla, al respecto dice:

Lo más importante de la ciencia escolar es la interrelación entre la teoría científica y la práctica experimental y por ello colocamos a la experimentación en el centro de la educación científica, pero ahora dando importancia a la mediación teórica, que nos obliga a tomarnos en serio sobre el mundo físico modelado por nuestras acciones en él (Izquierdo-Aymerich et al., 1999, p. 84).

Involucrar a los alumnos en los experimentos y las prácticas de modelación puede ayudarlos a construir experiencia en la materia, comprensión epistemológica y experiencia en las prácticas de construcción y evaluar el conocimiento. La separación entre la creación de sentido y la comunicación se refiere a la audiencia principal para la que los estudiantes están creando el modelo. Por ello, Schwarz *et al.* (2009) comenta al respecto, que un modelo escolar es un modelo, para tratar de comprender un fenómeno, articulando su comprensión como un modelo expresado para ayudar a aclarar su pensar y desarrollar el consenso del grupo.

Para la comunicación, los docentes quedan en el punto en el que están preparados para compartir sus ideas con los alumnos, articular su modelo teórico para ver si otros están de acuerdo, tratar de persuadir a otros –argumento– o ayudar a que ellos entienden los fenómenos (Schwarz, *et al.*, 2009, p.636).

Para Schwarz et al. (2009) los modelos en la escuela tienen como propósito desglosar los objetivos de aprendizaje, que son los compromisos fundamentales en el desarrollo del progreso del aprendizaje. Por ello en la didáctica de modelización el docente 'idealmente' construye modelos teóricos consistentes con evidencia y teorías previas para ilustrar, explicar o predecir el comportamiento de fenómenos.

3.3 La Teoría de la evolución biológica: una mirada histórica

La teoría de la evolución es el objeto de estudio de la Biología evolutiva, es toda una rama de la ciencia de la vida que permite conocer del origen, diversidad, distribución geográfica y temporal, así como del arreglo taxonómico de la vida en todas sus manifestaciones (Mayr, 2000), por lo que la teoría de la evolución ha sido cuestionada, complementada o atacada lo que le permite crecer de manera constante, ejemplo de ello, es que de la teoría fundante de Lamarck de principios del siglo XIX, que toma como eje la adaptación, con base en el cambio de hábitos y la herencia de los caracteres adquiridos, no han dejado de existir teorías que enriquecen los conocimientos de base del Guardián de los herbarios del rey (Llorente, 1990).

Cincuenta años después de la primera teoría de la evolución, Darwin y Wallace dan un mecanismo más sólido, la selección natural, este pensamiento acompañado de la comunidad de descendencia, el gradualismo, la especiación siguen siendo la base del pensamiento dentro de este campo y dichas teorías son tomadas como referencia para contrastarlas o apoyarlas. A principios del siglo XX, se redescubren los trabajos de Mendel dando paso a las mutaciones como mecanismo de la evolución, los mutacionistas en torno al señor de las moscas, Tomas H. Morgan oponen la genética y la estadística al pensamiento darwinista, pero a fin de cuentas Dobzhansky los convierte en aliados que aportan bases sólidas a la selección natural. Tanto él como Mayr, Huxley, Simpson, Stebbins dan forma a la teoría sintética de la evolución que tiene como eje soporte la genética de poblaciones (Ruiz y Ayala, 2002).

El descubrimiento de la estructura química y del mecanismo de replicación del DNA aportó a otra serie de pensamiento como el reloj molecular que indica que los cambios en las bases del material genético tienen una tasa constante y se puede conocer esta, es decir el material genético, base de los cambios del genotipo cambia independientemente del medio, de manera implícita esto

contribuye a proponer por Kimura el neutralismo, que dice que las mutaciones, los cambios en el material genético, son constantes pero neutras, es decir no son perceptibles y no afectan en sí los caracteres adaptativos de las poblaciones (González-Galli y Meinardi, 2013).

En los años 70 Lewontin y Gould desarrollan toda una revisión de la obra de Lamarck y Darwin-Wallace en la forma de percibir la teoría de la evolución, el primero dice que la modificación de un carácter promueve el cambio de otro sin que tenga paso por la selección natural –exaptación–, con esto apoya la idea de que el organismo construye su nicho en una relación dialéctica con el medio. Como reafirmación de que la evolución actúa sobre poblaciones, no sobre otros niveles de organización. Gould (2004) por su parte propone que los cambios en los caracteres adaptativos y la adaptación misma es un suceso rápido que una vez establecido permite una conservación, una estabilización de la relación población-entorno, esto hace que el gradualismo a primera vista sea cuestionado, pero no es así, simplemente nos permite conocer un pensamiento alternativo a la gradualidad no lineal de las mutaciones y la adaptación (Olea, 1988).

Lynn Margulis, propone la teoría endosimbiótica, pues al igual que Maturana aporta que la comunicación y cooperación es la base de la vida y su diversidad no la competencia, por ello su teoría endosimbiótica permite explicar por qué las mitocondrias y cloroplastos tienen material genético propio fuera del existente en el núcleo de la célula eucarionte, esta teoría nos explica cómo se da un paso de organismos procariontes a eucariontes (Olea, 1988).

Maturana desarrolla una teoría sobre la autogeneración y auto regeneración de los seres vivos, la autopoiesis mecanismo que dice porque un ser vivo está vivo y con ello da un vuelco a la definición de vida, extendiendo esta idea, el biólogo Chileno aporta una serie de argumentos para proponer a la selección natural como consecuencia de la deriva natural base de la adaptación y evolución de las poblaciones, un pensamiento más que holístico, sistémico, que aporta una nueva vía y da peso al efecto epigenético (Maturana, 1992). La evolución y el desarrollo de las especies se entraman para darle forma a otra alternativa al mecanismo de la selección natural como eje de la creación de la diversidad de la vida, el estudio profundo del genoma de algunas especies incluyendo la nuestra, ha logrado mapear los genes y entre ellos a los responsables de dirigir la expresión o no del resto de los genes, de la síntesis diferencial de proteínas y aminoácidos, en términos de

Maturana de los elementos de la autopoiesis de la célula, estos genes llamados Hox –*homebox*– se proponen como elementos con la suficiente capacidad para promover cambios de fondo en las poblaciones, esto aporta más bien una explicación de cómo encarar el problema de explicar la evolución de taxones superiores a la especie, pero no es en sí un mecanismo alternativo a la selección natural (González-Galli y Meinardi, 2013).

Otra teoría que permite asumirse como la responsable de los cambios en las especies es la epigénesis, algo que se ha querido ver como un resabio decimonónico con tinta de la pluma de Lamarck explicaría los caracteres adquiridos, no es así, esta teoría epigenética habla de un flujo de genes de forma horizontal, observada en material genético a partir de la molécula que inhibe la expresión de una parte de la cadena del ADN, el flujo horizontal de genes existe así como el vertical por este mecanismo, pero en sí es un proceso seleccionado naturalmente, con ello se dice que queda corto como marco explicativo de la creación de la diversidad de la vida (Ruiz y Ayala, 2002).

La breve revisión del campo de trabajo de la biología evolutiva lleva a comprender que la complejidad y profundidad de este campo está lejos del dominio de un contenido escolar de educación básica, como dicen González-Galli y Meinardi (2013), la escuela secundaria no busca formar biólogos evolucionistas, busca aportar para los fines educativos de este nivel educativo que son para el caso del campo de formación referido a conocimiento y exploración del medio natural y social, es el desarrollo de las habilidades del pensamiento científico y aportar en la educación en ciencia al estudiante (SEP, 2011). A ello se suma desde lo social, la construcción de una base para confrontar el pensamiento teológico y metafísico.

La selección de contenidos que permitan conocer la relevancia del pensamiento evolucionista debe depurarse del conjunto de conocimiento especializado que el campo crea de forma constante, opera *grosso modo* con la base de un núcleo duro y de teorías periféricas (*sensu* Lakatos, 1978). El núcleo duro es la teoría de la evolución por medio de la selección natural, que cuenta con teorías periféricas como el gradualismo, la comunidad de descendencia, la especiación, que a su vez como hipótesis crean espacios de debate donde la heurística positiva permite la animación del campo. Con esto en mente el núcleo duro debe estar presente en la enseñanza del pensamiento

evolucionista en la educación en todos los niveles, para el caso del nivel básico, además de la teoría de la evolución por selección natural deberá de estar su antecedente y su consecuente para ubicarlo históricamente.

El antecedente de la teoría de la evolución por selección es la teoría de la evolución de Lamarck, en tanto que su consecuente es la teoría sintética de la evolución. Estos son los contenidos base que se deberán de involucrar en la formación de los alumnos sobre este pensamiento. La densidad de los contenidos del campo formativo para la escuela secundaria no permita ir más allá, pues dicho campo involucra para el caso de la Biología, el cuidado del cuerpo, prevención de adicciones y cuidado del medio, una convivencia de enfoque biologicista y médico en un solo curso (SEP, 2011).

Así pues, en este apartado se describen aspectos básicos para la comprensión de la teoría de la evolución, en la cual se enmarca esta investigación y, que se toma como referente en el programa de estudios de la escuela secundaria para la enseñanza de la Biología, que se denomina Ciencias I (SEP, 2006, 2011, 2017), tal como se describió en la sección *“La enseñanza sobre la evolución biológica en el currículo mexicano de educación secundaria”* del primer capítulo.

Se aborda la teoría de la evolución desde su construcción histórica, ya que es así como se presenta en los libros de texto en México, para lo cual se construye una línea ascendente desde los mitos creacionistas de las distintas culturas, ideas catastrofistas, teoría de la evolución de Lamarck, la de Darwin-Wallace. Es necesario comentar que en el lenguaje del libro de texto se emplean términos propios de la teoría sintética (SEP, 2011).

El orden en que se desarrolla este escrito seguirá una analogía de la ley de los tres estados, de acuerdo con Comte (Vitoria, 2009); el primero el teológico o ficticio, segundo el metafísico y el tercero el positivo o científico. El primero se refiere a que el hombre depende de explicaciones mágicas o recurre a lo sobrenatural para comprender su mundo y la historia de este, el segundo es una fase de transición, no extiende la noción de aspectos sobrenaturales, pero se acerca a lo especulativo y en el tercer estado es el de la ciencia, el del método científico la causalidad es algo

inherente a esta forma de pensar que se basa en la observación, la experimentación y la comparación.

En el primer estado se incluirán a los mitos de la cultura maya, en el segundo se hablará de la teoría de la evolución de Lamarck y en el tercero se hablará de la teoría de la evolución de Darwin Wallace y por último se desarrollará la teoría sintética.

3.3.1 El estado teológico: los mitos de la creación

La mitología son las formas en que las sociedades históricamente explicaron la creación del mundo, son narraciones donde seres sobrenaturales unen sus fuerzas para crear y regular la vida en la tierra, manejando a capricho el destino de lo que crean. En México la cultura maya da cuenta así de su creación en el Chilam Balam, en su versión más conocida la del pueblo de Chuyamel, entre paréntesis fue poco lo que sobrevivió de la historia Maya arrasada durante la conquista, ya que cada pueblo escribía su propia génesis y la que se conservó es un relato escrito después de la conquista.

El Chilam Balam cuenta cómo los dioses se unen para crear el mundo y lo que hay en él, de cuatro intentos crean al hombre pensante que los adoraran, habla de la lucha de los hombres originales, los cuatro abuelos que guían a sus hijos y nietos por el mundo hasta encontrar un lugar donde vivir, así se llama el primer libro, los abuelos y es en él donde se ofrece la cosmogonía del pueblo Maya.

En el principio no había gente, ni animales, todo era un yermo desolado donde existía el caos que sólo calmaba la inmensidad del mar, la luz todavía no nacía por el horizonte y en la oscuridad de las tinieblas vivían los dioses: Tepeu, Gucumatz y Hurakán, nombre cábala que tienen los secretos de la creación, reunidos pensaron cómo harían brotar la luz la cual recibiría el alimento de la eternidad, la luz se creó del seno de lo increado con la luz pudieron ver lo que iban a crear, separaron las aguas de las tierras bajas para ser labrados, los árboles crecerán y se llenará de flores y frutos que esparcen sus semillas dijeron.

Descansando observaron su obra, pero era estática por lo que crearon los guardianes de las plantas, estos eran insensibles, los dioses les dieron atributos y habilidades, al pájaro para volar, a la fiera para cazar, pero cuando les pidieron que los adoraran no entendieron, sus voces de animales sólo piaban, rugían, gritaban, pero fue un esfuerzo ridículo por adorar a sus creadores, quienes molestos los condenaron a devorarse entre sí.

Los dioses se dieron a la tarea de hacer seres superiores a las plantas y a los animales, para ello eligieron barro, los hombres así creados eran frágiles se lavaban con el agua y se caían, pero tuvieron el don de la palabra, su voz era armoniosa pero como guacamaya no entendían lo que decían y no conocieron el sentido de la palabra, los dioses frustrados los dejaron en la tierra en tanto otro hombre superior era creado.

Ahora echaron mano de la Ceiba, grande y fuerte de cuya madera tallaron las estatuas que parecían verdadera gente, eran tiesos y rígidos si caían no se levantaban, pero así procrearon hijo que como ellos dieron muestra de no tener sentimientos y desagradecidos nunca supieron que estaban en la tierra por voluntad de los dioses y no les adoraron, no tenían raíces y por eso deambulaban y sin saber su origen no sabían hacia donde iban. Su voz era hueca sin sentido, no sabían el sentido de la palabra, por ello perecieron por una lluvia de cenizas, el cielo se oscureció y un diluvio los desapareció.

El tercer hombre creado ahora fue de Maíz, las características de la vida la insuflaron en la masa con los que crearon su carne y sus huesos de carrizo, estos hombres eran inteligentes, entendieron de los dioses las cosas y la palabra, con ella se expresaron y pudieron conocer la nada y el todo así entendieron la realidad que los rodeaba, a pesar de la tierra estaba en tinieblas pudieron anticipar lo que no había nacido ni revelado, los dioses se dieron cuenta de que una raza así sería provechosa, cuidaría de las plantas, recogerás sus frutos, sembrar y cosechar para honrar a los dioses, cuatro hombres como los puntos del cielo fueron creados solamente: Balam Quitzé, Balam Acab, Iquí Balam y Mahuacutah, ellos fueron los abuelos de todos los hombres y agradecieron a los dioses el que les dieran la existencia, dijeron sabemos lo que sabemos y somos lo que somos, caminamos y hablamos, conocemos lo que está dentro y fuera de nosotros gracias a ustedes entendemos donde descansan las cuatro esquinas del mundo.

Los dioses se intranquilizaron al ver todo lo que habían dado al hombre y le limitaron sus facultades, sus sueños, así cuando amaneció los cuatro abuelos eran como la gente, pero nunca como dioses, estos le dieron al hombre al sexo femenino que nació una noche junto a ellos desnudas hermosas con piel de flor, aroma de agua fresca y sabor a miel, las cuatro parejas engendraron nuevos seres que empezaron a poblar la tierra (Abreu, 2014).

Así cuentan los mayas en una versión pasada por el tamiz de la religión de los conquistadores su origen y el de las cosas. Este mito de creación dio unidad al pueblo Maya que se extendió desde Centroamérica hasta los pantanos de Tabasco, por toda la península yucateca y las selvas chiapanecas, su origen es mítico basado en un pensamiento fantástico que alude a las fuerzas desconocidas y supremas la creación, un pensamiento mágico del estado teológico de la vida del hombre.

3.3.2 El estado metafísico

De la metafísica, transición hacia la ciencia positiva, al respecto Bueno (1995) lo ubica dentro de la evolución de sociedad en un segundo lugar, la ciencia según esto no es algo ajeno a la sociedad por ello ha respondido a las necesidades de ésta, sin que se descalifique alguna de ellas por su tiempo y sociedad de origen, sino que se articula como un genoma heredado que se enriquece y depura.

La metafísica es aquella que se basa en principios y enunciados, si bien tiene una raíz especulativa integra con ella para arrojar ideas al frente de la razón, construyendo enunciados lógicos y buscando su validez a partir de los principios que lo sustentan.

En el caso de la Biología existen varios autores que desarrollaron sus ideas bajo esos principios. Además, tienen la influencia de los *philosophes*, un grupo de intelectuales que, enarbolando la razón y el pensamiento contra la religión y la imposición por principio de autoridad propia de la monarquía absoluta, los iluministas propusieron que la ciencia era el camino para comprender el mundo y abrir la razón dando paso a la ilustración.

Una de las tareas que decidieron emprender en este grupo fue la compilación de todo el saber del hombre en la enciclopedia, editarla y ponerla al alcance de todos, pues para disipar las tinieblas del oscurantismo y la ignorancia era necesaria la luz de la ciencia y del conocimiento, el iluminismo. El movimiento surgió en el siglo XVII y aún tuvo influencia en el siglo XIX, su principal foco de origen y desarrollo fue Francia, aunque se extendió a Europa, en esta ambiente crece Lamarck.

Jean Baptiste Pierre Antoine de Monet Caballero de Lamarck es todo un personaje en la Biología ya que vulgariza el término de Biología como ciencia, para él es:

Una de las tres divisiones de la ciencia terrestre: incluye todo lo que pertenece a los cuerpos vivos y particularmente a su organización, sus procesos de desarrollo, la complejidad estructural que resulta por la acción prolongada de los movimientos vitales, la tendencia a crear órganos especiales y a aislarlos enfocando la actividad en un centro y así sucesivamente... (Coleman, 1983, p 10).

Su definición separa la Biología de la Historia natural, que era vista como pasatiempo de gente acomodada y distracción en la corte, pero también la aleja de la fisiología y anatomía del hombre que atiende la medicina. La fisiología celular y la homeostasis nacen como ejes de la nueva ciencia desde las investigaciones médicas, pero era necesario un eje paradigmático para la Biología en sí, esta fue la teoría de la evolución, dará sentido a la Biología de los botánicos y de los zoólogos, así como de los geólogos y paleontólogos en un todo unificado.

Lamarck tuvo la protección de Georges Louis Leclerc, conde de Buffon, fue un naturalista francés que no participó de la Enciclopedia, pero parte de su obra aparece ahí, fue guardián de los jardines del Rey, desde donde aportó a la botánica, él relaciona a la botánica y zoología con la geología a la que dividió por periodos introduciendo la noción de evolución de la tierra, pensamiento en que coincidía con Pierre Simón Laplace sobre el universo.

Su profesor fue Bernard de Jussieu un investigador de la naturaleza que se le recuerda por ubicar a las ballenas como mamíferos y no como pez, trabajó aspectos de botánica que le valieron ser guardián de los jardines del Rey, los cuales reorganizó según su división de 64 órdenes. Su

influencia sobre Lamarck se refleja el interés de éste en la botánica, su publicación ‘Flora francesa’ la cual fue auspiciada por Buffon y emplea una clave dicotómica.

Lamarck fue alumno y protegido de dos guardianes de los jardines del Rey, ambos afines a la monarquía del rey Sol y sus sucesores, Luis XV y XVI, a fines del siglo XVIII ahora él trabaja en los herbarios del rey en sus jardines, a la caída de la monarquía durante la Revolución francesa es desposeído de su título nobiliario y relegado a los cursos de Zoología, una área que no había trabajado, la de los animales sin esqueleto en el ahora Museo de Historia Natural de Francia, un castigo por sus ideas monárquicas (Schussheim, 1996).

Lamarck es un hombre del siglo XVIII que se alarga en su influencia hacia el siglo XIX, su pensamiento está dominado por la idea de Hobbes de la existencia de la monarquía como una forma gobierno que justifica la protección y derecho divino, sin embargo, en su tiempo los contractualistas como Voltaire dieron un sentido diferente a esa noción de gobierno a partir de la división de poderes y el contrato social. Lamarck niega el pensamiento religioso, pero pareciera que estuvo en su caso como en el de algunos en forma de deísmo.

El racionalismo, el iusnaturalismo, las jerarquías inamovibles, la escala natural, un mundo ordenado son aspectos que la teoría de Lamarck retoma de manera impensada pues es parte de su cultura. Jean Baptiste es el primer hombre de ciencia que articula lo que su predecesor Buffon había visualizado, la botánica, la zoología, la paleontología en tanto que acude por formación e ideología a las ideas fijistas de Linneo con una isla del Edén y tantas especies en la actualidad como Dios creó, una sistemática basada en orden jerárquico (Llorente, 1990).

A pesar de estar relegado de su área de conocimiento, la Botánica, y ser encerrado en los animales sin vértebras logró realizar un estudio sistemático de estos *phyla* organizándose en un gran grupo, los invertebrados, para esto se ayuda de los fósiles y logra desarrollar una teoría formal sobre la evolución sin recurrir a procesos sobrenaturales. Su teoría fue postulada en 1809 en su Filosofía Zoológica, y es bifactorial, incluye dos conjuntos de ideas opuestas entre sí: el primer conjunto entorno y adaptación (Gould 2004).

Sus tesis principales son las relaciones que se dan entre el organismo y su entorno, cómo se adapta el organismo a él, Lamarck no creía en la extinción, sino que cambiaban la misma especie en el tiempo en un tipo de especiación anagenésica, por cambios morfológicos. En consecuencia, el ambiente cambia, si no se adapta el organismo muere, los linajes no se extinguen, el ambiente cambia continua y gradualmente, si las formas y funciones se ajustan a las características del entorno entonces se da la adaptación.

Lamarck cree que primero cambia el entorno los cambios externos producen necesidades y los organismos responden a ellos, esto presiona para que cambie el organismo. Es una respuesta de tipo funcionalista que explica la creación de una nueva estructura, la cual desarrolla una función—forma, él habla de cambios de entorno, esto provoca cambios en los hábitos, costumbres de los organismos y esto hace un cambio en la morfología de los seres vivos; si hay cambio de entorno, hay cambio de hábitos y por lo tanto cambio de morfologías, este proceso va de corto a medio a largo plazo respectivamente.

Lamarck habla de que el traspaso de hábitos modificados hacia la descendencia es una ‘herencia blanda’, incluye dos procesos; el uso y desuso de los órganos y la herencia de los caracteres adquiridos, su aporte en el uso y desuso es influencia de su profesor Bernard de Jussieu y es lo que se denomina revolución lamarckiana. Considera la herencia blanda como la base de su marco teórico, la función hace al órgano a partir de la ley de uso y desuso con herencia de caracteres adquiridos, es crucial la base de la herencia, porque un entorno alterado promoverá un cambio de hábito y esto un cambio de estructura y función.

No son los órganos es decir la naturaleza de las partes del cuerpo de un animal, lo que da lugar a su hábitos y facultades especiales, por el contrario, sus hábitos modelan su modo de vida, por ello no cualquier cambio del entorno dará un cambio de estructuras, los seres vivos no reflejan el cambio directo del entorno sobre el organismo, así el entorno no obra ninguna modificación directa en la forma de organización de los animales (Llorente, 1990).

Si hay un cambio en el entorno hay un cambio de sus hábitos, pero hay un paso intermedio, se deben de altera las necesidades a cubrir del organismo, el cambio de entorno altera las necesidades

y esto altera las actividades, eso tenderá a un cambio de hábitos para acomodar esto último a largo plazo, un cambio morfológico se dará a largo plazo siguiendo los procesos señalados, es una respuesta a una necesidad sentida (Gould, 2004).

El diseña un orden taxonómico que refleja una perfección creciente, en la que el hombre es el ser superior perfecto, el modelo lineal lamarckiano tiene en la parte inferior de la escala evolutiva a los seres más simples que progresan hacia la perfección del hombre. Los seres más inferiores son los monos, formas primordiales pequeñas, blandas e indiferenciadas, este paso de peldaños se da por la fuerza complejizadora, una tendencia natural a ascender a mayor complejidad de los organismos, cada escalón es ocupado por un organismo y este al ascender lo deja vacante y será ocupado por seres más simples, en tanto que hacia arriba se incrementa la complejidad y se llegará hasta el hombre, una escala natural.

Para que opere este esquema lineal vertical era necesaria la generación espontánea, que promoviera la creación de mónadas¹⁷ de manera continua, la fuerza complejizadora residía en el movimiento de fluidos y su inevitable tendencia a excavar canales y bolsas, a medida que el movimiento de los fluidos se acelera, éstos derivarían en diferenciación de órganos, los cuales generarán cambios en los organismos y aumentan la división del trabajo de sus partes.

Para Lamarck existen dos tipos de fuerzas que operan en distintas direcciones. Son opuestas, una fuerza primaria y dominante la marcha del progreso tiende a ordenar los organismos de una manera simple y racional de acuerdo con una perfección creciente hasta la perfección y una fuerza secundaria perturbadora que desbarata el orden, empujando los linajes individuales por desviaciones laterales de la senda principal, la adaptación (Coleman, 1983).

Una evolución lineal o tendencia principal hacia la perfección delimitan los taxones superiores, las desviaciones particulares de la tendencia principal y las adaptaciones establecen las relaciones entre los taxones más pequeños, la fuerza del progreso produce los patrones naturales a gran escala,

¹⁷ Según Lamarck, define mónadas como las formas de vida más simples que surgen por la generación espontánea y que dan inicio al proceso de complejización hasta alcanzar el nivel más perfecto (Gould, 2004)

por ende, las fuerzas de adaptación son secundarias, disruptivas y subsidiarias, secuestran linajes inferiores individuales y los desvía de la secuencia principal construyendo canales laterales.

De ahí que se exprese que la teoría de Lamarck sea teleológica, tiene una finalidad que es el logro de la perfección, ésta y la adaptación explican los taxones superiores e inferiores, es gradualista, los procesos naturales no ocurren de forma catastrófica, es continua sin saltos, de ahí que quepa la tesis de que no se acepta la idea de la extinción, de ruptura de *phyla*, apela al argumento de que todas las especies fósiles, tal vez aún estuvieran vivas en algún otro sitio en la actualidad. Estas dos fuerzas evolutivas, una primaria dominante que hace que los organismos tiendan a la perfección –complejidad– y otra secundaria perturbadora que aleja a los individuos del camino principal adaptándose a situaciones ambientales particulares –taxonomía– son los contrarios que dinamizan su teoría de la evolución.

La teoría de la evolución de Lamarck es relevante en todo sentido, es ejemplo de una transición de la forma de pensar del siglo XVIII al XIX, de la especulación a la prueba positiva, de los principios y enunciados lógicos a la observación y evidencia concreta. Es la primera teoría como tal de la evolución de los seres vivos, si bien permeada por su pensar jerárquico monárquico, donde el Rey es perfecto reflejo de Dios y los seres simples de la sociedad seres imperfectos que necesitan de su protección, si bien niega la teología en su teoría, la forma en que se da la tendencia a la perfección, a la complejización de la especie se percibe como un ente teleológico intencionado, son difíciles de separar de una fuerza no natural (Gould, 2004).

Lamarck es hombre de su tiempo, vive tiempos de cambio y revolución, su teoría de la evolución es todo un hito que da el sillar a la ciencia naciente, la Biología que deja la historia natural como una de las partes del trabajo de campo de la nueva ciencia y se articulará con la fisiología celular, la homeostasis y finalmente la genética ya entrada el siglo XX.

Se ha cuestionado si la teoría de la evolución de Lamarck es una teoría primero, y segundo si está en el ámbito de la Biología evolutiva. Primero, es una teoría porque choca frontalmente contra las explicaciones de la perfección de los seres vivos de corte sobrenatural y a partir de principios –de

los cuatro anteriormente mencionados–, genera sus enunciados, él hace que se reconozca el hecho de la evolución como objeto científico de estudio.

Lamarck teje una red de supuestos que son: predictivos, nos dice qué sucederá con las especies, no se contradicen entre sí, tiene coherencia interna aún en aspectos tan bizarros como la vida actual de las especies fósiles. Tiene una consistencia externa, pues no se contraponen a los estudios de geología y el cambio de la tierra, una teoría preexistente estable. Su pensamiento tiene un poder unificador, pues sus postulados se extienden a otras disciplinas que articula, como la botánica, la zoología y la geología, y además logra explicar de manera abundante su implementación en más de un hecho (Llorente, 1990; Duschl, 1996).

Segundo, que sea del ámbito de la Biología evolutiva, la similitud con otras teorías de la evolución se da por el cambio de los seres vivos, no son estáticos y responden al entorno, donde se separa de las demás es en su mecanismo, pero no en su objeto y el hecho de estudio, el cambio de los seres vivos en el tiempo a corto, mediano y largo plazo (Llorente, 1990).

3.3.3 El estado científico o positivo: Darwin y la selección natural

Gustavo Bueno (1995) refiere que la ciencia del siglo XVIII y sobre todo del XIX es disciplinar, en esto coincide con Wallerstein (2006), en que las universidades crecen en la profundidad de sus conocimientos al fortalecer las disciplinas, una de ellas la Biología.

La ciencia del siglo XIX es positiva pues se basa en el método y en el experimento, para el caso de la Biología se pasa de una ciencia descriptiva a una interpretativa apoyada en el laboratorio con sus paradigmas de teoría celular y homeostasis por un lado y por otro con un enfoque histórico en el caso de Biología evolutiva y biogeográfico en el trabajo de campo.

La base de esta ruptura entre el estado metafísico dominado principalmente por los filósofos naturales y el científico está en lo que Wallerstein denomina divorcio de la filosofía y la ciencia, esta última se ocupa del estudio de la verdad ‘positiva’, en tanto que la filosofía se ocupará del estudio de lo bueno y lo bello. En las Ciencias Naturales se dio esta ruptura, en tanto que esta se

conservó aún en parte del siglo XX en las ciencias sociales, en este entorno es en el que se da la teoría de la evolución de Darwin.

Darwin a diferencia de Lamarck siempre fue de posición acomodada, su vida y posesiones eran seguras así como su patrimonio, su abuelo paterno fue Erasmo Darwin, médico y naturalista escribió un libro sobre sus ideas evolucionistas, donde decía que las especies no eran constantes – Zoonomía, escrito en verso–, su abuelo materno Josiah Wedgwood, tenía una exitosa fábrica de loza fina era amigo de Erasmo y ambos miembros de la sociedad lunar un sitio donde se hablaba de ciencia, en medicina tecnología, eran los lunáticos.

En ese ambiente crece su padre el médico Charles Robert Darwin, Darwin descende de un linaje de médicos, hay que recordar que la medicina era la puerta de entrada para el estudio de la ciencia natural, pues se seguía la tradición de conocer la botánica de las droguerías, su esposa era hija del rico alfarero Josiah Wedgwood, su prima, su primo, hermano de su esposa fue quien convenció a su padre para que Charles Darwin se embarcó como naturalista en el Beagle, fue un aficionado a las Ciencias Naturales pero por tradición familiar estudia medicina.

El viaje del Beagle es una expedición para ampliar la Commonwealth y el conocimiento de mejores rutas para el comercio del imperio británico, por regla de etiqueta y disciplina el Capitán de un barco de la reina siempre era un personaje de la aristocracia, y no podía intimar con miembros de la tripulación, para hacer menos solitario el viaje se acostumbraba que en la tripulación viajaba un médico y un naturalista de clase acomodada quien pagaba su viaje y a la vez que hacía vida común con el capitán, cumplía con sus funciones en el caso de Darwin de coleccionar especímenes para su estudio (Sánchez y Ruiz, 2006).

El Viaje del Beagle, la nave donde embarcó Darwin está reflejado en un libro escrito por él publicado en 1839, aunque el capitán Fitz-Roy escribió otro, relata todas las desventuras del viaje de un rico hombre de bien hecho a la mar durante casi cinco años, tres de los cuales pasó explorando en tierra y el tiempo restante en la mar, algo que odiaba Darwin por el estado de mareo constante que le acompañó.

En ese diario, porque el libro del viaje del Beagle es el diario de viaje de Darwin, se puede observar cómo desarrolla su sentido de observación, la implementación de sus conocimientos de geología fruto de la lectura del texto de Charles Lyell y de su experiencia propia, de su formación para preparar especímenes para su conservación y embalaje, así como sus amplios conocimientos de paleontología, botánica y zoología, ahí estuvo el germen de la teoría de la evolución (Darwin, 2011).

Darwin en 1859 publica el libro del origen de las especies por medio de la selección natural, el libro es un compendio de los mecanismos de la evolución con ejemplos. Ahí explica como los seres vivos cambian junto con el planeta a lo largo del tiempo, señala que las especies son variables, los fósiles representan especies que se extinguieron y su estratificación indica el tiempo relativo de su existencia. Las especies conocidas han surgido en distintas épocas de la historia del planeta. Las similitudes y diferencias entre especies son buenos indicadores de sus relaciones filogenéticas de parentesco (Darwin, 2010).

La teoría de la evolución de Darwin es muy extensa, según él su mecanismo fundamental pero no único es la selección natural, que actuando sobre cada organismo individual lenta y gradualmente a lo largo de mucho tiempo forma las nuevas especies (Darwin, 2008).

También sostiene que todas las especies muestran un exceso de fecundidad, que los recursos son limitados y por eso el número de individuos de una población tiende a estabilizarse, lo que implica que hay una lucha por la supervivencia, su referente es Thomas Malthus. La descendencia muestra variaciones respecto de sus padres, por ende, hay un mecanismo que elige al más apto. A partir de ello Darwin elabora la idea de cómo es que esas especies se adaptaron –teoría del hecho– y con qué mecanismo (Sánchez y Ruiz, 2006).

Llega a la conclusión de que las especies no fueron creadas por un Dios de forma independiente, éstas cambian de manera natural por medio de la selección natural principalmente. En ella, el ambiente selecciona una reproducción diferencial y no todos los organismos dejan la misma cantidad de descendientes, si los recursos son limitados tendrán mejor calificación aquellos que tengan mejores condiciones para ese sitio y momento.

Este es un proceso lento y gradual con pequeños cambios a lo largo del tiempo que originan una nueva especie, los cambios micro evolutivos que se trasladan a cambios macroevolutivos que crean grandes taxones.

Por ende, la selección natural es creativa, es un proceso creativo que crea sujetos más aptos, más variabilidad, ésta crea fenotipos más aptos mediante la selección de generación tras generación de los individuos más adaptados a partir de un cúmulo de variaciones espontáneas intraespecífica producidas al azar y fijadas en el medio por selección.

La evolución tendrá dos procesos, uno aleatorio la generación de variabilidad intraespecífica y uno dirigida, la confrontación de esa variabilidad al medio, donde actúa la selección natural. Este es un concepto anti teleológico, pues no hay determinismo ambiental. Las variaciones heredables son abundantes, la variación no tiene dirección, pero la selección sí que implica adaptación y reproducción diferencial, sin embargo, Darwin ratifica la teoría del uso y desuso, explica la herencia y en particular la de los caracteres adquiridos (Sánchez y Ruiz, 2006).

La unidad de selección es el individuo, pero los cambios graduales se dan en las especies por medio de la selección natural a lo largo de un tiempo muy prolongado que desemboca en la separación de los linajes. De ahí que para Darwin la especie no existe como una división natural, será sólo el nombre que le damos a un conjunto de individuos que agrupamos arbitrariamente con un criterio morfológico o reproductivo.

La teoría de la evolución parte de un principio que la evolución existe, esta es gradual y continua, opera por dos fases, una azarosa la variabilidad de intraespecífica y otra dirigida, el mecanismo de selección natural que promueve una reproducción diferencial de esa variabilidad contrastada con el medio, genera una adaptación, los cambios graduales dan lugar a la creación de nuevas especies de forma constante, todas emparentadas entre sí pero algunas más cercanamente, existe una comunidad de descendencia que se ramifica con el paso de miles de generaciones, por ello no se podrán encontrar similitudes marcadas entre la especie de origen y la especie actual como revela el registro fósil.

La teoría de la evolución de Darwin por selección natural coincide en tiempo con la misma de Alfred Russell Wallace, un investigador notable de la Biogeografía, a la que ayudó a crear como disciplina, sus aportes como la línea de Wallace, que divide la región Australiana de la Indo malaya, implican un poder de observación y capacidad de articular a su trabajo de campo un fondo teórico extraordinario.

Es por ello por lo que sus trabajos en el Amazonas y la región antes referida desprende su teoría de la evolución por medio de la selección natural, de manera paralela a la que construyó Darwin, su escrito enviado a un experto en esto, Charles Darwin fue presentado al mismo tiempo que el de su lector en la Sociedad Linneana de Londres (González, 2010).

En 1858, el 17 de junio Charles Lyell presenta los documentos a la sociedad diciendo que tratan la misma cuestión a saber, las leyes que afectan a la producción de razas y especies, el momento cumbre de Wallace, él toda su vida fue un técnico, un recolector de especímenes que vendía a coleccionistas, de su trabajo dependía su ingreso, aun siendo reconocido por sus aportes a la ciencia por los miles de especímenes recolectados que derivaron en al menos mil nuevas especies, no fue reconocido dentro del círculo de los científicos de alcurnia ingleses sino hasta que Darwin lo consideró su par y abogó para que se le otorgara una pensión con la cual pudiera vivir y realizar sus estudios. En justicia por la presentación simultánea de la teoría de la evolución por selección natural a esta teoría se le ha llamado de Darwin-Wallace.

3.3.4 El estado positivo recargado: la teoría sintética

La ciencia del siglo XX, según Wallerstein (2009) ya no sólo se satisface dentro de las disciplinas que han profundizado en el conocimiento de la naturaleza y ha dado bases para la explosión tecnológica de la sociedad, ahora la ciencia busca la articulación entre las partes, así se crean híbridos que a la larga darían lugar a nuevas disciplinas, pero sobre todo a una idea de ciencia compleja primero multidisciplinar.

Durante la primera mitad del siglo XX, se ataca y deja de lado al positivismo como una corriente sociológica, la influencia que tiene sobre la ciencia es abordado por el círculo de Viena, durante el

primer tercio del siglo lo reorientan o bien trazan en nuevas rutas sobre el progreso científico y la forma de hacer conocimiento.

Una de las líneas que se desprende de este círculo es el positivismo lógico que se basa en la validez del método científico sólo a partir de lo empírico y verificable, desestima reglas generales creadas a partir de observaciones particulares, de ahí que la probabilidad juegue un papel crucial (Hacking, 1996).

La probabilidad tiene su asiento en la estadística y en los matemáticos que modelan diseños descriptivos, explicativos e inferenciales de los eventos de estudio, sobre todo de los fenómenos naturales y sociales. La estadística no da certezas, sino probabilidades de eventos según la tendencia, la vista hacia atrás que reflejan sus datos particulares. Esta ciencia matemática se funde a principios del siglo XX con la Biología a partir de los descubrimientos de las leyes de Mendel, creando así la base de la genética de poblaciones.

La estabilización de la teoría de la evolución por medio de la selección natural dentro de la cultura popular era un trabajo arduo en el que Wallace y Huxley entre otros abrieron frentes tanto en Europa como en América, Wallace mismo anuncia el darwinismo una forma evolucionista de pensar que modifica no sólo la Biología sino a la sociedad misma.

El darwinismo es confrontado a principios de siglo XX por los hallazgos de la genética pues un punto débil de las teorías de la evolución existentes eran los mecanismos de la herencia. Los mutacionistas como T. Morgan, Punnett y De Vries, este uno de los redescubridores de las leyes de Mendel, proponen que el mecanismo de la evolución se asienta en la mutación, por ende, la selección natural sería deletérea (Pedroche, 2009).

Este debate entre el darwinismo y el mutacionismo abrió el camino hacia la inserción de las matemáticas en la Biología, matemáticos como Fischer, Haldane, Wright aportan en la construcción de la probabilidad dentro de los procesos biológicos aunando los trabajos de Dobzhansky genetista que dice que un conocimiento en Biología sin el referente de la teoría de la evolución es impensable, para él la evolución puede entenderse como un cambio de frecuencias génicas en una población.

Por su parte, la taxonomía se debatía entre la operación de reglas concretas para la identificación y los criterios para la clasificación, el esquema linneano era el común basado en la fenética, Ernest Mayr, zoólogo propone una taxonomía más coherente que dejara el esencialismo de los fenotipos y se centrara en ellos como producto de la genealogía, propone una taxonomía evolutiva, se suma B. Rensch ambos alemanes por cierto que discuten y aportan sobre la especiación alopátrica.

La influencia de la genética y su distribución probabilística en la selección natural es el campo de estudio de G. Stebbins, botánico y genetista que da coherencia a la evolución de las plantas bajo las leyes de la genética y la selección natural, si bien Darwin da ejemplos abundantes de cambio de las plantas en su libro sobre el origen de las especies, Stebbins los articula de forma comprensiva en la evolución de las plantas.

En cuanto a la geología y paleontología, en el siglo XIX Ch. Lyell confronta al catastrofismo de Cuvier, pues él era partidario de cambios geológicos graduales y cíclicos, sin embargo, estos no eran espirales lo que daba como resultado inmovilidad de especies, una modalidad de creacionismo recurrente. El uniformitarismo asume que los procesos que se dieron en el pasado son los mismos que se pueden observar en el presente, un fijismo con vistas al pasado a través del presente (Sánchez y Ruiz, 2006). Era necesaria una visión evolucionista de la geología y la paleontología.

En la primera mitad del siglo XX, G. Simpson argumenta que el gradualismo y el tiempo del registro fósil respaldan el mecanismo de selección natural de la teoría de la evolución de Darwin, este autor articula hallazgos de genética y el uso de las matemáticas para ofrecer nuevas perspectivas en el estudio de la geología y paleontología, propone que la temporalidad geológica que incide en el cambio evolutivo se puede dividir en ‘tiempo’, la tasa de cambio de un carácter y ‘*mode*’ –la manera o patrón de cambio– siendo la frecuencia de onda de tiempo factor en éste. Así transforma la noción de paleontología, de un productor de evidencias a un generador de explicaciones (AMNH, 2009).

Como se ha visto la teoría sintética de la evolución también conocida como neodarwinismo combina la teoría de la evolución de Darwin con las genética mendeliana y relaciona la evolución, genética y matemáticas con la paleontología, la sistemática y la genética de forma multidisciplinar.

La base fuerte de la teoría sintética son la genética y las matemáticas por ello en su lenguaje alude frecuentemente a estos campos, aporta que la evolución Intraespecífica resulta de la interacción entre la variación genética que se origina en la recombinación de alelos y las mutaciones, y la selección natural –microevolución– para desplegarse en las interacciones interespecífica –macro evolución–.

Esta síntesis dominó el siglo XX, pero a partir de 1960 aparecieron aportes en Biología evolutiva que no encajan en ellas como el reloj molecular de Kimura, el equilibrio puntuado de Gould, la epigénesis o el retorno a la importancia del ambiente en el desarrollo embriológico –evo-devo– entre otros hallazgos, eso muestra que la teoría de la evolución está viva y en constante cambio.

3.4 La familia de modelos teóricos de evolución biológica

En esta sección se hace una caracterización de los Modelos Teóricos de Evolución Biológica (MTEB), con la finalidad de construir una herramienta analítica que permita conocer los MTEB del profesorado de biología de secundaria, puesto que para este trabajo es fundamental elaborar un sistema categorial básico detallado de los elementos estructurales de los MTEB con el que se consiguió analizar los principales modelos de la teoría evolutiva y su correspondencia con los de los docentes.

Un modelo ontogenéticamente evoluciona en el sujeto que lo construye, pero históricamente la forma en que se representa y concibe a un fenómeno, objeto de estudio, también evoluciona y forma un linaje de modelos, una familia de modelos (Tamayo y Sanmartí, 2007), al respecto González-Galli (2010) menciona que:

... La Biología evolutiva pretende dar cuenta de un amplio conjunto de fenómenos, para la cual recurre a un diverso arsenal de modelos teóricos. Desde la perspectiva epistemológica, se puede pensar que una teoría es un conjunto de modelos, es decir, de abstracciones creadas por los científicos para dar cuenta de ciertos aspectos del mundo (Giere, 1992), así se ve a la teoría evolutiva como una familia de modelos (p.227).

Para dar cuenta de ello, se considera relevante dar a conocer el proceso y el resultado en la construcción del Modelo Teórico de Evolución Biológica (MTEB). En este punto se detalla cómo se integran los elementos teóricos desarrollados previamente de forma quizá pragmática, para

construir un aparato analítico que permita pasar de la cognición y epistemología de las teorías, como un conjunto de enunciados (Giere, 1992) a una de modelos, basada en signos y significados (Oh & Oh, 2011; Adúriz-Bravo, 2012).

Se inicia diciendo que la Biología evolutiva estudia las teorías que explican y ayudan a comprender los cambios de los seres vivos y sus linajes en el tiempo, así como su distribución espacial, todo desde una visión historicista (Ruiz y Ayala, 2002; Ruiz, 2013), el conjunto de modelos teóricos de la evolución forma una familia de estas que como entes emparentados tienen similitudes, pero también diferencias.

No forman una escala natural del pensamiento del hombre de las mónadas a los intelectos actuales, son hitos del pensamiento que se construyeron en un tiempo y sociedad que las condiciona, de ahí las influencias que denotan. En un ejercicio comparativo, se puede observar estas similitudes y diferencias de tres teorías¹⁸; la de Lamarck, la de Darwin-Wallace y la Sintética, con la finalidad de conocer sus caracteres que las hermanan y los que les dan particularidad.

En primer lugar, se mencionan las similitudes, entre ellas se puede decir que las tres:

- Aportan a que la Biología además de ser una ciencia descriptiva transite hacia una interpretativa en incluso inferencial con un método y enfoque historicista.
- Sostienen que la evolución es gradual y constante
- Son anti teológicas, la evolución es un mecanismo natural que puede ser explicado usando la razón.
- Parten de que una de las propiedades más típicas de los seres vivos es su capacidad de adaptación, no se puede entender sin su ambiente circundante
- En diferentes lenguajes dicen que las *taxa* superiores se originan por acumulación prolongada y secuencial de diferencias pequeñas.

¹⁸ Cabe mencionar que debido a que los profesores de biología de secundaria tienen como referente y recurren a los libros de texto aprobados por la SEP, éstos están elaborados bajo los mandatos del currículo oficial, en ellos aparecen las tres teorías mencionadas en ese orden de ahí que, para ser pertinente con el nivel educativo, es que se eligieron estas tres teorías, no fue decisión propia fue una condición de la población con que se realizó la investigación.

A continuación, se enmarcan las diferencias de las teorías de la evolución biológica de los siglos XVIII, XIX y XX respectivamente.

Teoría de la evolución de Lamarck

El individuo es la unidad de cambio y la especie de evolución, los organismos tienen tendencia natural a la perfección –hacia el hombre–, existe una fuerza que impele a los seres vivos a ser más complejos, además existe la generación espontánea para las mónadas, en donde la adaptación es un requisito para la vida, o te adaptas o mueres y la intención adaptativa precede a la realización de la adaptación, el ambiente mandata.

Cuando el ambiente cambia produce nuevas necesidades problemas a resolver y los seres vivos responden a esas presiones cambiando sus costumbres el cambio de costumbres se hereda y a la larga produce un cambio en la morfología –Herencia de caracteres adquiridos–, por lo que los caracteres adquiridos se heredan y se sigue la ley de uso y desuso.

La evolución es lineal anagenésica, existe una dimensión vertical –tiempo– de cambio, la selección natural es destructiva establece un límite y actúa después de producido el cambio.

Teoría de la evolución de Darwin-Wallace

El individuo es la unidad de cambio y la población la de evolución, no hay un diseño perfecto los organismos son como han sido modelados por la selección natural siempre nacen más individuos de los que pueden sobrevivir, los descendientes no son todos iguales son variables las diferencias entre individuos hacen que unos sean más exitosos que otros en distintos ambientes y distintos tiempos –reproducción diferencial–.

La variación –intraespecífica– es la materia prima sobre la que actúa la selección natural: no hay ninguna intención adaptativa, así como la adaptación es una consecuencia de la selección. Se sigue la ley de uso y desuso y los caracteres adquiridos se heredan, la selección es creativa, modela a los organismos a partir de la variabilidad natural dando por resultados pequeñas ventajas en términos de supervivencia y reproducción.

Existe una dimensión vertical –tiempo– y una horizontal –geográfica–, la evolución es espiral progresiva, ramificada filogenética, los cambios de taxones pequeños –microevolución– responden a las mismas fuerzas que la de los grandes taxones –macroevolución–.

Teoría Sintética

El cambio evolutivo es un proceso poblacional, el individuo es la unidad de cambio en donde las poblaciones naturales son entes genéticamente variados y pueden evolucionar rápidamente cuando las condiciones ambientales cambian, así como las poblaciones de especies en lugares geográficamente diferentes difieren en características que tienen sustento genético.

Las variaciones hereditarias están basadas en partículas –genes– que pasan entre generaciones, las partículas hereditarias –genes– mutan comúnmente a una tasa baja, se establece que el fenotipo es diferente al genotipo y donde los caracteres adquiridos no se heredan

La selección natural puede promover pequeña o grandes diferencias entre especies y puede generar nuevos fenotipos

La especiación es el origen de dos o más especies a partir de un solo ancestro, así como la mutación, recombinación y selección natural operan principalmente de manera Intraespecífica –microevolución– y explican la creación de especies nuevas –macroevolución–.

Elaboración propia

La lógica del modelo se puede construir partiendo de sus elementos estructurales expresándose en un orden o sintaxis propia.

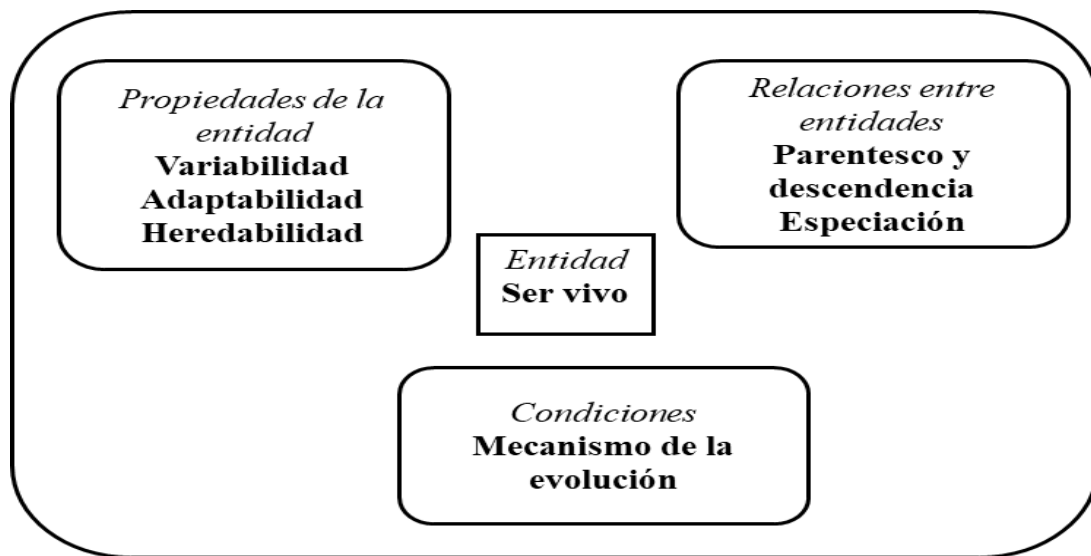
3.4.1 Elementos estructurales del MTEB

Con base en el concepto de modelo conformado por entidades con sus propiedades, relaciones entre entidades y condiciones, se procedió a identificar en la literatura especializada de la Evolución Biológica los ‘*elementos estructurales comunes mínimos*’ de ‘todo’ Modelo Teórico sobre Evolución Biológica (MTEB)¹⁹, por lo que en este documento se refieren los siguientes:

¹⁹ Cabe mencionar que estudiar de manera profunda cada uno de los elementos que la conforman sería una tesis, otro aspecto que es relevante señalar es que los elementos aquí presentes son de manera general y por cultura tiene que saber la población no especializada (Ruiz y Ayala, 2002), además se puede decir que están presentes en los libros de texto elaborados con base en la petición oficial.

- Una *entidad* a los seres vivos sobre los que actúa el medio –la unidad de cambio y la unidad evolutiva–.
- Emergen tres *propiedades de la entidad* que se le asignan a dichas entidades tales como: variabilidad, adaptabilidad –intencionalidad–, heredabilidad.
- Se obtienen dos *relaciones entre entidades* son: la especiación y la forma en que se construye la descendencia y parentesco.
- Por último, están lo que se llaman *condiciones* que son las formas en que operan dichas relaciones es: el mecanismo, efecto y continuidad.

Como resultado se obtuvo una matriz genérica con siete categorías (ver Figura 10).



Elaboración propia

Figura 10. Elementos estructurales del MTEB –Matriz genérica–

Con esta estructura se asume que se pueden inferir otros modelos teóricos, sin que la similitud con algún modelo preexistente sea un criterio de validez, sino que permitirá ubicarlo según sus características propias, valorando su particularidad, por lo que se realizó una descripción de cada uno de sus elementos estructurales (ver Tabla 15).

Tabla 15. Descripción de los elementos estructurales del Modelo Teórico de Evolución Biológica

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
<i>Entidad</i>	Ser vivo	Los seres vivos evolucionan y cambian al incrementarse sus unidades de organización y niveles de complejidad
<i>Propiedades de la entidad</i>	Variabilidad	Capacidad que tienen los seres vivos de presentar alternativas de un mismo carácter
	Adaptabilidad	Capacidad que tienen los seres vivos para responder a las presiones del medio
	Heredabilidad	Capacidad que tienen los seres vivos para transmitir sus caracteres
<i>Relaciones entre entidades</i>	Parentesco y descendencia	Lazos o vínculos de linaje que se tienen entre los seres vivos o unidades evolutivas, así como el producto de la reproducción de las generaciones progenitoras
	Especiación	Origen de nuevas especies —a partir de las ya existentes—
<i>Condiciones del modelo</i>	Mecanismo de la evolución	Diversidad de procesos que se encuentran a través de la evolución biológica en la que se produce cierto efecto y continuidad

Elaboración propia

A continuación, se presentan cada uno de los MTEB desde la perspectiva de los autores de referencia para este trabajo.

3.4.2 MTEB desde la perspectiva de Lamarck

La evolución de los seres vivos es entendida como la transformación de los organismos, lo cual implica el cambio de sus estructuras y comportamiento para su adaptación al medio mediante el uso y desuso de sus órganos y la herencia de los caracteres adquiridos. La transformación es lineal, va de los organismos más simples a los más complejos, la ordenación se da en una secuencia única en series continuas con una tendencia a la perfección; la evolución se da de generación en generación.

Los individuos cambian físicamente durante su vida para adaptarse al medio al que habitan, por lo que los organismos adquieren caracteres que no tenían sus progenitores, estos caracteres

adquiridos se transmiten por herencia biológica a sus descendientes, por lo tanto, la sucesión de cambios adaptativos muestra una tendencia hacia la complejidad y perfección (ver Tabla 16).

Tabla 16. Modelo teórico de evolución biológica de Lamarck

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
<i>Entidad</i>	Ser vivo	Organismo: Un ejemplar de una especie
<i>Propiedades de la Entidad</i>	Variabilidad	No existe
	Adaptabilidad	Intencionalidad/ dirigida: La fuerza interna que tienen los organismos para satisfacer sus necesidades biológicas y sus acciones en un ambiente; si el ambiente cambia ellos también se ven impulsados a modificar; hay un acomodamiento al ambiente
	Heredabilidad	Caracteres adquiridos: Los caracteres adquiridos o perdidos por los organismos a lo largo de su vida, y que son transmitidos a sus descendientes.
<i>Relaciones entre entidades</i>	Parentesco y descendencia	Lineal –ancestro único para cada linaje –: Es lineal, va de los organismos más simples a los complejos, la ordenación de los seres vivos se da en una secuencia única, en series continuas con una tendencia a la perfección.
	Especiación	Organismo/especie –anagénesis –: El punto inicial de cada linaje es un evento de generación espontánea distinto, se transforma linealmente de una especie a otra
<i>Condiciones del modelo</i>	Mecanismo de la evolución	Tendencia intrínseca –Secundarios –: Uso y desuso y Herencia de los caracteres adquiridos: Es el cambio de las estructuras y comportamiento del organismo por su adaptación al medio, mediante el uso y desuso de sus órganos y la herencia de los caracteres adquiridos

Elaboración propia

3.4.3 MTEB desde la perspectiva de Darwin-Wallace

Teoría propuesta por Charles Darwin ya que en su libro *El origen de las especies* propuso la idea de la evolución, la cual según él se producía por selección natural. La teoría de la evolución por selección natural se puede resumir en los siguientes puntos: La evolución de los seres vivos es entendida como la confrontación de los individuos de una población a las condiciones del medio la cual determina quién se reproduce o no –selección natural– y a las variaciones aleatorias –azar– de la misma; todas las especies pasadas y presentes provienen de una especie original, por lo tanto tienen una historia común y una misma tendencia evolutiva ; la evolución es gradual y continua en incontables generaciones (ver Tabla 17).

Tabla 17. Modelo teórico de evolución biológica de Darwin

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
<i>Entidad</i>	Ser vivo	Población –Cambio en la frecuencia de los organismos –: Conjunto de organismos de la misma especie que coexisten en un espacio y tiempo
<i>Propiedades de la entidad</i>	Variabilidad	Intrínseca/azar: Las variaciones aleatorias –azar– que ocurren entre los organismos de una misma población, todas son heredables
	Adaptabilidad	Sin intencionalidad –origen de la variación –: La capacidad intrínseca de los organismos de una población para responder a las condiciones cambiantes del medio, con cierta intencionalidad
	Heredabilidad	Caracteres espontáneos: Sólo se pueden heredar las variaciones espontáneas de los caracteres, y dichas variaciones sólo pueden ser seleccionados por los individuos dentro de una población
<i>Relaciones entre entidades</i>	Parentesco y descendencia	Ramificada –ancestro común –: Es ramificada puesto que a partir de un ancestro común todas las especies tienen antepasados comunes con otras especies, las especies tienen una historia común y una misma tendencia evolutiva
	Especiación	Especie –filogénesis y cladogénesis –: El punto inicial es el ancestro común que divergen en nuevas especies
<i>Condiciones del modelo</i>	Mecanismo de la evolución	Selección natural –además de los mecanismos secundarios –: Es la confrontación de los individuos de una población a las condiciones del medio quien determinara quien se reproduce o no.

Elaboración propia

3.4.4 MTEB desde la perspectiva Sintética

La evolución de los seres vivos es entendida como el proceso de reproducción diferencial que modifica las frecuencias alélicas de un pool genético de los organismos de una población, enriqueciendo y diversificando éste para responder a las presiones del medio –selección natural– a partir de un genotipo ancestral se originan varias especies emparentadas entre sí, así a partir de un pool genético original se dan las relaciones de linaje entre varias especies el cambio en los genes es constante, por mutaciones y flujo génico tanto horizontal como vertical a través de las generaciones.

La evolución tiene muchos aciertos, pero una gran falencia: no explica cómo se transmiten las variaciones heredables. La respuesta estaba en la genética, pero los trabajos de Mendel recién se conocieron en el siglo XX. Los genetistas lograron dar respuesta a los requerimientos de los seguidores de Darwin sólo cuando dejaron de pensar en términos de organismos y genotipos individuales y comenzaron a pensar en términos de poblaciones y alelos, esto dio origen a la teoría sintética de la evolución, a la cual se integraron otros avances de las ciencias.

Se denomina Teoría Sintética porque es una síntesis de los planteamientos de Darwin y de Mendel a la luz de los avances de la genética de poblaciones, la sistemática evolutiva, la Biología molecular y la paleontología, acuñando el nombre de Teoría Sintética o Síntesis Moderna de la Evolución, siendo sus máximos exponentes J.B.S. Aldane, Th. Dobzhansky, E. Mayr, G.G. Simpson y J. Huxley (ver Tabla 18).

Tabla 18. Modelo teórico de evolución biológica: Sintética

ELEMENTOS ESTRUCTURALES	CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN
<i>Entidad</i>	Ser vivo	Población –Cambio en la frecuencia de los alelos –: Unidades de almacenamiento y transmisión de información de la herencia
<i>Propiedades de la entidad</i>	Variabilidad	Intrínseca –mutaciones genéticas –: Las mutaciones del material genético y sus cambios son aleatorias
	Adaptabilidad	Sin intencionalidad: La capacidad intrínseca de los genotipos que responden favorablemente a las presiones del medio
	Heredabilidad	Mutaciones: Los cambios en las frecuencias alélicas en los genotipos producto de su reproducción diferencial que se dan en la población y son transmitidas a la misma
<i>Relaciones entre entidades</i>	Parentesco y descendencia	Ramificada –ancestro común –: Es ramificada puesto que a partir de un pool genético original se dan las relaciones de linaje creadas entre varias especies
	Especiación	Poblaciones/Pool genético –filogénesis –: El punto inicial de las nuevas especies es a partir de la fragmentación de un pool genético común en dos o más especies que se dan por cambios progresivos en las frecuencias alélicas
<i>Condiciones</i>	Mecanismo de la evolución	Selección natural: Es la reproducción selectiva de los genotipos mejor adaptados a un medio determinado, Deriva Génica Es un proceso de cambio aleatorio en la frecuencia de alelos de un a población a través de las generaciones

Elaboración propia

Después de analizar los principales modelos: de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética, dio como resultado la construcción de una matriz especializada que permite hacer la comparación de los elementos estructurales de la familia del MTEB (ver Tabla 19).

Tabla 19. Elementos estructurales de los principales MTEB -Matriz especializada-

MTEB		Lamarck	Darwin – Wallace	Sintética
Elementos estructurales				
<i>Entidad</i>	Ser vivo	Organismo	Población	Población
		Un ejemplar de una especie	Cambio en la frecuencia de los organismos	Cambio en la frecuencia de los alelos
<i>Propiedad de la Entidad</i>	Variabilidad	No existe	Intrínseca/azar	Intrínseca mutaciones genéticas
	Adaptabilidad	Intencionalidad/ dirigida	Sin intencionalidad origen de la variación	Sin intencionalidad
	Heredabilidad	Caracteres adquiridos	Caracteres espontáneos	Mutaciones
<i>Relaciones</i>	Parentesco y descendencia	Lineal ancestro único para cada linaje	Ramificada ancestro común	Ramificada ancestro común
	Especiación	Organismo/especie e anagénesis	Especie filogénesis y cladogénesis	Poblaciones/Pool genético filogénesis
<i>Condiciones</i>	Mecanismo de la evolución	Tendencia intrínseca Secundarios: Uso y desuso y Herencia de los caracteres adquiridos	Selección natural secundarios: efecto y continuidad	Selección natural Deriva Génica

Elaboración propia

Como se puede notar la matriz descriptiva para cada uno de los MTEB en ella se pueden observar los elementos comunes y los diferentes, esto da cuenta del enfoque histórico de la familia del MTEB –la de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética– a lo que da coherencia y rigor a la comparación que se realiza. Al identificar los elementos estructurales de cada MTEB se puede determinar sus diferencias y similitudes descriptivas que da origen al sistema categorial, el cual posteriormente se utilizó como herramienta analítica especializada para identificar el MTEB que todo profesor de Biología, especialista o no en el tema tiene que conocer (Ruiz y Ayala, 2002; Ruiz 2013).

3.5 El sistema categorial y la herramienta analítica sobre el Modelo Teórico de Evolución Biológica (MTEB)

Desde la separación de aspectos de cada teoría en un análisis más detallado, se pueden determinar estas similitudes y diferencias a partir de una matriz de tres variables –MTEB de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética–, y cuatro parámetros subdivididos que son los elementos estructurales del MTEB –entidad, propiedades relaciones y condiciones–, que en su conjunto la conforman 11 categorías, esto se debe a que después de revisar la literatura especializada, el sistema categorial se enriquece con cuatro más, que son: en la entidad de ser vivo se hace un desglose más detallado al incorporar la unidad de cambio que es el individuo y que la unidad evolutiva es la especie o la población por ejemplo; a las propiedades se agrega la intencionalidad, y a las condiciones dos más que son efecto y continuidad (ver Tabla 20).

Tabla 20. Variables vs parámetros del Modelo Teórico sobre la Evolución Biológica

MTEB		Lamarck	Darwin – Wallace	Sintética
Elementos estructurales				
<i>Entidad</i>	(Ser vivo) Unidad de cambio	individuo	Individuo	Individuo
	Unidad evolutiva	Especie	Población	Población
<i>Propiedades</i>	Variabilidad	funcional–adaptativa	intraespecífica azarosa	intraespecífica azarosa por mutación
	Adaptabilidad	ambiente ↓ adaptación	Adaptación ↓ fenotipo ambiente	adaptación ↓ genotipo ambiente
	Heredabilidad	caracteres adquiridos se heredan	caracteres adquiridos se heredan	caracteres adquiridos no se heredan
	Intencionalidad	teleológica ↓ perfección	no teleológica	no teleológica
<i>Relaciones</i>	Especiación	ausente	creación de especies	creación de especies
	Parentesco y descendencia	lineal anagénesis	ramificada, cladogénesis	ramificada, cladogénesis
<i>Condiciones</i>	Mecanismo	bifactorial: entorno–adaptación y complejización–progreso	selección natural	selección natural
	Efecto	deletérea negativa	constructiva positiva	constructiva positiva
	Continuidad	gradual	Gradual	Gradual

Elaboración propia

Con la finalidad de trascender el cuadro conceptual y convertirlo en un instrumento operativo para los propósitos de este trabajo, se emplea de forma práctica al comparar los MTEB de Lamarck, Darwin–Wallace y Sintética, con los elementos estructurales disgregados, para armar una matriz comparativa en la que se pueden observar los elementos similares y los diferentes –evidenciando el enfoque histórico de la familia de MTEB de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética-, dando coherencia y rigor a la comparación que se efectúa, pues se realiza bajo rubros comunes.

En esta matriz, se señala de forma gráfica con un + y valor de 1, cuando los modelos teóricos coinciden con un elemento estructural y, un – y valor de 0, cuando no hay coincidencia entre ellos. (ver Tabla 21)

Tabla 21. Matriz de similitudes y diferencias entre los MTEB (Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética)

MTEB Elementos estructurales		Lamarck	L vs DW	Darwin- Wallace	DW vs S	Sintética	L vs S
Entidad	(Ser vivo) Unidad de cambio	+	1	+	1	+	1
	Unidad evolutiva	–	0	+	1	+	0
Propiedad	Variabilidad	–	0	–	0	–	0
	Adaptabilidad	–	0	–	0	–	0
	Heredabilidad	+	1	+	0	–	0
	Intencionalidad	–	0	+	1	+	0
Relaciones	Especiación	–	0	+	1	+	0
	Parentesco y descendencia	–	0	+	1	+	0
Condiciones	Mecanismo	–	0	+	1	+	0
	Efecto	–	0	+	1	+	0
	Continuidad	+	1	+	1	+	1
Similitudes			3/11 27%		8/11 73%		2/11 18%

Elaboración propia

Se percibe en la Tabla 20 que hay pocas similitudes entre los tres MTEB, estos coinciden en la Entidad –unidad de cambio– y Condición –continuidad-gradualismo–, en todo los demás son diferentes. Se aprecia la similitud entre los MTEB de Darwin-Wallace y la Sintética en un 73%

pues coinciden en 8 de 11 componentes. En tanto que las similitudes de los MTEB de Darwin-Wallace y Sintética con el de Lamarck es de 27% y 18% respectivamente, valores muy bajos.

El instrumento de similitudes y diferencias se emplea de izquierda a derecha, tomando en cada fila un elemento estructural, en tanto que cada columna sombreada es un modelo. Las dos primeras columnas de la izquierda son los elementos, las columnas sombreadas son los modelos sobre evolución, las columnas claras son los comparativos entre los modelos.

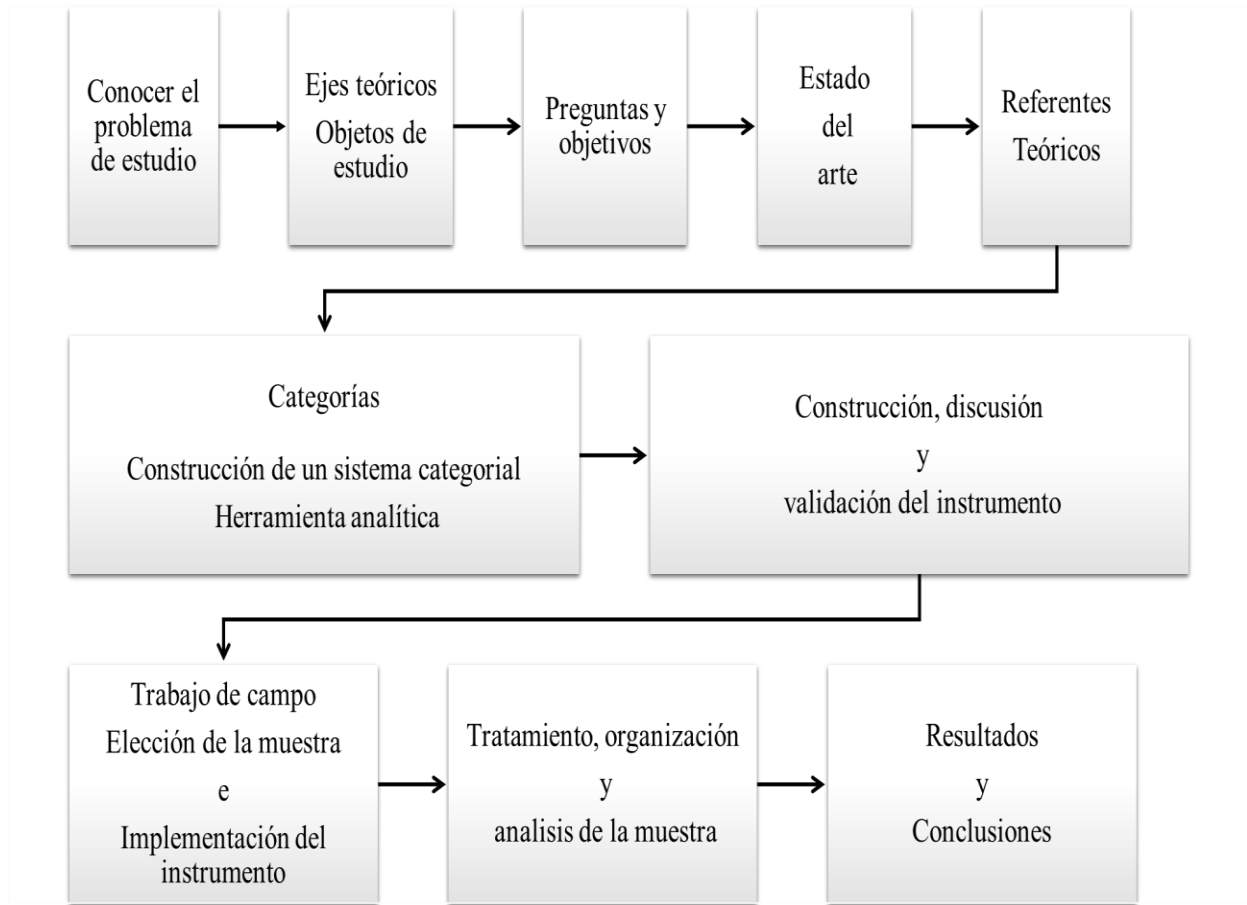
Este ejercicio de comparación de MTEB permite entender que cada modelo es propio, diferente, pero forma parte de una familia en el ámbito de la Biología evolutiva, es decir la constante en los tres es el pensamiento evolucionista. Y como se puede observar esquemáticamente, se sintetizan aspectos de las tres teorías y, se aprecia visualmente, el grado de similitud entre sí, es decir: MTEB de Lamarck vs Darwin-Wallace, Lamarck vs Sintética y Darwin-Wallace vs Sintética.

Esta matriz, se constituye un instrumento para identificar *Similitudes y Diferencias entre los MTEB (Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética)* y será un aparato que posteriormente se usará en el análisis de similitudes de los MTEB del Profesor con los MTEB de referencia.

4. TRAZANDO EL CAMINO METODOLÓGICO

Los procesos de enseñanza y aprendizaje de la ciencia y los diferentes actores que en ella actúan, se encuentran inmersos en las diferentes líneas de investigación propias del campo de estudio de Educación en Ciencias los cuales pasaron por un todo un proceso metodológico, que van desde la búsqueda de información y la recolección de datos para analizarlos, los cuales se reportan y comunican para construir conocimiento. Con este referente en este apartado se presenta la forma que se procedió en esta investigación para dar respuesta a los planteamientos propuestos y el logro de los objetivos.

Con el fin de mostrar el camino transitado a lo largo de esta investigación, a continuación, se presenta la ruta metodológica seguida durante todo el trayecto y que se describirán en los apartados de este capítulo (ver Figura 11).



Elaboración propia

Figura 11. Ruta metodológica

4.1 Los referentes teóricos de carácter metodológico

Para iniciar este apartado se hace referencia a dos términos que están presentes durante el proceso de indagación: la metodología y el método, se entiende a la primera como la forma lógica, ordenada, coherente y sistemática que se emplea para desarrollar un proceso de investigación. El segundo hace referencia a la forma de proceder, éste siempre estará subordinado al objeto de estudio, estableciendo una relación de pertinencia (Bisquerra, 1989).

Aunado a que una investigación –que se origina por ideas– no se limita a un método, sino que la necesidad de tener un acercamiento a la realidad que habrá de investigarse promueve el uso de todos los elementos que se tengan a la mano, por ello el proceso metodológico cobra importancia.

Wallerstein (2006) señala al respecto que emplear una sola forma de acceder al objeto, reduce la riqueza de la información que se puede obtener de él, cayendo en un reduccionismo producto del método, en contraste que, al emplear una amplia diversidad de recursos, se obtendrá más información sobre el mismo objeto.

Desde el trabajo clásico de Durkheim –*El suicidio* (1982)–, se hace uso constante de elementos de naturaleza cuantitativa como el empleo de las estadísticas del suicidio y sus gráficas correspondientes, y cualitativa al hacer uso de las condiciones sociales de las personas como unidades de análisis. En casos como la indagación sobre el sistema educativo francés en donde Bourdieu y Passeron (1979) en su obra *La reproducción*, emplean métodos mixtos articulados –cuantitativos y cualitativos–. No es fácil encontrar en dicho texto esa división porque toda la base empírica sirve a los supuestos como elemento de trabajo, por ello es hasta el libro dos donde este apoyo se refleja en tablas y gráficas sobre la relación capital cultural vs éxito del estudiante en su paso por la escuela.

Así pues, esta investigación metodológicamente denominada de tipo mixto, de acuerdo con Creswell (2014) y Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2014), se basó en un Diseño Explicativo Secuencial, el cual:

Se caracteriza por una primera etapa en la cual se recaban y analizan datos cuantitativos, seguida de otra donde se recogen y evalúan datos cualitativos. La mezcla mixta ocurre cuando los resultados cuantitativos iniciales informan a la recolección de los datos cualitativos. Cabe señalar que la segunda fase se construye sobre los resultados de la primera (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014, p. 554).

Es por ello que este trabajo se planteó desde el paradigma de investigación denominado por Ernest (1995) ‘interpretativo o constructivista’ el cual, él menciona que también ha sido llamado ‘Paradigma de Investigación Alternativo’, que se caracteriza por una visión epistemológica constructivista, en la que hay una visión ‘no absolutista del conocimiento’ y por ende de lo que se trata el proceso de investigación es de construir interpretaciones, es decir de tener una explicación comprensiva del objeto de estudio (Bisquerra, 1989).

En este caso, explicar comprensivamente los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de Biología de la educación secundaria, a partir de una aproximación metodológica mixta –cuantitativa y cualitativa–, puesto que el interés radica en describir dando sentido a las ideas expresadas por el profesorado y, de explicar comprensivamente su discurso.

4.2 Los objetivos de la investigación

En el marco de las líneas de investigación sobre formación docente y modelos que se desarrollan en el Campo de Educación en Ciencias y, a partir de la disciplina de la biología evolutiva, en el primer capítulo se plantearon las preguntas de investigación, posteriormente una vez establecidas las aristas del objeto de estudio –ejes teóricos– se trazaron los objetivos que guían esta investigación, los cuales se presentan a continuación:

- *Identificar los perfiles de formación profesional del profesor de Biología de educación secundaria.*
- *Caracterizar el Modelo teórico sobre evolución biológica, para identificar los elementos estructurales ‘mínimos’ que puede tener.*
- *Caracterizar los modelos históricos sobre evolución biológica con los que se identifican los profesores de Biología de la educación secundaria.*

- *Describir la posible relación que se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional.*

En términos metodológicos es importante ver la articulación entre las aristas teóricas del objeto de estudio, las preguntas de indagación y los objetivos, lo cual se presenta en la siguiente tabla (ver Tabla 22).

Tabla 22. Ejes teóricos, preguntas y objetivos de investigación

ARISTAS DEL OBJETO DE ESTUDIO	PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS
Ejes Teóricos		
FORMACION PROFESIONAL DEL PROFESOR (Inicial)	¿Cuáles son los perfiles de formación profesional de los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?	Identificar los perfiles de formación profesional del profesor de Biología de educación secundaria.
PERFIL DE FORMACIÓN		
MODELO TEÓRICO	¿Cuáles son los elementos estructurales mínimos del modelo teórico sobre evolución biológica?	Caracterizar el Modelo teórico sobre evolución biológica, para identificar los elementos estructurales ‘mínimos’ que puede tener.
EVOLUCION BIOLOGICA	¿Con qué modelo histórico sobre evolución biológica se identifican los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?	Caracterizar los modelos históricos sobre evolución biológica con los que se identifican los profesores de Biología de la educación secundaria.
PERFIL DE FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PROFESOR	¿Qué relación se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional?	Describir la posible relación que se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional.
MODELO TEÓRICO SOBRE EVOLUCIÓN BIOLÓGICA		

Elaboración propia

4.3 El diseño y la validación del instrumento para la recolección de la información

Para iniciar, cabe mencionar que los instrumentos que se han empleado tradicionalmente para conocer las ideas del profesorado sobre evolución biológica corresponden fundamentalmente a cuestionarios y situaciones con rangos de respuestas esperadas, aceptadas como válidas, al contrastarlas por similitud con la teoría de la evolución moderna –darwinista–.

Además, los resultados obtenidos con dichos instrumentos plantean que el alumnado y el profesorado tienen un pensamiento enmarcado en algún MTEB, pero lo hacen de manera general, sin identificar con detalle los elementos –entidades con sus propiedades, relaciones o condiciones– del MTEB que pueden o no compartir los sujetos.

Se puede suponer que al utilizar instrumentos similares se obtienen resultados similares, lo que planteó la necesidad de construir un instrumento diferente y dio la oportunidad de que el profesorado se expresara más libremente al no sentirse cuestionado, ni evaluado.

Lo siguiente tiene la finalidad de documentar y presentar el diseño y la validación del cuestionario que permitió caracterizar a la población a la que se le implementó, así como identificar el MTEB del profesorado para este segundo aspecto se construyó a partir de la herramienta categorial construida con anterioridad.

4.3.1 El diseño del cuestionario

El cuestionario es un instrumento que permite el acceso a la información y la obtención de datos está conformado por una serie de cuestionamientos que están redactados de forma coherente y organizados, tener una secuencia y estructura definida por las categorías determinadas con antelación con el fin de lograr los objetivos de la investigación.

Las categorías que se tomaron en cuenta para que para este caso, ver Tabla 23:

Tabla 23. Elementos necesarios para el acceso a la información

Acceso a la información	Categorías
Perfil de Formación Profesional Docente	Formación Profesional Perfil profesional
Modelo Teórico sobre Evolución Biológica (MTEB)	Entidad <i>Ser vivo</i> Propiedades de la entidad <i>Variabilidad</i> <i>Adaptabilidad</i> <i>Heredabilidad</i> Relaciones entre las entidades <i>Especiación</i> <i>Parentesco y descendencia</i> Condiciones <i>Mecanismos de la evolución:</i>

Elaboración propia

El cuestionario estuvo integrado por dos apartados:

- *Parte A:* La finalidad es recuperar la información para caracterizar la muestra y conocer el *Perfil de Formación Profesional Docente*, como son: datos generales, formación profesional, perfil de formación.
- *Parte B:* Tiene la intención de obtener información sobre *los Modelos Teóricos de Evolución Biológica (MTEB) con los que se identifican los profesores de Biología de educación secundaria*. Se plantearon siete viñetas– situaciones escolares contextualizadas– que dan cuenta de los siete elementos estructurales del MTEB.

Profundizando en la *parte B*, se puede decir que los trabajos previos sobre acceso a la información de los docentes que enseñan biología en educación secundaria, para conocer sus conocimientos o sus ideas explicativas, han empleado cuestionarios cerrados, de selección múltiple y de situación problema (Martínez y Rodríguez-Pineda, 2019).

El diseño del cuestionario se basó en el modelo de viñetas, donde al docente, se le pudieran presentar viñetas escolares cotidianas dentro del aula de clases, en las salidas de campo o visitas guiadas.

Las viñetas son una técnica de recolección de datos que consiste en una breve historia, una descripción corta de una situación y de personas hipotéticas que simulan la experiencia de la vida real y que contiene la información necesaria para que los entrevistados puedan emitir un juicio o tomar una decisión sobre la situación descrita (Yáñez, Ahumada y Rivas, 2012, p. 10).

Tal como lo plantean Sánchez y Domínguez (2008), “una gran cantidad de estudios han señalado que las viñetas son una técnica muy valiosa para explorar las creencias y significados de las personas en relación con situaciones específicas” (p. 629), de tal manera que el modelo de viñetas será la base para la construcción del cuestionario, pues tiene la virtud de presentar un estilo de cuestionamiento que hace que el docente no se sienta inhibido, además de darle la seguridad que no es una evaluación institucional, ya que no se preguntó sobre lo que sabe sino sobre lo que piensa –más allá de lo que declarativamente sabe–, y permitirá indagar sobre los MTEB del profesorado.

El apartado B formado por siete viñetas o situaciones contextualizadas, relacionadas con cada uno de los elementos estructurales del MTEB, cada una de las tres opciones de respuesta posible que estarán circunscritas a un MTEB: de Lamarck, de Darwin-Wallace o Sintética, tienen una lógica donde no existen respuestas verdaderas, al ponderar el conjunto de respuestas de los profesores, se obtendrán frecuencias, para hacer un análisis cuantitativo.

Se agregó una cuarta opción considerada como ‘otra’ que no fuera la suma o combinación de las tres opciones propuestas, por si el docente no se sentía identificado con las opciones propuestas, además tiene un espacio en el que se le solicitó que argumente la opción elegida, por lo que el instrumento no es un cuestionario más de opción múltiple, además de que con los argumentos se puede validar la elección de la respuesta, esto permitió posteriormente hacer un análisis cualitativo.

A continuación, se presenta a manera de ejemplo una de las situaciones escolares contextualizadas que se diseñaron para el logro de los propósitos de esta investigación. Con esta situación se pretende indagar el elemento estructural ‘las relaciones entre las entidades’ del MTEB, como son

‘Parentesco y descendencia’ las cuales se pueden entender como: lazos o vínculos de linaje que se tienen entre los seres vivos o unidades evolutivas como consecuencia de la reproducción de las generaciones progenitoras.

A partir de esta noción se diseñó la viñeta con sus tres respectivas opciones, relacionadas con los tres MTEB, y se dejó la posibilidad de la cuarta opción:

Viñeta 5:

Raúl intenta explicar a su compañera Elena la historia del hombre desde sus ancestros hasta el actual, pues van a exponer el tema en la clase de Biología. Elena comenta que su mamá dice que sus parientes son los monos. Elena, que se considera una princesa, no concibe que un mono sea su pariente. A lo que Raúl responde: es cierto lo que tu mamá te dice, los monos son tus parientes porque...

- a) El parentesco se da de manera ramificada, los primates incluyendo al hombre tienen un ancestro en común. (*Darwin-Wallace*)
- b) El parentesco es lineal, se da la serie del mono al hombre en una secuencia única. (*Lamarck*)
- c) El parentesco es ramificado ya que a partir de un pool genético se originan los primates ancestrales incluyendo al hombre (*Sintética*).
- d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

El inciso **a)** muestra una aseveración relacionada con el MTEB de Darwin-Wallace, el inciso **b)** es afín con la de Lamarck, mientras que el **c)** con la Sintética, ya que, en la herramienta analítica, para esta relación del MTEB, se planteó:

- *Lamarck*: La genealogía²⁰ es lineal, va de los organismos más simples a los complejos, la ordenación de los seres vivos se da en una secuencia única, en series continuas con una tendencia a la perfección, hay un ancestro para cada linaje. Así el hombre desciende del mono.
- *Darwin-Wallace*: La genealogía es ramificada puesto que a partir de un ancestro común todas las especies tienen antepasados comunes con otras especies, las especies tienen una historia común y una misma tendencia evolutiva, así el hombre no proviene del mono, es un mono más.
- *Sintética*: La genealogía es ramificada puesto que a partir de un pool genético original se dan las relaciones de linaje creadas entre varias especies, el hombre comparte muchos genes con el mono, luego es su pariente.

Con todo ello se puede decir que se construyó un instrumento a partir de una herramienta analítica detallada y completa con los elementos estructurales del MTEB, que se implementó al profesorado para valorar la diversidad de pensamiento sobre el MTEB del docente de secundaria, la versión final pasó por una validación.

4.3.2 De la validación del cuestionario

La validación es una técnica que permite observar la fiabilidad de un instrumento, es importante resaltar que un cuestionario no es un documento terminado, sino que requiere de continuas comprobaciones empíricas, debido a ello no se puede afirmar de manera concluyente que es atemporal y universalmente válida, sino que se puede decir que presenta cierto grado de validez para ciertos usos concretos, determinadas poblaciones y tiempo determinado (Alfaro y Montero, 2013).

De acuerdo con Messick (1989, citado por Soriano, 2014) para la validación de los instrumentos, es decir, para *“recolectar diferentes tipos de evidencias con base al uso y objetivos del*

²⁰ Se dice genealogía al conjunto de ascendientes y progenitores de animal o planta que puede ser representado.

instrumento, entre ellas evidencia del contenido y del constructo” (Soriano, 2014, p. 23), recurrimos al juicio de dos tipos de expertos.

Los primeros, conformado por académicos, cuya especialización y amplia experiencia investigativa relacionada con el tema de esta tesis, podría validar el cuestionario; esta validación la llamamos *‘jueceo de expertos’*. El segundo, conformado por profesores con una amplia experiencia profesional en la enseñanza de la biología en secundaria; esta validación se le denomina *‘valoración en lo educativo’*.

A. Jueceo de expertos

Para el jueceo se construyó un instrumento inspirado en Robles y Rojas (2015), el cual fue diseñado para los propósitos de esta investigación con la finalidad de que el formato garantice que los evaluadores participantes en esta actividad actuarán bajo los mismos criterios en cada uno de los elementos que conforman el cuestionario.

Se eligieron a cuatro especialistas: en la disciplina –Biología evolutiva y su enseñanza– y en Didáctica de las Ciencias –modelos–, con una larga experiencia en investigación en la que tuvieron claro el nivel de profundidad del cuestionario y el contexto, así como los objetivos y posicionamiento teórico de la investigación.

Para el jueceo de expertos, se les proporcionó a los especialistas lo siguiente:

1. El sistema categorial de los MTEB (Anexo I)
2. El cuestionario para su implementación al profesorado de Biología de secundaria (ver Anexo II)
3. El instrumento para jueceo de expertos con los criterios de validación del instrumento (Anexo III)

El instrumento para jueceo de expertos que se empleó está conformado por tres partes, en el primer apartado está presente una contextualización de la investigación en la cual se mencionó: *el tema, los objetivos, los informantes y la estructura del instrumento.*

En el segundo apartado están los criterios de validación, en donde se resaltan los siguientes aspectos que a la letra dice:

- *Valore las tres **partes** que constituyen el instrumento, para comprobar si son pertinentes de acuerdo con el tema y el logro de los objetivos de la investigación*
- *Valore las **situaciones** para comprobar si tienen coherencia y pertinencia con el tema para el logro de los objetivos de la investigación; son claras y precisas en su lenguaje y redacción; tienen una extensión adecuada para su lectura rápida; tienen correspondencia con la respuesta posible.*
- *Valore las **opciones**, para comprobar si tienen coherencia y pertinencia con el tema para el logro de los objetivos de la investigación; son claras y precisas en su lenguaje y redacción; tienen una extensión adecuada para su lectura rápida; tienen correspondencia y se refieren al texto de pregunta de la situación contextualizada.*
- *Observaciones y recomendaciones por parte del evaluador*

En los tres primeros puntos se responde con la escala que muestran un punto de vista, opinión y/o el nivel de acuerdo en donde:

1= Totalmente en desacuerdo,

2=En desacuerdo,

3=Parcialmente de acuerdo,

4= De acuerdo,

5=Completamente de acuerdo.

Se incluye una columna de observaciones para cada uno de los ítems –en lo particular– en la que se añadió el siguiente enunciado: *Si considera necesario hacer alguna modificación, señálelo en la casilla de observaciones.*

Al final del documento se coloca el nombre, fecha de valoración y observaciones y/o comentarios en lo general.

B. Valoración en lo educativo

Para la valoración en lo educativo se recurrió a cuatro profesores con experiencia en impartir la asignatura de Biología en secundaria en donde se les explicó la finalidad del instrumento y se les proporcionó lo siguiente:

1. El cuestionario para su valoración (Anexo II)
2. El instrumento para la valoración del instrumento (Anexo IV)

Con los profesores primero se les solicitó responder el cuestionario, posteriormente se les requirió su opinión con la finalidad de saber si las situaciones escolares contextuadas mostradas tienen coherencia y pertinencia con el tema, son claras, precisas en su lenguaje y redacción, si tienen una extensión adecuada para su lectura rápida, si hay correspondencia con la respuesta posible y por último una pregunta de opinión de acuerdo con su experiencia como docente al respecto del cuestionario (Anexo IV).

Realizar la valoración del cuestionario y usar un instrumento específico diseñado para tal fin permitió establecer un juicio con los resultados de las respuestas otorgadas por los especialistas y de los profesores, se atendieron las observaciones, opiniones y sugerencias para elaborar el definitivo que se implementó al profesorado, toda vez que esto permitió, a su vez realizar un pilotaje y observar la concordancia del cuestionario.

4.4 El trabajo de campo para la recolección de la información

Para planear el trabajo de campo, una vez diseñado y validado el instrumento –cuestionario–, se realizó la elección de la muestra y posteriormente se decidió la forma de implementarlo para obtener la información. Para la elección de la muestra, se tomó como base los datos existentes en

la Coordinación Sectorial de Educación Secundaria²¹ de la Ciudad de México, la cual reporta 574 escuelas secundarias de sostenimiento oficial; en cada una de las escuelas hay en promedio dos profesores que imparten Biología en primer grado –1148 en total–, este fue nuestro referente para la toma de la muestra –información empírica–.

Para realizar un trabajo representativo y confiable se emplearon métodos estadísticos, la muestra fue probabilística aleatoria simple, se calculó tomando la población de docentes de Biología de las 574 escuelas secundarias generales de la Ciudad de México. El tamaño se calculó al 90% de confiabilidad y un error máximo permitido del 5%.²², se arrojó un tamaño de muestra de 173 profesores de Biología de educación secundaria.

Para la implementación se diseñó el cuestionario de forma digital y transferirlo a la red en el formulario de *Google*, con la finalidad de hacer llegar más rápido y con menor tiempo a los docentes, se invitó a los profesores que imparten Biología en secundaria por medio de correo electrónico e invitación personal, con esta implementación de manera masiva fue factible recuperar información precisa, que aportó específicamente a los propósitos de la investigación, el cuestionario estuvo abierto durante dos semanas en la plataforma.

4.5 De la organización y análisis de la información

Para lograr tener una explicación comprensiva o una comprensión explicativa (Bisquerra, 1989) de nuestro objeto de estudio y, con base en el Diseño Explicativo Secuencial (Creswell, 2014 y Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio, 2014), la información recolectada se constituyó en dos tipos de datos: cuantitativos para la descripción y explicación²³, y cualitativos para la comprensión.

²¹ No incluyen las escuelas secundarias de la alcaldía de Iztapalapa de la Ciudad de México.

²² El valor calculado con los datos actuales es de 1148 docentes de Biología, la muestra de trabajo calculada sería 173 profesores, 17% de la población.

²³ Bisquerra (1989) plantea varios criterios de clasificación de los tipos de investigación en educación, de lo cual se derivan los métodos utilizados, así pues ‘según el objetivo’, tenemos métodos descriptivos, explicativos, experimentales y predictivos. Ahora bien, dada la naturaleza de esta investigación, para la organización y análisis de los datos de la primera fase, me base en los de carácter descriptivo y explicativo. El carácter descriptivo, plantea que el objetivo está en describir el fenómeno, utilizando una diversidad de técnicas para recolectar la información necesaria para dar cuenta de él. La información primaria, es esencialmente descriptiva, da cuenta de patrones de comportamiento agrupados en clases. El segundo, que da lugar a la explicación, cuyo objetivo está en explicar el fenómeno, llegar al

Inicialmente la información obtenida se tabuló en Excel para Windows ©, con las variables como columnas y los parámetros como filas para calcular frecuencias absolutas dando paso al cálculo de la frecuencia relativa porcentual, se graficaron por histograma trasladado a gráfico de polígonos de frecuencia.

Con los resultados derivados de las respuestas del cuestionario y los datos obtenidos, se da cuenta de la primera fase para analizar los datos cuantitativos de manera descriptiva y explicativa, ya que se pueden conocer las frecuencias de los perfiles de formación profesional con las categorías correspondientes -con *Formación Inicial como Profesor (FIP)* y *No Formación Inicial como Profesor (NFIP)*-, así como el *perfil afín a la Biología (-B)* o *No a la Biología (-NB)*. Además, se da cuenta de la caracterización de los MTEB de los profesores de Biología de la educación secundaria.

Cabe mencionar que, para convertir un enunciado teórico a los elementos estructurales de un modelo, se puede hacer al contar con un enunciado del profesor en donde se identifican los significados relativos a la ubicación de éstos, se alojan en los espacios respectivos –entidad, propiedades, relaciones, condiciones–, cambiando una expresión escrita a una de modelos, que para ello se llevó a cabo en la segunda fase la cualitativa.

La segunda fase para analizar los datos cualitativos de manera comprensiva se construyó sobre los resultados de la primera, para lo cual se tomó como base el argumento escrito del profesor –el cual se solicitó posterior a la elección de cada uno de los ítems-.

El análisis se realizó destacando en el discurso del argumento escrito por el profesor, las palabras clave –núcleos– que forman parte de los elementos estructurales del MTEB y los de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética. A partir de palabras clave se usa el sentido de lo escrito por el docente, y a partir de ello se esquematizan.

conocimiento de las causas, en donde se pretende llegar a las generalizaciones extensibles más allá de los sujetos analizados.

Para conocer en detalle el MTEB de los profesores de Biología de Secundaria, se empleó el mismo instrumento, partiendo de la certeza de que cada docente en cuestión tendrá un MTEB propio, con similitudes con los MTEB de los autores de referencia, pero particular, así se puede valorar sus similitudes con los modelos de los autores tomando elementos estructurales comunes, pero realmente se obtendrá un modelo propio, por lo que se llevaron a cabo los siguientes pasos:

- Primero se revisó su modelo expresado de manera escrita, esto es el argumento de la elección de su respuesta de cada uno de los ítems, ejemplo:

Los organismos, las especies se adaptan cuando cambia el medio, los cambios los heredan a sus hijos, todos sus hijos tienen la ventaja de sobrevivencia y así se adaptan mejor.

- Segundo, se ubicaron palabras en su texto –ver ejemplo palabras subrayadas–, que refieran a los elementos de nuestra matriz analítica– la cual se denominará así a la tabla.
- Tercero, se situaron las palabras seleccionadas adecuadamente en cada elemento estructural, entidad, propiedad, relaciones y condiciones –columna sombreada–, cambiando una expresión escrita a una de modelos, la nueva organización arroja el MTEB del profesor.
- Cuarto, se comparan éstas con dichos elementos y con los modelos de los autores de referencia –columnas claras de la derecha–.
- Cinco, se valoraron sus similitudes y diferencias con ellos –parte inferior de columnas claras–.

Los pasos del dos al cinco se pueden observar en la Tabla 24.

Tabla 24. Comparación de los elementos estructurales del modelo del profesor con los MTEB de los autores de referencia

MTEB Elementos estructurales		Profesor ejemplo	Lamarck	Darwin- Wallace	Sintética	Similitud
Entidad	(Ser vivo) Unidad de cambio	Organismos	-	-	-	0
	Unidad evolutiva	Especies	+	-	-	1
Propiedad	Variabilidad		-	-	-	0
	Adaptabilidad	Se adaptan mejor Adapta cuando cambia el medio	+	-	-	1
	Heredabilidad	Los cambios de heredan	+	+	-	1
	Intencionalidad	Tienen la ventaja de sobrevivencia	+	-	-	1
Relaciones	Especiación	Sus hijos	+	-	-	1
	Parentesco y descendencia	todos sus hijos	+	-	-	1
Condiciones	Mecanismo		-	-	-	0
	Efecto		-	-	-	0
	Continuidad		-	-	-	0
Similitudes específicas			6/11 54%	1/11 9%	0/11 0%	6/11 54%

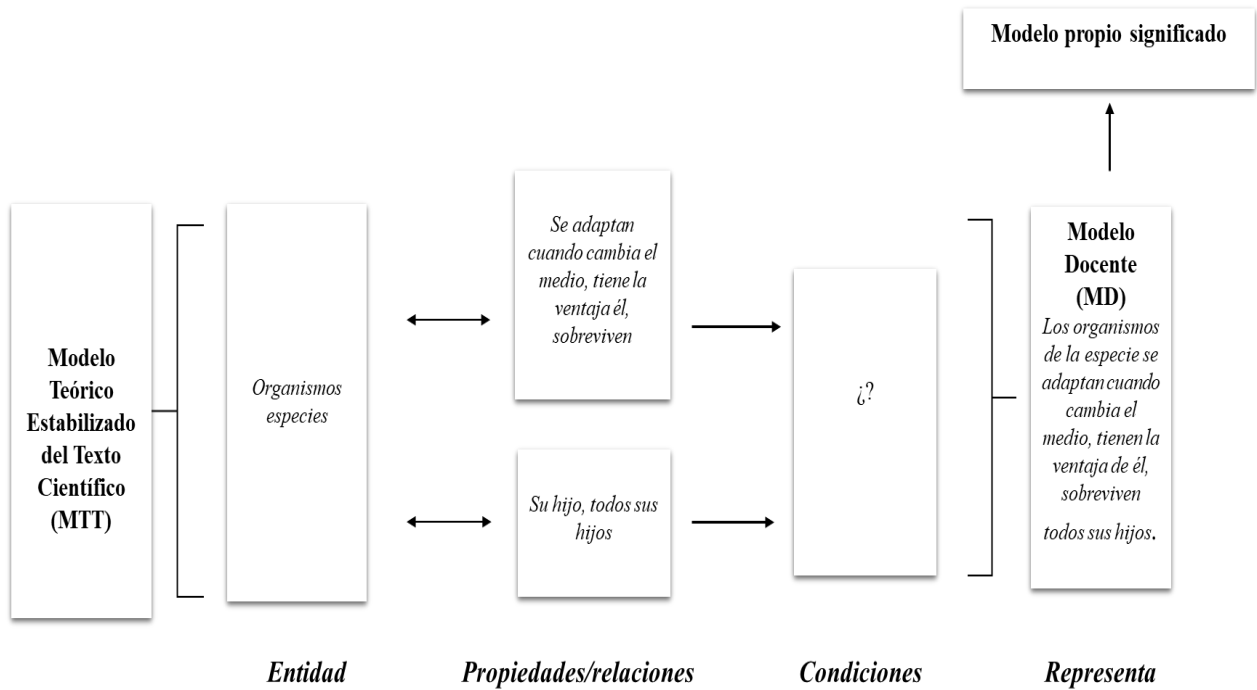
Elaboración propia

- Seis, se ordenó el texto colocado en los espacios de los elementos estructurales siguiendo su orden de escritura, así se obtuvo el modelo del profesor –ver modelo del ejemplo–. Texto del profesor – ejemplo– orden de escritura de modelo, por lo que se hace una reconstrucción del Modelo expresado por el profesor

Los organismos de la especie se adaptan cuando cambia el medio, tienen la ventaja de él, sobreviven todos sus hijos.

- Siete, Al tomar como referencia los elementos estructurales, la complejidad de la trama de su discurso dará idea de su manejo del tema y tendrá además su modelo en dos

representaciones, la textual y la esquemática, ambos regidos por un orden que describe el modelo. se esquematizó este modelo ordenado por elementos estructurales, esto representa el modelo del docente (ver figura 12).



Elaboración propia

Figura 12. Modelo esquematizado del ejemplo del profesor (MD-MTT)

Así, con las respuestas del ejemplo del profesor –columna sombreada Tabla 27– se puede notar similitud específica con dos MTEB, con el de Lamarck en un 54%, y 9% respecto al de Darwin–Wallace, y tiene cero coincidencias con sintética. Por ello se puede decir que el modelo del profesor del ejemplo es propio, tiene similitudes con el de Lamarck y el de Darwin-Wallace, pero está apropiado, tiene características propias que se reflejan en el modelo escrito –Texto en orden del modelo del profesor 1–, ahí se puede ver que en su modelo la adaptación sigue al cambio del medio, –de forma intencionada– esto le da ventajas heredables para que sus hijos sobrevivan. No habla de un mecanismo que lo explique ni su temporalidad.

Posteriormente, la información sobre los perfiles de formación profesional del profesor se correlaciona con los modelos teóricos sobre la teoría de la evolución con los que se identifica el profesorado -formación docente vs modelo teórico del docente sobre la teoría de la evolución-,

para establecer si existe o no relación, entre estas que ahora se designan como variables y así dar cuenta de todos los objetivos propuestos.

A continuación, se presenta la matriz metodológica que permite visualizar de manera integrada los elementos que estuvieron presentes a lo largo de todo el proceso de esta investigación (ver Tabla 25).

Tabla 25. Matriz Metodológica Guía de la Investigación

ARISTAS DEL OBJETO DE ESTUDIO Ejes Teóricos	PREGUNTAS DE INVESTIGACION	OBJETIVOS	REFERENTES TEORICOS		CATEGORÍAS ANALITICAS	METODOLOGIA	ACTIVIDADES	RESULTADOS ESPERADOS
PERFIL DE FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PROFESOR	¿Cuáles son los perfiles de formación profesional de los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?	Identificar los perfiles de formación profesional del profesor de Biología de educación secundaria.	Formación profesional del profesor (Inicial) Perfil de Formación		Formación profesional Disciplina de formación	Cuantitativa de naturaleza descriptiva	Diseñar e implementar un instrumento (Profesores de Biología de educación secundaria)	Dar cuenta de la Formación Profesional: Formación Inicial Profesor (FIP) No Formación Inicial y Profesor (NFIP) Perfil Profesional Afín a la Biología (-B) No afín a la Biología(-NB)
EVOLUCIÓN BIOLÓGICA	¿Cuáles son los elementos estructurales mínimos del modelo teórico sobre evolución biológica?	Caracterizar el Modelo teórico sobre evolución biológica, para identificar sus elementos estructurales 'mínimos' que puede tener.	<i>Desde la disciplina</i> Biología evolutiva	Teoría de Lamarck Teoría de Darwin-Wallace Teoría Sintética	•Ser vivo •Variabilidad •Adaptabilidad (intencionalidad) •Heredabilidad •Parentesco y descendencia, Especiación •Mecanismo de la evolución	Cuantitativa y cualitativa de naturaleza descriptiva y relacional	Diseñar e implementar un instrumento con viñetas contextualizadas (profesores)	Dar cuenta de los MTEB con los que se identifican los profesores de educación secundaria
MODELO TEORICO	¿Con qué modelo histórico sobre evolución biológica se identifican los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?	Caracterizar los modelos históricos sobre evolución biológica con los que se identifican los profesores de Biología de la educación secundaria.	<i>Desde la perspectiva semantista - educación en ciencias-</i> Modelos	Modelo Teórico Modelo teórico de evolución biológica	•Modelo Teórico y sus elementos estructurales (Entidad) Propiedades de las entidades Relaciones entre entidades y Condiciones)			
PERFIL DE FORMACIÓN PROFESIONAL DEL PROFESOR MODELO TEÓRICO TEORÍA DE LA EVOLUCIÓN BIOLÓGICA	¿Qué relación se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional?	Describir la posible relación que se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional.	Perfil de Formación Profesional Modelo Teórico de evolución biológica			Cuantitativa cualitativa de naturaleza descriptiva de carácter relacional	Una vez realizadas las fases de acceso a la información de acuerdo con su nivel de complejidad, realizar los cruces para analizar los datos y discutir sobre los resultados para contestar los supuestos de investigación y en consecuencia llegar a conclusiones	Identificar si existe o no relación con los MTEB de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional

Elaboración propia

***5. LOS MODELOS TEÓRICOS DE
EVOLUCIÓN BIOLÓGICA DEL
PROFESORADO DE SECUNDARIA:
VARIANTES Y CONTRASTES DE ESTA
FAMILIA DE MODELOS***

El propósito de este apartado es presentar de forma ordenada los resultados derivados de los elementos señalados en la metodología, así como su análisis para una mejor comprensión, la información se organizó de acuerdo con la caracterización general de la muestra de profesores que imparten Biología en la escuela secundaria, para después dar cuenta de los MTEB modelos teóricos con los que se identifica el profesorado, para posteriormente presentar su relación entre MTEB y el perfil de formación profesional y, de forma entramada el análisis de los resultados.

5.1 Descripción general de la muestra

La implementación y resolución del instrumento –cuestionario–, por parte del profesorado se hizo de manera masiva a través de la herramienta del formulario de *Google*, con ello fue factible obtener información tanto cuantitativa, como cualitativa.

Se obtuvo respuesta por parte de 215 profesores, se descartaron 57 de ellas, por las siguientes razones: uno de los requisitos para esta investigación, era que quienes contestarán el cuestionario, impartan la asignatura de Biología en secundaria, sin embargo, hubo respuestas que indicaban ciencias, pero no especificaban cuál de ellas –Biología, Física o Química–; otros mencionaron que sólo impartían Física o Química, otros se descartaron ya que los profesores respondieron más de una vez el instrumento, tampoco se tuvieron en cuenta los cuestionarios que tenían datos incompletos. De tal manera, que todos esos casos se separaron y en total quedaron 158²⁴ cuestionarios para el análisis.

Con referencia a la descripción del total de la muestra, conocer quiénes son los profesores que imparten Biología en educación secundaria, en aspectos como: rango de edad, años de servicio, género, asignatura, qué otra asignatura diferente imparte, en qué otro nivel educativo en el que ha trabajado, sí están titulados o no, para efectos informativos la cual se concentra esta información. Es necesario aclarar que no se relacionan las columnas de manera directa, pero si están relacionadas las características y las frecuencias (ver Tabla 26).

²⁴ Los 158 profesores representan una muestra probabilística al 95% de confiabilidad y 10% de error

Tabla 26. Concentrado de la descripción total de los profesores de la muestra

Característica	Frecuencia absoluta		
Tipo de secundaria	General (129)	Particular (16)	Técnica (13)
Género	Femenino (115)	Masculino (43)	
Edad	50 a 65 (37)	30 a 49 (94)	23 a 39 (27)
Años de servicio	0 a 10 (75)	10 a 20 (47)	20 a 30+ (36)
Asignatura	Sólo Biología (62)	Biología + 1 (63)	Biología + 2 (33)
Titulado	Si (143)	No (15)	
Nivelación pedagógica	Si (60)	No (98)	
Experiencia en otro nivel	Sólo Secundaria (61)	Secundaria + 1 Nivel (79)	Secundaria + 2 Nivel (18)

Elaboración propia

Se puede observar que 129 de los docentes de la muestra, que corresponde al 82%, laboran en escuelas secundarias generales, el 10% son de particulares y el 8% pertenecen a técnicas. El 73% de la muestra correspondió al género femenino y, el 27% restante al masculino. En cuanto a la edad, la muestra estuvo en un rango entre los 23 a 65 años, en donde el mayor rango fue entre 30 a 49 años con el 60%, seguido por el de 50 a 65 años con el 23% y el menor con el 17%, fue el rango de 23 a 39 años.

Se tiene una muestra predominantemente femenina el 73% y la muestra se encuentra en un rango de 2 a 34 años de servicio, sin embargo, el 47% tiene menos de 10 años de experiencia docente y al aumentar la antigüedad disminuye su frecuencia, sólo el 22% cuenta con más de 20 años de experiencia.

En cuanto a las asignaturas que imparten, 62 profesores que corresponden al 39% de la muestra total, sólo atiende Biología, mientras que 96, el 61% da más de una asignatura además de ésta, como pueden ser Física y Química, pero no son las únicas además imparten otras como: Educación Física, Historia, Formación Cívica y Ética, Inglés o Español, Tecnología, Matemáticas o Artes.

Respecto a la formación, 143 docentes (91%) están titulados en su carrera profesional y el 9% no cuenta con el título; el 62% no tienen la nivelación pedagógica y el 38% sí. En cuanto experiencia laboral solo el 39%, 61 profesores, ha trabajado únicamente en secundaria, mientras que el 50%,

en otro nivel educativo y el 11% en más de dos, que puede ser desde preescolar hasta educación superior.

Otro aspecto que es importante mencionar es que los 158 profesores, sólo 5 cuentan con especialización, 51 con maestría y únicamente 6 de ellos con doctorado, por lo que el 39% de la muestra corresponde a profesionales que continuaron con estudios de posgrado, en tanto que el 61% cuenta solamente con sus estudios iniciales (ver Tabla 27).

Tabla 27. Frecuencia de profesores que realizaron estudios de posgrado

Posgrado	Frecuencia			%		
	Si	No	Total	Si	No	Total
Especialización	5	153	158	3	97	100
Maestría	51	107	158	32	68	100
Doctorado	6	152	158	4	96	100
Total	62	416		39	61	100

Elaboración propia

Sin embargo, esa continuidad de preparación académica que se da en el 80% de los profesores de la muestra no se refleja específicamente a la materia que imparten en Secundaria –Biología– ya que sólo el 30% del total de docentes ha tomado cursos sobre ella y el 18% lo ha hecho de manera específica en evolución biológica. (ver Tabla 28).

Tabla 28. Frecuencia de profesores que tomaron cursos de formación continua

Cursos	Frecuencia absoluta		Frecuencia relativa %	
	Si	No	Si	No
En los últimos tres años	126	0	80	0
Relacionados con Biología	48	0	30	0
Relacionados con la evolución biológica	29	0	18	0

Elaboración propia

El desarrollo profesional de un docente es dinámico de aquí que se entienda como una serie de procesos sucesivos que llevan al profesor a un crecimiento en los ámbitos –de los conocimientos disciplinares, pedagógicos y el práctico ‘didáctico’– que enriquecen su profesión docente, ya sea

que continúe con su profesionalización tanto en la formación y/o actualización continua (Cuéllar, 2010), por ello la importancia de resaltar los datos de estos procesos de formación.

5.2 Caracterización del Perfil de Formación Profesional del Profesorado de Biología

En lo que respecta a su formación profesional de origen se encontró que 81 docentes del total de la muestra –51%–, realizaron sus estudios en la Normal Superior (NS), institución formadora de docentes de educación secundaria, ahí los profesores tienen un modelo de formación simultánea, algo que en este trabajo se denominan docentes con Formación Inicial como profesores (FIP), es el profesorado en activo que transitaron de Licenciados en la enseñanza de las Ciencias Naturales, a Licenciados en la enseñanza de la Biología, los primeros en su plan de estudio tomaron asignaturas de Biología, Física y Química, por lo que son considerados profesores especialistas en enseñanza en el área y se encuentran en desventaja disciplinar con los segundos (Paz y Martínez, 2017).

Los FIP en sus escuelas de formación priorizan los procesos de formación e información aspectos que además de los disciplinares particulares siempre se antepone la educación para poder promover procesos de enseñanza aprendizaje en su especialidad.

Otros docentes el 49% tuvieron una formación inicial en alguna Universidad o Institución de Educación Superior (IES), ya sea oficial o particular, son especialistas en alguna área del conocimiento que se integran al servicio docente en la educación secundaria, desarrollan un modelo de formación consecutiva, No tienen Formación Inicial como Profesor (NFIP), por ejemplo: Licenciados en Biología, a los que se denominan biólogos.

Los NFIP su prioridad en sus escuelas de estudio básico son los de capacitar, instruir e informar, formándose en su institución, pero en el *habitus* profesional²⁵ de su área de estudio, así su forma

²⁵ Bourdieu y Passeron (1979) definen el *habitus* profesional como el proceso a través del cual el desempeño profesional se interioriza de manera inconsciente en los individuos a nivel de conocimientos y prácticas profesionales.

de trabajo se centra en lo disciplinar. Por lo que en la muestra total el 51% de los docentes son FIP y el 49% son NFIP.

Un elemento que hay que destacar es el término de perfil profesional y el profesigráfico, el primero se refiere a las habilidades, competencias y conocimientos con las que un sujeto egresa de un programa de estudios o formación continua, es su raíz, en tanto que el segundo menciona una petición específica de un puesto laboral que se requiere para cubrir una necesidad específica.

El perfil profesional es académico, dinámico, pues si bien su escuela de formación le da la raíz al sujeto en formación, este se sigue desarrollando en su entorno laboral, en tanto que el perfil profesigráfico es estático producto de una política laboral institucional que demanda una serie de atributos para cumplir una tarea.

En la escuela secundaria esto es relevante pues las plazas de docente se cubren según un profesigrama, un conjunto de atributos que debe de tener un aspirante a docente, en México este lo elabora la contratante –la SEP– y la instancia laboral –el Sindicato –. Los profesores egresados de la NS, escuelas formadoras de docentes para escuela secundaria son la referencia para cubrir en primera instancia los requisitos del profesigrama.

Como se puede observar en la Tabla 29, los 158 profesores se concentraron en tres áreas de perfil profesional disciplinar: el 70.3% dentro de las áreas de Ciencias Naturales, el 23.4% en el área disciplinar de las Ciencias Sociales y el 6.3% en el de las Ingenierías.

El área disciplinar con más perfiles profesionales es el de sociales con 16, le sigue la de naturales con 11 y a la saga queda ingeniería con 6; pero todos imparten Biología lo que habla de cómo los profesores contratados con un profesigrama específico se emplean en la realidad para cubrir las necesidades educativas de la escuela secundaria.

Tabla 29. Distribución de Perfiles de Formación Profesional de los Profesores que imparten Biología por área de formación

Ciencias Naturales	FA	%	Ciencias Sociales	FA	%	Ingeniería	FA	%
Lic. en Enseñanza de la Biología*	42	26.6	Pedagogo**	9	5.7	Ingeniero químico**	4	2.5
Biólogo**	29	18.4	Lic. En enseñanza de las Ciencias sociales*	5	3.2	Ingeniero**	2	1.3
Lic. en enseñanza de las Ciencias Naturales*	24	15.2	Psicólogo**	4	2.5	Ingeniero ambiental**	1	0.6
Lic. en Enseñanza de la Química*	5	3.2	Licenciado en la enseñanza del Español*	4	2.5	Lic. En enseñanza de las Matemáticas*	1	0.6
Cirujano Dentista**	3	1.9	Lic. Educación*	2	1.3	Ingeniero electrónico*	1	0.6
Químico Farmacéutico Biológico**	2	1.3	Inglés**	2	1.3	Ingeniero geólogo**	1	0.6
Veterinario	2	1.3	Lic. en Educación Física*	2	1.3			0.0
Lic. En enseñanza de la Geografía*	1	0.6	Abogado**	1	0.6			0.0
Laboratorista clínico**	1	0.6	Arqueólogo**	1	0.6			0.0
Hidro-biólogo**	1	0.6	Economista**	1	0.6			0.0
Lic. Educación para la salud**	1	0.6	Lic. Interculturalidad**	1	0.6			0.0
		0.0	Lic. Educación Primaria*	1	0.6			0.0
		0.0	Lic. Educación Secundaria*	1	0.6			0.0
		0.0	Lic. Educación Preescolar*	1	0.6			0.0
		0.0	Historia*	1	0.6			0.0
		0.0	Trabajador social**	1	0.6			0.0
Total	111	70.3	Total	37	23.4	Total	10	6.3
Perfiles Total	11	33.3	Perfiles Total	16	48.5	Perfiles Total	6	18.2
(PFP) FIP*	4		(PFP) FIP*	8		(PFP) FIP*	1	
(PFP) NFIP**	7		(PFP) NFP**	8		(PFP) NFP**	5	

Elaboración propia

Por lo tanto, el total de docentes de la muestra se distribuye en 33 perfiles de formación profesional, concentrados en tres de ellos, con un 26.6% están los Licenciados en Enseñanza de la Biología, con un 18.4% los Biólogos y, con un 15.2% los Licenciados en enseñanza de las Ciencias Naturales, que corresponde al 60.2% del total de la muestra. En consecuencia, la muestra en su conjunto tiene alta dominancia y baja diversidad²⁶ distribuyendo el 40% de ella en 30 perfiles. Visto de otra forma, tres perfiles tienen una frecuencia promedio de 30, es decir cada perfil dominante promedia 30 docentes, en tanto que 30 perfiles tienen una frecuencia promedio de dos sujetos. En cuanto a los Perfiles de formación profesional (PFP) 13 son con FIP* y 20 NFIP**.

Con ello se puede observar la formación inicial de los profesores y su perfil profesional dinámico del profesorado que imparte Biología dentro de la escuela secundaria, con esta información se dividió la muestra en cuatro criterios:

- Primero, profesores con formación inicial como profesor y perfil en Ciencias Naturales o afines a la Biología (FIP-B)
- Segundo, profesores que no tienen formación inicial como profesor, pero si tienen estudios en Biología o carrera afín a ella (NFIP-B)
- Tercero, profesores con formación inicial como profesor sin estudios afines a Biología (FIP-NB) y, por último
- Cuarto, profesores sin formación inicial como profesor ni estudios referidos a la Biología, (NFIP-NB).

En la tabla 30 se puede observar el concentrado de la información.

²⁶ Se entiende por equitatividad el grado de igualdad de la distribución de la abundancia de especies en una comunidad, en este caso se asemeja la especie con perfiles. Una equitatividad máxima implicaría que todos los perfiles profesionales tienen el mismo número de sujetos, el índice de diversidad de Simpson arroja $ID = 0.85$, esto quiere decir que hay poca diversidad de perfiles, el inverso de Simpson lo reafirma $1/D = 6.8$. Si $ID = 1$ hay ausencia de diversidad, este valor es cercano a 1 (0.85), hay (muy) poca diversidad, el inverso tiene un valor máximo = al número de especies en este caso perfiles que sería 33, como el valor es 6.8 es un valor bajo de diversidad. Luego tiene alta dominancia (tres perfiles) y baja equitatividad.

Tabla 30. Distribución de porcentajes de la muestra total

Formación Profesional Perfil Disciplinar	FIP	NFIP	Total
-B	63	43	106
-NB	18	34	52
Total	81 51%	77 49%	158 100%

Elaboración propia

Como se puede hacer notar de los 158 docentes, de los cuales 63 son profesores con formación inicial como profesor y perfil en Ciencias Naturales o afines a la Biología (FIP-B), 43 no tienen formación inicial como profesor, pero sí tienen estudios en Biología o carrera afín a ella (NFIP-B), de los 106 que se registraron. También se puede notar que 18 son profesores con formación inicial como profesor sin estudios afines a Biología (FIP-NB) y, por último 34 son profesores sin formación inicial como profesor ni estudios referidos a la Biología, (NFIP-NB), de los 52 que se identificaron.

5.3 Los modelos sobre evolución biológica del profesorado de Biología de secundaria en relación con su Perfil de Formación Profesional (PFP)

En el capítulo tres de este trabajo en la sección en donde se mencionan los aspectos teóricos sobre modelos y teoría de la evolución, se describe la construcción de un instrumento que metodológicamente pueda convertir un enunciado teórico a un modelo, esta herramienta se empleó para analizar los datos y dar resultados de forma cuantitativa y cualitativa.

En esta investigación se emplearon los dos usos a partir del instrumento analítico referido, el cuantitativo la muestra grande –similitud– y el cualitativo con muestra estratificada reducida –profundidad–, así se conocerá la información sobre la población de estudio y los modelos de los perfiles profesionales de los docentes.

Se iniciará con los resultados de manera cuantitativa, al respecto se puede decir que, se da cuando se emplea para valorar la ‘similitud’ de un modelo en cuestión con los modelos de los autores de referencia sobre evolución biológica, con esta parte se puede obtener en relación directa o bien en

porcentaje, por lo que se puede decir qué tanto se identifican los MTEB de los profesores en cuestión con los de los teóricos y que a continuación se describe.

5.3.1 Los MTEB del profesorado: perspectiva global

Para esta fase los datos recolectados por medio del formulario *Google* dirigido a la población destinataria, se tabularon y organizaron por frecuencias absolutas –cantidades– y relativas reflejadas en porcentajes, posteriormente se trasladaron a los cuatro elementos estructurales del modelo –entidades, propiedades, relaciones y las condiciones– para hacer evidente la similitud de las respuestas de los docentes con los referidos a la familia de MTEB: Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética de acuerdo a la opción elegida en cada una de las viñetas.

De la muestra total de 158 profesores en servicio que enseñan Biología en escuela secundaria y el conjunto de las siete respuestas de cada uno de los profesores cumplieron con las restricciones que se requerían para la investigación, se contrastaron sus respuestas ordenadas con los de los autores de referencia, sin considerar el perfil de formación profesional.

Se observa que el profesor de biología de secundaria tiene lo que llamamos similitud específica²⁷ con el MTEB de Lamarck –57%–, seguido por Darwin-Wallace –28%– y en menor grado con Sintética –14%–. Se calculó a partir de conocer que los elementos estructurales tuvieron mayor frecuencia y por ende similitud específica con uno u otro autor, estos valores se sombrearon.

Con ello se puede establecer que el modelo del MTEB del profesorado en donde tiene un 99% de pensamiento evolucionista, y similitudes significativas del modelo con los autores más importantes, principalmente con Lamarck, sólo un 1% de ese pensamiento colectivo no lo tienen (ver Tabla 31).

²⁷ Similitud específica, es la relación particular entre dos autores y la afinidad de pensamiento que tienen sobre el mismo fenómeno de estudio, otros autores le denominan simetría.

Tabla 31. Concentrado de frecuencias del total de la muestra, convertido a elementos estructurales

MTEB		Elementos estructurales				
		Lamarck	Darwin-Wallace	Sintética	Otro	Total
<i>Entidad</i>	Ser vivo	69 44%	13 8%	60 38%	16 10%	158
<i>Propiedades de la Entidad</i>	Variabilidad	119 75%	8 5%	23 15%	8 5%	158
	Adaptabilidad	120 76%	17 11%	13 8%	8 5%	158
	Heredabilidad	4 2%	20 13%	128 81%	6 4%	158
<i>Relaciones</i>	Parentesco y descendencia	9 6%	118 75%	27 17%	4 2%	158
	Especiación	9 6%	87 55%	57 36%	5 3%	158
<i>Condiciones</i>	Mecanismo de la evolución	69 44%	23 14%	57 36%	9 6%	158
Similitud específica		4/7 57%	2/7 28%	1/7 14%		

Elaboración propia

Se puede observar, que las respuestas dada por los docentes en su conjunto, como se dijo tiene mayor similitud con el pensamiento de Lamarck, la más recurrente es la entidad los seres vivos que se divide en unidad de cambio y unidad evolutiva tiene 69 coincidencias, asimismo habla de las propiedades como la variabilidad y la adaptación de forma teleológica en 239 casos, en tanto que las relaciones de parentesco y linaje aluden comunidad de descendencia y especiación ramificada de Darwin-Wallace en 205 ocasiones.

Por último, en la condición que es el mecanismo, aluden a los caracteres adquiridos en similitud con Lamarck, pero este no es un mecanismo sino una propiedad 'la heredabilidad'. Se denota así una diferencia de fondo en el modelo conjunto de los profesores, esto nos dice que de forma colectiva construyeron un modelo propio sobre la evolución biológica que, si bien tiene similitudes con otros, es resultado de su formación e historia de vida.

5.3.2 Los MTEB por perfil profesional

En este apartado se continúa con un análisis cuantitativo, como se procedió anteriormente, pero se toman los cuatro criterios de acuerdo con la formación inicial del Profesor y perfil disciplinar del total: primero, FIP-B, enseguida en NFIP- B, después en FIP-NB y, por último, en NFIP-NB. A continuación, se describen los resultados:

A. Grupo 1: MTEB de quienes tienen formación inicial como profesor y sí afín a la Biología (FIP- B)

Primero se presentan los resultados del nivel FIP- B, de acuerdo con el número de profesores que constituyen este grupo –63–. Se observa que hay mayor similitud específica con el MTEB de Lamarck –57%–, seguido por la de Darwin Wallace –28%–, y para la Sintética –14%–, de los profesores, se puede decir que el modelo del profesor FIP-B en un 94% tienen pensamiento evolucionista, sólo un 6% no lo tiene, existe una diferencia de grado entre ambos (ver Tabla 32).

Tabla 32. Concentrado de frecuencias de los FIP-B, convertido a elementos estructurales

MTEB Elementos estructurales		Lamarck	Darwin -Wallace	Sintética	Otro	
<i>Entidad</i>	Ser vivo	29 46%	8 13%	15 24%	11 17%	63
<i>Propiedad de la Entidad</i>	Variabilidad	42 67%	7 11%	9 14%	5 8%	63
	Adaptabilidad	48 77%	7 11%	4 6%	4 6%	63
	Heredabilidad	0	10 16%	52 82%	1 2%	63
<i>Relaciones</i>	Parentesco y descendencia	7 11%	48 76%	6 10%	2 3%	63
	Especiación	3 5%	36 57%	23 36%	1 2%	63
<i>Condiciones</i>	Mecanismo de la evolución	32 51%	6 10%	23 36%	2 3%	63
Similitud específica		4/7 57%	2/7 28%	1/7 14%		

Elaboración propia

Se puede observar que coinciden en la mayor frecuencia en la entidad –29 profesores– similar a la de Lamarck, el organismo como la unidad evolutiva, las propiedades en este caso son 90 similares a Lamarck en variabilidad y adaptabilidad como un fin para el cambio.

Las condiciones concuerdan en 32 profesores señalando que el mecanismo al igual que en la muestra total es por caracteres adquiridos, una particularidad que no comparte en sí con ningún MTEB de los autores. En tanto que las relaciones –84– de parentesco y linaje son recurrentes en explicaciones similares a las de Darwin-Wallace.

B. Grupo 2: MTEB de quienes no tienen formación inicial como profesor y sí son afín a la Biología (NFIP-B)

Enseguida los NFIP-B, en este apartado se toma una muestra donde se alojan los profesores habilitados con carrera universitaria (43) y desarrollo en su ámbito disciplinar-profesional, pero que se insertan al magisterio sin formación pedagógica, sin embargo, tienen en su currículo estudios sobre el área de Ciencias Naturales e incluso Biología.

Esta muestra de NFIP-B la componen universitarios con carreras relacionadas con la Biología, el contenido disciplinar que reciben en sus respectivas carreras son más profundos y específicos sobre el área de estudio de esta investigación, por ello se esperaría que tuviesen un modelo mucho más completo y actualizado con los modelos del siglo XX del MTEB.

En la distribución de frecuencias de la muestra NFIP-B compuesta por 43 profesores se observa que la mayor similitud específica de su modelo se tiene con el MTEB de Lamarck en 43%, seguido por Darwin-Wallace y Sintética ambas con 28%, en relación con esto se puede decir que los modelos de los docentes que imparten Biología en un 93% son afines a la teoría de la evolución y a la familia de modelos que la constituye, sólo un 7% se encuentra dentro de otros que no están relacionados con la Biología evolutiva (ver Tabla 33).

Tabla 33. Concentrado de frecuencias de los NFIP-B, convertido a elementos estructurales

MTEB		Lamarck	Darwin-Wallace	Sintética	Otro	
Elementos estructurales						
<i>Entidad</i>	Ser vivo	16 37%	0	23 54%	4 9%	43
<i>Propiedad de la Entidad</i>	Variabilidad	33 77%	0	8 18%	2 5%	43
	Adaptabilidad	34 79%	3 7%	3 7%	3 7%	43
	Heredabilidad	0	1 2%	37 86%	5 12%	43
<i>Relaciones</i>	Parentesco y descendencia	1 2.5%	37 86%	4 9%	1 2.5%	43
	Especiación	2 5%	27 63%	13 30%	1 2%	43
<i>Condiciones</i>	Mecanismo de la evolución	19 44%	9 21%	10 23%	5 12%	43
Similitud específica		3/7 43%	2/7 28%	2/7 28%		

Elaboración propia

Sin embargo, es poco la diferencia con respecto a los modelos de las muestras previas, su similitud con el modelo de Lamarck se mantiene, en menor grado 57% vs 43 %, se conserva igual su similitud con Darwin-Wallace 28% y sólo en Sintética se nota una diferencia pues los previos tiene baja similitud 14% y este grupo tiene el doble 28%.

C. Grupo 3: MTEB de quienes tienen formación inicial como profesor y no son afín a la Biología (FIP-NB)

Se continua con los FIP-NB, se consideran al profesorado que son normalistas pero que no tienen estudios disciplinares relacionadas con Biología (18), de acuerdo con la distribución de frecuencias de la muestra se continúa con la tendencia observada en las muestras restantes hay mayor similitud con el MTEB de Lamarck (43%), y tanto con Darwin-Wallace como Sintética tienen un 28% de similitud, el modelo que llamamos modelo del profesor FIP-NB, presenta un 98% con pensamiento evolucionista, sólo un 2% no es acorde a la Biología evolutiva (ver Tabla 34).

Tabla 34. Concentrado de frecuencias de los FIP-NB, convertido a elementos estructurales

MTEB		Lamarck	Darwin – Wallace	Sintética	Otro	
Elementos estructurales						
<i>Entidad</i>	Ser vivo	8 44%	0 0%	10 56%	0 0%	18
<i>Propiedad de la Entidad</i>	Variabilidad	14 78%	0 0%	4 22%	0 0%	18
	Adaptabilidad	13 72%	2 11%	2 11%	1 6%	18
	Heredabilidad	2 11%	2 11%	13 72%	1 6%	18
<i>Relaciones</i>	Parentesco y descendencia	1 5%	12 67%	5 28%	0 0%	18
	Especiación	0 0%	11 61%	7 39%	0 0%	18
<i>Condiciones</i>	Mecanismo de la evolución	10 56%	2 11%	6 23%	0 0%	18
Similitud específica		3/7 43%	2/7 28%	2/7 28%		

Elaboración propia

Su comportamiento es similar al de la muestra previa Modelo del profesor NFIP-B se podría decir que no hay diferencia en los modelos de fondo entre los universitarios y los normalistas.

Las diferencias se observan ya en los elementos estructurales concentrados, no disgregados, en la similitud por componentes, tomando este criterio que especifica qué componente tiene mayor frecuencia se ve en desventaja el modelo de esta muestra contra los modelos previos. (Compare Tablas 32, 33 y 34).

Esto se debe quizá, a que el docente profesional formado en las escuelas normales aprende a seguir su currículo de formación y los materiales a su disposición en su área, dando preferencia al libro de texto con dicha tendencia, parte de las buenas prácticas de los docentes se refieren al uso correcto de los libros de texto (Loera, Hernández, Rangel, Sánchez, 2007), dado que la entidad que estudian es teórica, no natural, el uso correcto del libro les aporta conocimientos básicos sobre el tema, pero su comprensión requiere una formación mínima en la disciplina que se imparte aún sin ser especialistas disciplinares, por lo que pueden construir modelos propios pro no similares a los de los especialistas.

D. Grupo 4: MTEB de quienes no tienen formación inicial como profesor y no son afín a la Biología (NFIP-NB)

Para el cuarto nivel NFIP-NB, en esta muestra se encuentran docentes que no tienen formación en Ciencias Naturales o Biología incluso son de áreas diferentes como son las ciencias sociales o ingenierías.

A ello se suman la falta de formación inicial como profesor, son docentes habilitados, sin formación en práctica docente, es decir especialistas en disciplinas sociales enseñan Biología en la escuela secundaria. Conjuntan una serie de desventajas que predice un bajo manejo disciplinar del tema de nuestro interés.

En los resultados de la muestra compuesta por 34 docentes se encontró que hay mayor similitud con el MTEB de Lamarck (57%), seguido por la Sintética (28%) y por último la de Darwin Wallace (14%) con el modelo del profesor FIP-NB. Sin embargo, no es así, ya que dentro de los elementos estructurales de los MTEB de los profesores NFIP-NB los más recurrente son similares con los de Lamarck en la entidad (16) al emplear como organismo la unidad de evolución, propiedades (55) al mencionar la variabilidad y a la adaptación con fines utilitarios y las condiciones (18) como el mecanismo de caracteres adquiridos. En tanto que en las relaciones (34) el parentesco y linaje son recurrentes en explicaciones de Darwin-Wallace.

Tomando el criterio de la similitud específica, su comportamiento es idéntico al de los modelos de los profesores NFIP-B y FIP-NB. Parecería que los profesores que tienen formación en Biología y los profesores sin formación en Biología tienen dificultades análogas a los profesores sin formación docente ni disciplinar todos tienen en común vacíos en su preparación para el reto de enseñar Biología y de manejar los contenidos específicos de la asignatura (ver tabla 35).

Tabla 35. Concentrado de frecuencias de los NFIP-NB, convertido a elementos estructurales

MTEB Elementos estructurales		Lamarck	Darwin – Wallace	Sintética	Otro	
		Total				
<i>Entidad</i>	Ser vivo	16 47%	5 15%	12 35%	1 3%	34
<i>Propiedad de la Entidad</i>	Variabilidad	30 88%	1 3%	2 6%	1 3%	34
	Adaptabilidad	25 73%	5 15%	4 12%	0	34
	Heredabilidad	1 3%	7 21%	25 73%	1 3%	34
<i>Relaciones</i>	Parentesco y descendencia	0	21 62%	12 35%	1 3%	34
	Especiación	4 12%	13 38%	14 41%	3 9%	34
<i>Condiciones</i>	Mecanismos de la evolución	18 53%	6 18%	8 23%	2 6%	34
Similitud específica		4/7 57%	1/7 14%	2/7 28%		

Elaboración propia

5.3.3 Similitud entre los modelos por perfil de formación profesional con los MTEB

El uso de dos aspectos a saber similitud específica y elementos estructurales permitió separar diferencias entre los modelos dentro de la muestra general que se observaron en los cuatro grupos divididas por los criterios de FIP-B, NFIP-B, FIP-NB, NFIP-NB, en los que se concentran (Ver Tabla 36).

Tabla 36. Relación entre los elementos estructurales de los modelos de los profesores y los MTEB de referencia

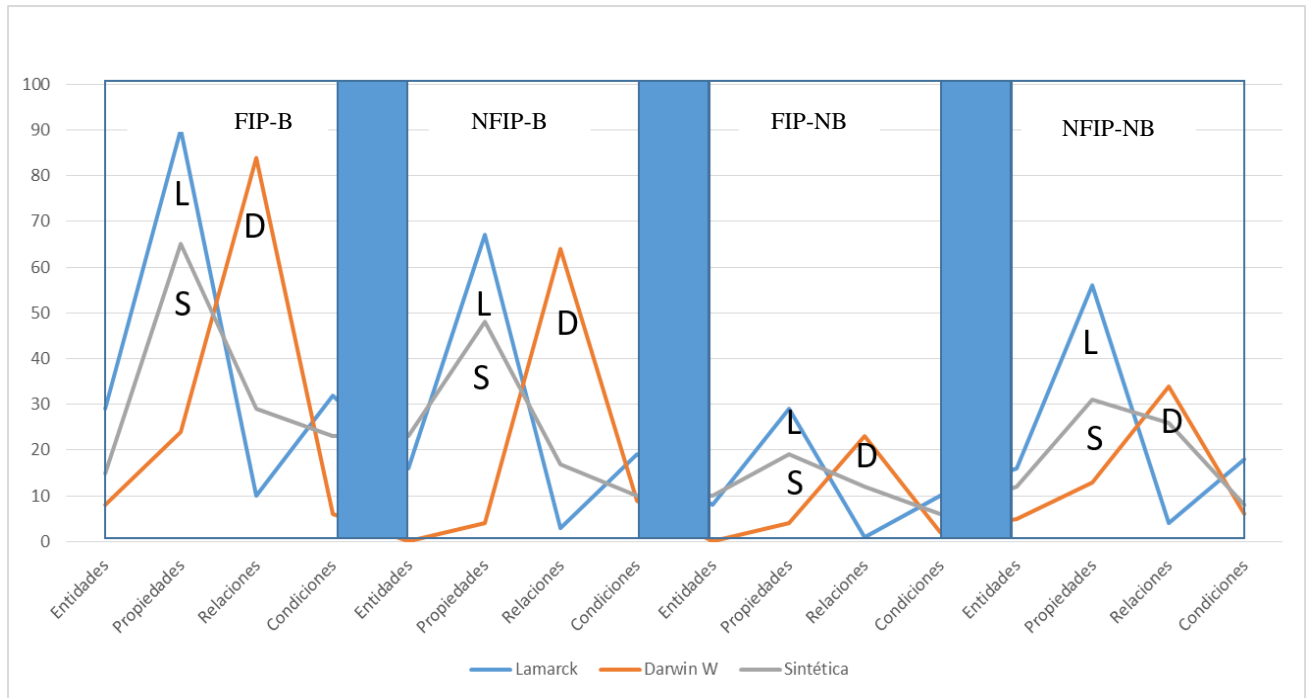
MTEB Perfil de formación profesional Elementos estructurales		Lamarck				Darwin-Wallace				Sintética			
		FIP -B	NFI -B	FIP -NB	NFIP -NB	FIP -B	NFIP -B	FIP -NB	NFIP -NB	FIP- B	NFIP- B	FIP- NB	NFIP -NB
Entidad	Ser vivo	29	16	8	16	8	0	0	5	15	23	10	12
Propiedad de la Entidad	Variabilidad	42	33	14	30	7	0	0	1	9	8	4	2
	Adaptabilidad	48	34	13	25	7	3	2	5	4	3	2	4
	Heredabilidad	0	0	2	1	10	1	2	7	52	37	13	25
Relaciones	Parentesco y descendencia	7	1	1	0	48	37	12	21	6	4	5	12
	Especiación	3	2	0	4	36	27	11	13	23	13	7	14
Condiciones	Mecanismo de la evolución	32	19	10	18	6	9	2	6	23	10	6	8
Similitud específica		4/7	3/7	3/7	4/7	2/7	2/7	2/7	1/7	1/7	2/7	2/7	2/7
		57%	43%	43%	57%	28%	28%	28%	14%	14%	28%	28%	28%

Elaboración propia

A continuación, además de resaltar las similitudes específicas de cada uno, se toman los números de las similitudes de los elementos estructurales de los MTEB en los que se identifica el profesorado de acuerdo con cada uno de los cuatro grupos, los cuales se grafican usando los porcentajes, esto se puede observar a través de las diferencias entre los modelos.

Se puede observar que el modelo más denso con mayor número de similitudes con los MTEB es el de los profesores FIP-B, en tanto que el modelo de los FIP-NB es el más pobre pues su nivel de similitud y densidad²⁸ en elementos es bajo, quedando en puntos intermedios los modelos de los NFIP-B y NFIP-NB (ver Figura 13).

²⁸ Se le denomina densidad a un elemento geométrico que relaciona la distribución espacial en un plano cartesiano de las frecuencias de los pares ordenados, a mayor frecuencia mayor área cubierta en el plano cartesiano a menor frecuencia menor área cubierta. Para el caso de esta investigación se calcula a partir del área total posible sobre el área cubierta en cada evento que se expresa en porcentajes pues lo que se observan son frecuencias relativas.



Elaboración propia

Figura 13. Modelos de las muestras de los docentes y su similitud con los MTEB

Los modelos de los profesores tienen mayor frecuencia con el MTEB de Lamarck en el de las propiedades, el menor es relaciones. A diferencia de las frecuencias que se observan entre el MTEB de Darwin-Wallace que tiene sus picos con las relaciones, siendo los puntos más bajos, menos similares, con las condiciones –mecanismo–. Por lo que respecta a MTEB Sintética tiene las mayores frecuencias de similitud igual que las de Lamarck en propiedades.

En la muestra FIP-B es claro que la formación específica disciplinar no es suficiente para que se pueda manejar la teoría de la evolución, para ello se requiere haber recibido formación como docente pues al parecer esto les da ventaja sobre el resto de los perfiles en el manejo puntual de información disciplinar, pero sobre todo para integrar lo aprendido en un modelo propio que equilibra similitudes con los MTEB que se encuentran combinados en los libros de texto oficiales de Biología para secundaria.

Para la muestra de NFIP-B, mejor conocidos profesores universitarios, su pertinencia disciplinar es evidente, pues sus modelos están equilibrados en sus similitudes con los MTEB de referencia, su modelo es poco denso y replica el comportamiento del modelo de la muestra FIP-B pero a escala, esto nos dice que es menos denso, algo difícil de comprender pues al ser un tema especializado se esperaría que los universitarios con formación específica tuviesen mejores resultados que todas las otras muestras pero no es así.

En el caso de los profesores FIP-NB, la formación inicial en otra especialidad para la enseñanza, no es favorable para el trabajo específico de la secundaria en una asignatura específica, a ello se suma que están formados en un área diferente a las Ciencias Naturales, esos dos aspectos son verdaderos obstáculos para que el profesor que con esas desventajas imparte Biología lo pueda hacer con conocimiento disciplinar mínimo, de ahí que su modelo sea el menos denso y el menos similar a los MTEB.

Por último, la muestra NFIP-NB se esperaría que al tener dos desventajas trabajar fuera de su área y no ser profesor de formación, tendría el modelo menos denso y similar, sin embargo, superaron a los FIP-NB, su similitud con el modelo de Lamarck es muy marcada es la más contratada con el resto de MTEB de todos los modelos, esto nos habla de que domina su conocimiento cotidiano, previo que el especializado para impartir Biología.

Hasta aquí se han visto los modelos de los docentes particularizados por su formación como profesor o no y su formación disciplinar o no, lo que nos arrojó por comparación con los MTEB de referencia similitud con ellos, pero cada muestra ha construido un modelo propio, de características y orden de elementos estructurales particulares, así cada muestra tiene su propio modelo, similar si a los MTEB pero propio, el cómo se construye este modelo de forma más detallada en los profesores es de lo que se menciona en el siguiente apartado.

5.4 Entre modelos y entre casos

En el segundo uso al tomar como referencia los elementos estructurales, la complejidad de la trama de su discurso dará idea de su manejo del tema y se tendrá además su modelo en dos representaciones, la textual y la esquemática, ambos regidos por un orden que describe el modelo.

esta segunda fase por su ‘profundidad’ no permite su uso en muestra grande, para ejemplificar lo mencionado anteriormente se toman cuatro casos de forma aleatoria²⁹, para lo cual se describe la forma en cómo se seleccionaron los cuatro casos.

Inicialmente se ordenó y enumeró consecutivamente la población total (158), a partir de ellos se eligieron la muestra relacionada con las Ciencias Naturales –111 con 11 perfiles– y ciencias sociales –37 y 16 perfiles–, cabe mencionar que las ingenierías no se tomaron en cuenta, puesto que cada perfil que lo compone no tiene un número significativo en la construcción del estrato estadístico –10 con 6 perfiles– (ver Tabla 29).

De los perfiles dominantes surgió una submuestra representativa de 13 casos, posteriormente se colocaron las categorías FIP y NFIP en cada área, con ello se volvió a seleccionar aleatoriamente los dos casos para Ciencias Naturales y dos de Ciencias Sociales que permitió la selección final para analizar –los 4 casos– (ver Tabla 37).

Tabla 37. Distribución por estratos y áreas disciplinares y elección aleatoria de los 4 casos a ejemplificar

CIENCIAS NATURALES				
No	Perfil	No. de casos	Casos Azar	Rango
1	Biología* (FIP-B)	3	5, 12, 35	3 - 44
2	Biólogo**(NFIP-B)	3	62, 71 , 73	45 - 71
3	C Naturales*	2	74, 95	74 - 97
4	Química*	1	152	149 - 153
		9		
%		69		

²⁹ Se utilizó una tabla de números aleatorios para la selección de los casos de los profesores de la muestra total.

CIENCIAS SOCIALES				
No	Perfil	No. de casos	Caso Azar	Rango
1	C Sociales*(FIP-NB)	1	100	98 - 102
2	Pedagogo**(NFIP-NB)	1	139	136 - 144
3	Psicólogo**	1	147	145 - 148
4	Español*	1	109	108 - 111
		4		
%		31		

*FIP **NFIP

Elaboración propia

Con esta reducción de muestra específica acorde a nuestros criterios de selección y realizados se definió que se trabajaría con los casos:

- CN FIP-B → No. 35
- CN NFI-B → No. 71
- CS FIP-NB → No. 100, y
- CS NFIP-NB → No. 139

En el siguiente apartado, se presentan los cuatro casos de los profesores que fueron seleccionados de acuerdo a los criterios anteriormente mencionados, cabe recordar que se tomó el argumento de alguna de las respuestas elegidas por el docente que da cuenta de la justificación del inciso elegido como aseveración correcta, después se analizaron el contenido de los escrito, se subrayaron las palabras claves la cual da cuenta de la similitud del argumento con la familia de los MTEB de referencia y se agregaron al cuadro categorial, posteriormente se realizó una reconstrucción del argumento, para finalmente hacer un esquema que es la representación del modelo de cada uno de los casos del profesor. A continuación, se presentan los casos elegidos:

A. El caso del profesor FIP-B

El primer caso profesor FIP-B, en esta muestra se ubicaron a los egresados de la Escuela Normal Superior, son profesores normalistas que tienen formación en la enseñanza de la Biología.

Se tomó el texto de origen del profesor FIP-B –caso 35, enseñanza de la Biología–, tomado del cuestionario, lo subrayado es una acción propia, para ubicar significados clave en los espacios de los elementos estructurales según significado:

Respuesta a Viñeta 2:

R FIP-B: “Sencillamente porque los pingüinos son aves, porque se tienen que adaptar al ambiente, de lo contrario esas especies mueren, las características vienen determinadas de los genes. Darwin postula que tenemos un ancestro común, se dan variaciones en sus características de cada organismo”.³⁰

Los subrayados del texto se ubican en los espacios de los elementos estructurales del MTEB, se colocan no en el orden del texto sino en el de los elementos.

Como se puede observar en el profesor FIP-B tiene 27% de similitud con los MTEB de Lamarck, 27% coincide con Darwin-Wallace y 9% con la Sintética. (ver Tabla 38 espacios sombreados).

³⁰ De cada uno de los escritos de los profesores, se respeta aún con faltas de ortografía, concordancia y redacción, se captura tal cual.

Tabla 38. Similitud del MTEB del Profesor FIP-B con los MTEB de referencia

MTEB		Profesor FIP-B Caso 35	Lamarck	Darwin Wallace	Sintética	Similitud
Elementos estructurales						
Entidad	Seres vivos	Organismo	+	-	-	1
	Unidad de cambio	Organismo	+	-	-	1
	Unidad evolutiva	Especies	+	-	-	1
Propiedad	Variabilidad	se dan variaciones en sus características	-	+	-	1
	Adaptabilidad	se tienen que adaptar al ambiente	-	+	-	1
	Heredabilidad	las características vienen determinadas de los genes	-	-	+	1
	Intencionalidad		-	-	-	0
Relaciones	Especiación		-	-	-	0
	Parentesco y descendencia	tenemos un ancestro común	-	+	-	1
Condiciones	Mecanismo		-	-	-	0
	Efecto	esas especies mueren	+	-	-	1
	Continuidad		-	-	-	0
Similitud específica			3/11 27%	3/11 27%	1/11 9%	7/11 64%

Elaboración propia

Al matizar los elementos estructurales estos quedan:

- dos entidades similares a las de Lamarck;
- tres propiedades similares a las de Lamarck, dos a Darwin Wallace y una a la Sintética.
- una relación similar a Lamarck, al igual que con Darwin-Wallace.
- una condición una similar a Lamarck.

La similitud con Lamarck es densa pues tiene coincidencia en todos los elementos estructurales con él, en tanto que el elemento con mayores similitudes son las propiedades. Con esto se puede decir que el pensamiento del profesor se identifica con el MTEB de Lamarck, pero tiene una forma

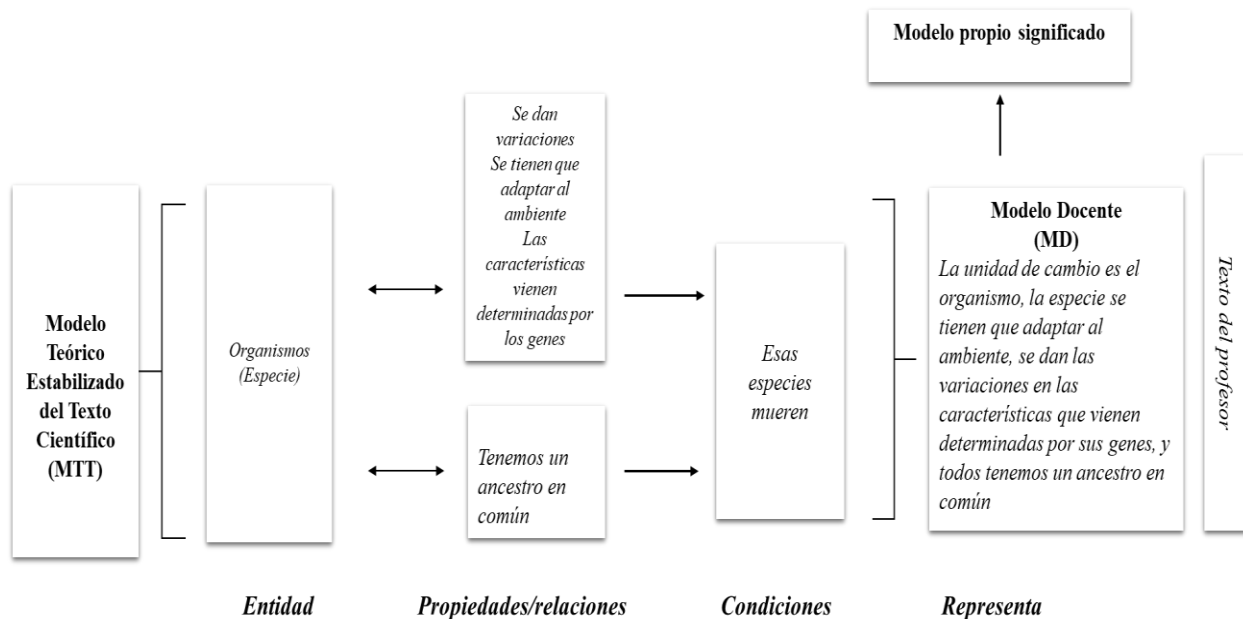
de pensar y significar propia, tiene fluencia de los diferentes modelos sobre evolución biológica, pero desarrolla su forma de concebir a la misma con un valor medio de enfoque evolucionista (64%), esto reafirma que su modelo es significado.

La información de la tabla se observa de forma diferente y se hace una reconstrucción del texto de origen a una expresión basada en modelos donde se prioriza el significado.

Reconstrucción del Modelo expresado por el profesor, a partir del procedimiento (regla de inferencia) y de la herramienta analítica:

La unidad de cambio es el organismo, la especie se tienen que adaptar al ambiente, se dan las variaciones en las características que vienen determinadas por sus genes, y todos tenemos un ancestro en común.

El modelo reconstruido a partir del modelo expresado por el profesor FIP-B. es decir el *Modelo Docente* derivado del *Modelo Teórico Estabilizado del Texto Científico* (MD-MTT) se puede apreciar (ver Figura 14).



Elaboración propia

Figura 14. Modelo del profesor FIP-B derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)

En el esquema se aprecia más claramente cómo el docente tiene problemas con su validación pues no ofrece un mecanismo –condición– a la teoría de la evolución en su modelo. Esto falta por indagar y se requiere mayor amplitud en su texto de origen, sin embargo, se gana claridad en el orden del modelo hasta llegar a la representación

B. El caso del profesor NFIP-B

El segundo caso denominada NFIP-B, compuesta por docentes con estudios en el área de Ciencias Naturales, pero sin formación como profesor. Es lo que se denomina profesor habilitado o universitario pues provienen de Instituciones de Educación Superior que para este caso es un biólogo.

Texto de origen del profesor NFIP-B –caso 71, biólogo–, tomado del cuestionario, lo subrayado ya es una intervención propia, para ubicar significados clave en los espacios de los elementos estructurales, según significado:

Respuesta viñeta 2:

R NFIP-B: *Los organismos para poder sobrevivir tuvieron cambios, adaptaciones, que transmitieron a su descendencia y con la influencia del medio fueron eligiendo las mejores poder sobresalir siendo los mejores y los más fuertes. En el caso de los pingüinos conquistaron medios diferentes, tuvieron la necesidad de adaptarse a los diferentes tipos de alimentación debido a los cambios que presentaba el medio donde vivían y así sobrevivir como una especie la otra no Cada especie se adapta al medio y si se realizan cambios en ellas son para poder sobrevivir. Se tiene un ancestro común entre ambas especies, pero cada una se enfrentó a diferentes circunstancias y se adaptó de diferente manera a tal grado que hubo cambios en la genética de las especies, fue haciéndose más grande, por lo cual una especie es vulnerable y la otra no.*

Los subrayados del texto se ubican en los espacios de los elementos estructurales del MTEB, se colocaron no en el orden del texto sino de los elementos (ver tabla 39)

Tabla 39. Similitud del MTEB del Profesor NFIP-B con los MTEB de referencia

MTEB		Profesor NFIP-B Caso 71	Lamarck	Darwin Wallace	Sintética	Similitud
Elementos estructurales						
Entidad	Seres vivos					
	Unidad de cambio	Organismos	+	+	+	1
	Unidad evolutiva	Especie	+	-	-	1
Propiedad	Variabilidad		-	-	-	0
	Adaptabilidad	Cada especie se adapta al medio	+	-	-	1
	Heredabilidad	Cambios en la genética de las especies	-	-	+	1
	Intencionalidad	para poder sobrevivir realizan cambios	+	-	-	1
Relaciones	Especiación	Una especie .la otra no	-	+	-	1
	Parentesco y descendencia	Se tiene un ancestro común	-	+	+	1
Condiciones	Mecanismo	Fueron eligiendo los mejores	+	-	-	1
	Efecto	Eligen a los mejores	-	+	+	1
	Continuidad	Fue haciéndose más grande	+	+	+	1
Similitud específica			6/11 55%	5/11 45%	5/11 45%	10/11 90%

Elaboración propia

En la Tabla se puede apreciar que tiene 55% de similitud específica con los MTEB de Lamarck, 45% coincide con Darwin y Sintética. La similitud específica con los MTEB es del 90% por lo que tiene un alto manejo de información del tema y su pensamiento es evolucionista, maneja aspectos de las tres teorías de forma equilibrada para crear su propio MTEB, sólo deja fuera un elemento estructural, la propiedad-variabilidad.

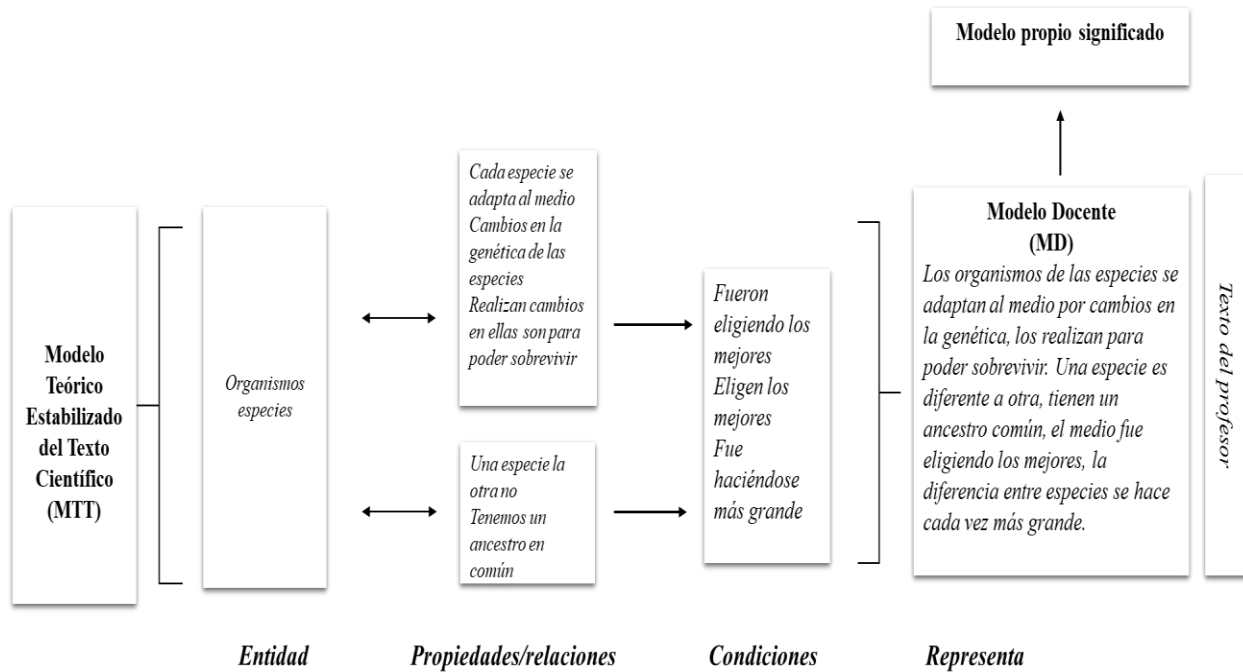
Con referencia al del profesor NFIP-B, como se puede apreciar la densidad de este modelo es del más del doble de coincidencias con los elementos estructurales de los MTEB, un ejemplo de lo que es una forma de pensar propia, que tiene influencia de las diferentes teorías, pero desarrolla su

forma de concebir a la evolución biológica, tiene su propio modelo el cual es sofisticado, robusto y denso conceptualmente. La información de la tabla ahora se ve de forma diferente y transforma totalmente el texto de origen al reconvertirlo a una expresión basada en el orden que se encuentra en el modelo donde se prioriza el significado.

Reconstrucción del Modelo expresado por el profesor:

Los organismos de las especies se adaptan al medio por cambios en la genética, los realizan para poder sobrevivir. Una especie es diferente a otra, tienen un ancestro común, el medio fue eligiendo los mejores, la diferencia entre especies se hace cada vez más grande.

El modelo reconstruido a partir del modelo expresado por el profesor NFIP-B (ver figura 15).



Elaboración propia

Figura 15. Modelo del profesor NFIP-B, derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)

C. Caso del profesor FIP-NB

El tercer caso, FIP-NB, está integrada por profesionales de la educación con formación inicial en las Escuelas Normales que provienen de diferentes niveles educativos –Preescolar, Primaria, o Secundaria – y/o especialidades –Español, Inglés, Educación física, así como de Ciencias Sociales–, pero ninguno con estudio relativos a la Biología.

Texto de origen del profesor FIP-NB –caso 100, enseñanza de las ciencias sociales–, tomado del cuestionario, lo subrayado ya es una intervención propia, para ubicar significados clave en los espacios de los elementos estructurales, según significado:

Respuesta a las viñetas 2 y 3:

R FIP-NB: *Semejanzas estructurales al comparar especies que habitan lugares muy distantes, pero en ambientes similares, reconociendo la estrecha relación entre el ambiente y las adaptaciones de los organismos, geográficos, genéticos, ecológicos, aislamiento reproductivo y mutación.*

El murciélago es una criatura muy adaptable y las investigaciones demuestran que existen muy pocos lugares en el mundo donde no residen suelen hacerlo en cuevas en las que tienen acceso al agua, lugares seguros para esconderse de los depredadores durante el día, y abundancia de comida.

Como vínculo que une a las personas que descienden unas de otras o que tienen un ascendiente común, esto es, que se hallan unidas por una comunidad de sangre. En sentido amplio, parentesco es la relación o unión de varias personas por virtud de la naturaleza o la ley.

Los subrayados del texto se ubican en los espacios de los elementos estructurales del MTEB, se colocaron no en el orden del texto sino de los elementos (ver tabla 40).

Tabla 40. Similitud del MTEB del Profesor FIP-NB con los MTEB de referencia

MTEB		Profesor FIP-NB Caso 100	Lamarck	Darwin- Wallace	Sintética	Similitud
Elementos estructurales						
Entidad	Seres vivos					
	Unidad de cambio	personas	-	-	-	0
	Unidad evolutiva	Organismos	-	-	-	0
Propiedad	Variabilidad	Comunidad de sangre	-	+	-	1
	Adaptabilidad	Estrecha relación entre el ambiente y las adaptaciones	+	-	-	1
	Heredabilidad	descienden unas de otras	+	+	-	1
	Intencionalidad	Parentesco por ley	-	-	-	0
Relaciones	Especiación	Aislamiento reproductivo y mutación	-	-	+	1
	Parentesco y descendencia	Vínculo que une a las personas; es la relación o unión...	-	-	-	0
Condiciones	Mecanismo	Descienden unas de otras	-	+	-	1
	Efecto		-	-	-	0
	Continuidad		-	-	-	0
Similitud específica			2/11 18%	3/11 27%	1/11 9%	5/11 45%

Elaboración propia

Se puede apreciar que tiene 18% de similitud específica con los MTEB de Lamarck, 27% coincide con Darwin y 9% con Sintética. La similitud específica con los MTEB es muy baja del 45% por lo que tiene un bajo manejo de información del tema de la evolución biológica y su pensamiento está empobrecido en evolución biológica, no así con la social la cual permea el modelo del profesor.

Maneja aspectos de las tres teorías de forma empobrecida para crear su propio MTEB, deja fuera un componente estructural básico la entidad desde un enfoque biologicista y usa uno del ámbito social la persona, los elementos restantes los toca tangencialmente con la sombra del antropocentrismo como en propiedades “Comunidad de sangre o bien parentezco por ley”. En las relaciones establece parentezco por “vínculos que unen a las personas”. A lo anterior se refiere el significado de las condiciones “descienden unas de otras”.

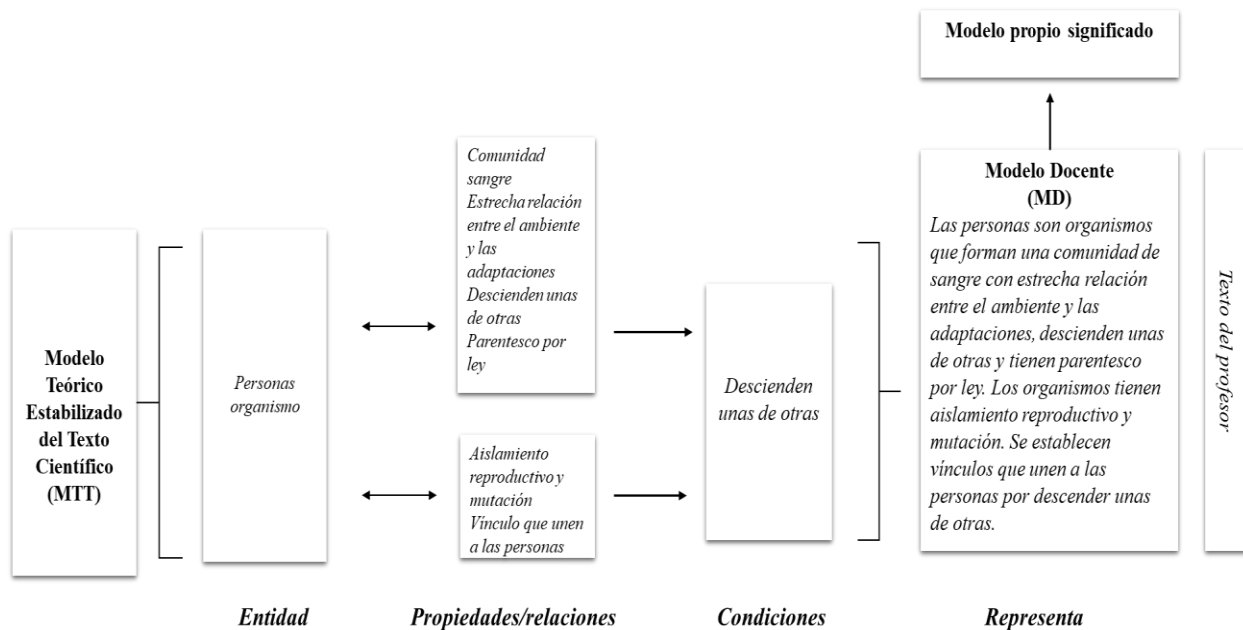
La densidad de este modelo es muy baja empleando los elementos estructurales de los MTEB como referencia, este es un ejemplo de lo que es una forma de pensar propia influida por su formación especializada en ciencias sociales, pues equivale la evolución y las relaciones sociales con la biológica con poca fortuna, su modelo es simple, y frágil conceptualmente.

La información de la tabla ahora se ve de forma diferente y transforma totalmente el texto de origen al reconvertirlo a una expresión basada en el orden que se encuentra en el modelo donde se prioriza el significado.

Reconstrucción del Modelo expresado por el profesor:

Las personas son organismos que forman una comunidad de sangre con estrecha relación entre el ambiente y las adaptaciones, descienden unas de otras y tienen parentesco por ley. Los organismos tienen aislamiento reproductivo y mutación. Se establecen vínculos que unen a las personas por descender unas de otras.

El modelo reconstruido a partir del modelo expresado por el profesor FIP-NB (ver figura 16).



Elaboración propia

Figura 16. Modelo del profesor FIP-B del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)

D. El caso del profesor NFIP-NB

El cuarto caso lo formaron los NFIP-NB, así llamados porque carecen de formación inicial como profesor y tienen estudios fuera del ámbito de las Ciencias Naturales.

Texto de origen del profesor NFIP-NB –caso 139, pedagogo–, tomado del cuestionario, lo subrayado ya es una intervención propia, para ubicar significados clave en los espacios de los elementos estructurales, según significado:

Respuesta a la viñeta 5:

R NFIP-NB: *A partir de la selección natural, porque vivimos en constante cambio para poder sobrevivir, está relacionado con el proceso evolutivo, selección natural somos parte de una ramificación pero no directamente de los primates, se relaciona con la reproducción asexual, solo se puede presentar en la genética adquirida*

Los subrayados del texto se ubican en los espacios de los elementos estructurales del MTEB, se colocaron no en el orden del texto sino de los elementos.

En ésta se puede apreciar que tiene 27% de similitud específica con los MTEB de Lamarck, 36% coincide con Darwin al igual que con Sintética. La similitud con la familia de MTEB es baja tiene un 54%, aunque en su modelo usa términos referentes al tema, no los emplean con el significado debido, esto se puede apreciar en el término ‘*selección natural*’ –sombreado en el texto–, que aparece dos veces en el argumento expresado por el profesor en la justificación dada a la respuesta 1, pero en ambas ocasiones que usa el término no da idea de una reproducción diferencial, es un modelo empobrecido (ver tabla 41).

Tabla 41. Similitud del MTEB del Profesor NFIP-NB con los MTEB de referencia

MTEB		Profesor pedagogo Caso 139	Lamarck	Darwin– Wallace	Sintética	Similitud con la Familia MTEB
Elementos estructurales						
Entidad	Seres vivos Unidad de cambio	“ <i>seres vivos</i> ” *	–	–	–	0
	Unidad evolutiva		–	–	–	0
Propiedad	Variabilidad		–	–	–	0
	Adaptabilidad	Constante cambio	–	–	–	0
	Heredabilidad	genética adquirida	–	–	–	0
	Intencionalidad	para poder sobrevivir	+	–	–	1
Relaciones	Especiación	No directamente de los primates	–	+	+	1
	Parentesco y descendencia	somos parte de una ramificación	–	+	+	1
Condiciones	Mecanismo	Adaptación	+	–	–	1
	Efecto	sobrevivir	–	+	+	1
	Continuidad	el proceso evolutivo	+	+	+	1
Similitud específica			3/11 27%	4/11 36%	4/11 36%	6/11 54%

*No está presente

Elaboración propia

A pesar de que ubica términos en los elementos estructurales, no hay coincidencias conceptuales con los MTEB de los autores de referencia. Deja fuera un componente básico de la entidad desde un enfoque biologicista y usa uno de sentido común “*seres vivos*”. Las propiedades no son similares a los de los MTEB, salvo el de la intencionalidad (teleológico). En las relaciones es donde se ubica la concentración de similitudes con pensamiento darwiniano y neo darwiniano ya que alude especiación y ancestro común. En las condiciones su mecanismo es adaptacionista y tiene un efecto positivo no habla de eliminar sino de sobrevivir en tanto que el gradualismo se menciona como proceso y constante.

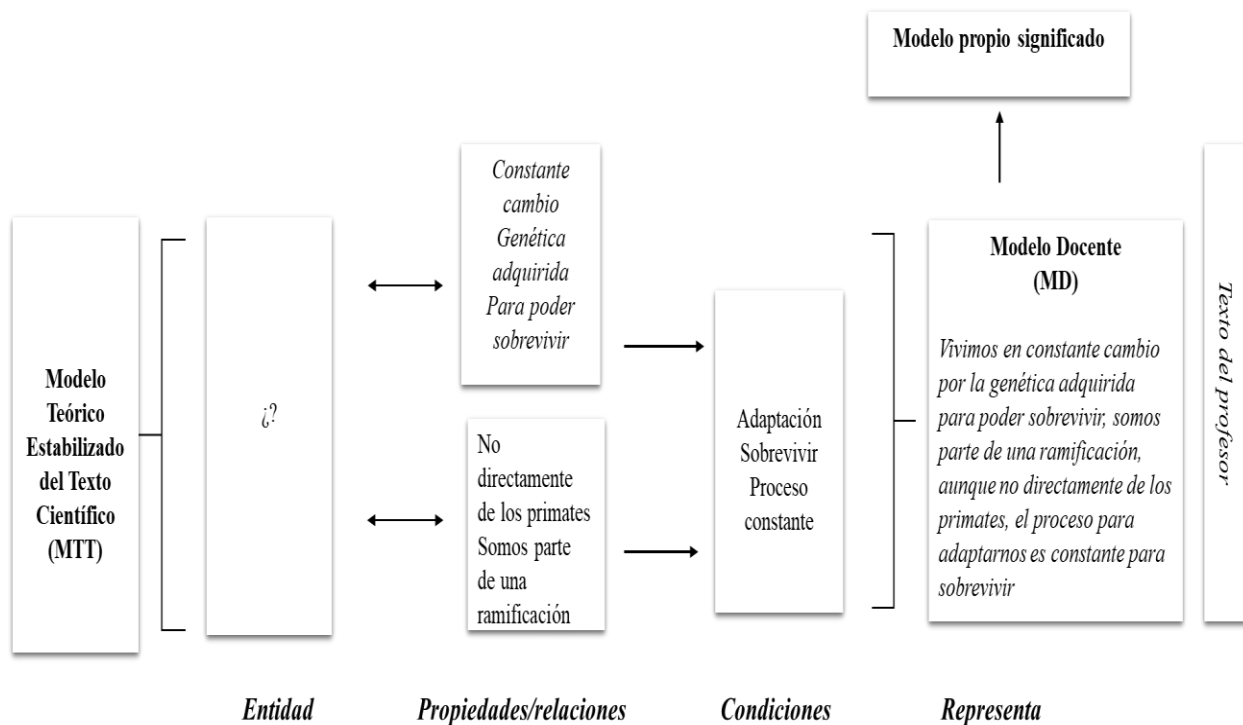
La densidad de lo expresado por el profesor de este modelo es baja, gráficamente su puede ver en la Tabla 41 al notar las celdas en blanco, es un ejemplo de una forma de pensar propia con tendencia al antropocentrismo que carece de profundidad temática y elaborado a partir de nociones sobre el tema por lo que su modelo es frágil conceptualmente.

La información de la tabla ahora se ve de forma diferente y transforma totalmente el texto de origen al reconvertirlo a una expresión basada en el orden que se encuentra en el modelo donde se prioriza el significado.

Reconstrucción del Modelo expresado por el profesor:

Vivimos en constante cambio por la genética adquirida para poder sobrevivir, somos parte de una ramificación, aunque no directamente de los primates, el proceso para adaptarnos es constante para sobrevivir

El modelo reconstruido a partir del modelo expresado por el profesor NFIP-B (ver figura 17).



Elaboración propia

Figura 17. Modelo del profesor NFIP-B, derivado del modelo teórico estabilizado del texto científico (MD-MTT)

Ahora bien los modelos representados de los cuatro profesores dieron a los que se llamará ‘calidad total referida’, denominada así, ya que la construcción de conocimiento se da de manera mecánica y de acuerdo con lo que sabe, en donde se puede inferir que lo maneja, pero no lo reflexiona.

Al integrar los datos de cada modelo del profesorado de los cuatro casos y unificándolos numéricamente pasándose a decimales, esto permite sumarlos para ver la robustez del MTEB del profesor, así se pueden relacionarse los criterios de *similitud específica*³¹ que es el pensamiento evolutivo del profesor, *la mayor similitud*³² con un autor referencia del MTEB, la *densidad*³³ que es la frecuencia de similitudes entre los elementos del MTEB del profesor, los autores de referencia y el total de *elementos estructurales*³⁴ (ver Tabla 42).

Tabla 42. Criterios de los MTEB vs Perfiles profesionales

Criterio / Perfil	FIP-B	NFIP-B	FIP-NB	NFIP-NB
<i>Similitud específica</i>	0.64	0.90	0.45	0.54
<i>Mayor similitud con un MTEB</i>	0.27	0.55	0.27	0.33
<i>Densidad</i>	0.21	0.48	0.18	0.33
<i>Elementos estructurales</i>	0.64	0.90	0.45	0.54
total	1.76	2.84	1.35	1.77

Elaboración propia

Con lo anterior se desprende que el modelo del profesor NFIP-B que también se conoce como profesor universitario habilitado, es el que tiene en su totalidad valores más altos de frecuencias (2.84) tanto en sus valores de densidad (0.48) y elementos estructurales (0.90) por lo que se puede es decir que la pertinencia de estos elementos es muy superior al del resto de los modelos. La similitud específica (0.90) también es la más alta pues esto refiere tanto a su pensamiento evolucionista de conjunto como a la coincidencia con el de los autores de referencia.

³¹ *Similitud específica*, para este caso es la relación de semejanza entre el pensamiento de los autores de referencia (histórico) y el profesorado en los diferentes componentes tomando como criterio común los elementos estructurales propuestos en el instrumento analítico, ver fila.

³² *Mayor similitud* es la afinidad específica entre el autor de referencia y el profesor en el instrumento, ver la columna que tiene el mayor valor.

³³ La *densidad* se entiende como la frecuencia de coincidencias de pensamiento del profesor en el ámbito de la MTEB, para mayor referencia ver fila, total 16 coincidencias entre 33 elementos estructurales es igual a .48.

³⁴ Para este caso son los que conforman el MTEB y se encuentran en la herramienta analítica

Le sigue el MTEB del profesor NFIP-NB, sin formación inicial como profesor ni estudios en el área de Biología, es decir un profesor universitario habilitado para la docencia y para la enseñanza de la Biología, la totalidad es de 1.77, tiene alto valor en los elementos estructurales (0.54), pero estos no son del todo pertinentes con los de los autores su densidad es baja (0.33) pero aun así supera a otros tres modelos. Su modelo emplea elementos estructurales (0.54), pero no los articula con el tema en sí.

El tercer sitio de totalidad lo tiene el FIP-B, los profesores egresados de la Normal Superior con la especialidad en Ciencias Naturales o Biología es de 1.76, es un modelo equilibrado, pero con poca densidad (0.21), sus valores de similitud específica son elevados (0.64) –su pensamiento evolucionista– pero su similitud es baja con autores de MTEB (0.27).

Por último, el modelo del profesor FIP-NB es el más bajo en su totalidad (1.35), son profesores con formación normalista, pero sin estudios en Biología o Ciencias Naturales, emplea elementos estructurales en abundancia (0.45), pero no son pertinentes con el tema ni área como se especificó en su momento.

De lo antes expuesto se infiere que los modelos de los profesores NFIP son los de mayor totalidad, en tanto que los FIP, –normalistas– quedan a la saga. Estos resultados finos deben de realizarse con mayor número de muestras y más diversa geográficamente para poder afirmar algo. Hay que recordar que en este ejercicio sólo se aporta el sistema categorial y su uso de donde se derivan bondades que el trabajo cuantitativo a muestra grande carece, en este caso se reconoce de mejor forma los modelos de cada profesor y esto es lo que se pretende aportar.

Resultados sobre perfil vs calidad del MTEB empleando este sistema queda fuera de los alcances de la presente investigación y abre una ruta de trabajo abonando en lo dicho por Martínez y Rodríguez (2017; 2019) parafraseando ‘para lograr resultados diferentes sobre un mismo tema investigado deben de emplearse instrumentos diferentes’, aquí se aporta la idea al respecto.

6. CONCLUSIONES

En el desarrollo de esta investigación cabe recordar que se han revisado tres grandes temáticas: la primera el perfil de formación profesional del profesor, en la que se aborda la formación inicial y su perfil profesional del profesorado que enseña Biología, con su inserción en la educación secundaria seguida por la teoría de la evolución biológica y continua con los modelos como una forma emergente de comprender y representar el mundo, es decir, se habla sobre los Modelos teóricos sobre la evolución biológica (MTEB).

El sentido de este trabajo fue integrar los temas anteriores para indagar *los MTEB con los que se identifican los profesores de secundaria y la posible relación con su perfil de formación profesional*. Por ello se articulará en este apartado los resultados obtenidos a manera de conclusión, se tomarán primero las preguntas y enseguida los objetivos, en ese orden se irán discutiendo y dialogando al respecto.

Dentro de ese orden de ideas se da inició con el primer cuestionamiento, *¿Cuáles son los perfiles de formación profesional de los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?*, sobre este punto, se encontró que la población de estudio cuenta con 33 perfiles diferentes de 158 docentes, todos imparten esta asignatura en la escuela secundaria, tiene alta dominancia y baja equitatividad. Esto se debe a que la diversidad se toma contabilizando no sólo muchos de estos, sino que estos se encuentren también en cantidad, esto no se presentó pues tres de ellos representaron el 60% del total –los perfiles dominantes fueron los licenciados en enseñanza de la Biología y de Ciencias Naturales para la educación secundaria de la Normal Superior, biólogos de distintas Universidades–, éstos serían los perfiles deseables para la escuela secundaria. El resto no rebasó un dígito, 17 perfiles sólo tuvieron un caso formando el 11% de la muestra. A ello se refiere cuando se dice que se dio alta dominancia (ver Tabla 29).

Sin embargo, se enreace la muestra porque además de estos tres perfiles dominantes deseables, se encontraron otros 30 diferente, para dar orden a esta variedad se agruparon en Ciencias Naturales, Ciencias sociales e Ingeniería, de acuerdo a los datos generados, no es extraordinario que en las escuelas secundarias los profesores de ciencias imparten Biología, Física o Química por necesidades del ‘servicio’, ante la falta de docentes especializados, de ahí se encuentre en el

apartado de Ciencias Naturales; químicos, odontólogos, químico- farmacobiólogo, veterinarios, geógrafos, además de ingenieros químicos, ingenieros ambientales entre otros (ver Tabla 29).

Lo que es atípico es que se localicen profesores de ciencias sociales como pedagogos, historiadores, economistas, entre muchos otros impartiendo Ciencias pues están fuera de perfil profesigráfico (SEP-SNTE, 2012). Esto se da en las escuelas secundarias ante las modificaciones curriculares y la estabilización de la plantilla docente, ésta cubre necesidades de un currículo, pero al cambiar este quedan inoperantes sus perfiles, por ejemplo, los geógrafos desde la Reforma Integral de la Educación Básica (2007), dejaron de tener las horas, grupos y grados que tenían antes de ese año, a esto se suma que el nuevo modelo educativo 2017 también reitera la situación.

Otro ejemplo es que en la escuela secundaria se prescinde de las Tecnológicas –talleres–, que eran parte histórica de la formación temprana para el trabajo del alumno, los profesores que impartían esta asignatura representaban cerca del 10% de la población docente de cada secundaria, al quedar relegados ellos estuvieron sin cubrir por lo que se les ha involucrado para impartir otras, sean o no afines a su profesión, situación problemática pues se vuelven a retomar en el ciclo escolar 2019-2020 y entonces hay que volver a integrarlos a su asignatura, pero los espacios ya no están habilitados con los materiales y herramientas propios del taller.

Un destino similar ha tenido los docentes de Educación Física pues su franja de horarios se ha reducido significativamente en la secundaria, como consecuencia de la reorganización de la malla curricular y nuevas actividades como formación de clubes, al ser de base con 20 horas o más contratadas se tienen que emplear para el trabajo frente a grupo, aún fuera de perfil.

Incluso para el caso de Ciencias, antes de la reforma del 2006 se impartía Biología, Física y Química al menos en dos grados sumando seis espacios curriculares en la secundaria, pero en 2007 se redujeron sus espacios curriculares a tres, un año para cada disciplina, en primer grado se da Biología, en segundo, Física y en tercero Química. Los profesores por ejemplo de Biología con 20 horas tenían grupos, pero después de 2007 con sus 20 horas deben de ser compartidas con otras asignaturas.

Así una cuestión que debería ser de estricto académica se vuelve laboral, se restringe el criterio de calidad y especialización de la planta docente a justificaciones laborales. Esta es la razón de fondo en la multitud de perfiles que atienden la enseñanza de las ciencias en secundaria, como se hace evidente en esta investigación con empobrecimiento disciplinar en la formación del alumno, quien sin saberlo se ve afectado por esta política laboral.

La población en estudio se agrupó la muestra, se empleó un criterio de formación simultánea y formación consecutiva para la docencia, los primeros son los egresados de las escuelas normales a quienes llamamos docentes con Formación inicial como profesor (FIP), en contraste con los egresados de las Universidades considerados no formación inicial como profesor (NFIP), lo que desde siempre se ha llamado en el ambiente magisterial Normalista y Universitarios respectivamente.

Los FIP constituyeron 1/3 de la muestra en tanto que los NFIP fueron 2/3. Esta distribución que en porcentajes similares se ha encontrado en los trabajos especializados al respecto (Rico, 2006; Rodríguez-Pineda 2007; Blancas, 2010; Martínez, Mas y Paz, 2014 Martínez y Rodríguez-Pineda, 2015) se ha discutido y se concluye que la docencia en secundaria se vuelve un espacio de amortiguación para el desempleo de egresados de las universidades, que egresan más alumnos anualmente que los normalistas. Es por ello necesario que se impartan cursos de nivelación pedagógica y psicología del adolescente a los llamados profesores habilitados pues son mayoría en servicio en secundaria.

Un matiz en los perfiles FIP es que ahí se encuentran profesores de otros niveles que imparten clases en secundaria, si bien esto antes de 1984 era un sello distintivo de los dos veces normalistas, especializados en su materia egresados de la Normal, esto a partir de ese año decayó y para el año 2013 se formalizó el Servicio Profesional Docente, como parte del Nuevo modelo educativo del presidente Enrique Peña (2012-2018), esto legalizó que los docentes de distintas disciplinas de formación inicial pudieran acceder por concurso, a impartir clases en los distintos niveles de la educación básica, para regular esto se publicó de manera paralela un profesiograma donde se especifica qué perfiles profesionales son los aceptados para concursos de asignaturas determinadas.

Con la división en ciencias naturales y sociales, así como con estudios para profesor o no se articularon cuatro agrupamientos o submuestras; FIP-B, NFIP-B, FIP-NB y NFIP-NB, que refleja lo que se ha dicho antes, no sorprende que los perfiles especializados FIP-B y NFIP-B –afines a la Biología– sean los menos 11, 1/3 en contraste con 22 perfiles no especializados FIP-NB y NFIP-NB –no afines a la biología–, los perfiles no especializados dominan en la muestra y probabilísticamente en la secundaria.

Por ello, se puede resumir que la muestra tiene baja equitatividad y alta dominancia con tres perfiles dominantes que constituyen el 60%, 2/3 de la misma es universitario y en esa misma proporción se encuentran los perfiles -NB, siendo la causa primaria de esto cuestiones de índole laboral que afectan el ámbito académico y la formación del alumno.

Por otra parte, para el segundo cuestionamiento: *¿Cuáles son los elementos estructurales mínimos del modelo teórico sobre evolución biológica?*, se iniciará con decir que una forma emergente de acercarse por inferencia al pensamiento de los teóricos y de sus productos son los modelos, las teorías serían abstracciones con las cuales se puede representar e intervenir la realidad (Hacking, 1996).

Como todo modelo científico –que por su naturaleza es de carácter teórico–, es importante identificar en él los elementos estructurales que lo conforman las, entidades con sus propiedades, relaciones entre entidades y condiciones para que el modelo opere, a partir de esto se procedió a identificar en la literatura especializada de la Biología Evolutiva los elementos estructurales comunes ‘mínimos’ de ‘todo’ MTEB, mediante una matriz genérica, con siete categorías, construida con elementos estructurales del MTEB, en donde se identificó que se tiene como entidad a los seres vivos, emergen tres propiedades de la entidad –variabilidad, adaptabilidad y heredabilidad–, se obtienen tres relaciones entre entidades –parentesco y descendencia así como especiación– y, por último las condiciones para que el modelo opere –el mecanismo de la evolución–.

Con esta estructura genérica se asume que se pueden inferir otros modelos teóricos, sin que la similitud con algún modelo preexistente sea un criterio de validez, sino que permitirá ubicarlo

según sus características propias, valorando su particularidad. En este sentido es donde se busca proponer el uso de matrices genéricas para valorar la diversidad del pensamiento docente desde un enfoque de modelos.

Después con dicho sistema categorial se analizaron los principales MTEB de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética, lo cual dio como resultado la construcción de una matriz especializada para dilucidar los elementos estructurales de la familia del MTEB, fue lo que posteriormente se utilizó para identificar el MTEB que todo profesor de biología, especialista o no en el tema tiene que conocer (Ruiz y Ayala, 2002).

A partir de reconocer los elementos estructurales del MTEB se construyó una herramienta analítica detallada y completa que permitió discriminar al interior de los MTEB, los elementos que con los cuales se pudo analizar el cuestionario que se implementó a los profesores que permitió conocer el MTEB del profesor de secundaria

Con ello se puede decir que toda teoría es susceptible de disgregarse para su análisis en sus elementos estructurales para reconocer sus entidades, propiedades, relaciones y condiciones como ejes fundamentales para valorar el trabajo docente.

Ahora bien, con el tercer cuestionamiento realizado: *¿Con qué modelo histórico sobre evolución biológica se identifican los profesores que imparten Biología en la escuela secundaria?* Para esta parte del trabajo se empleó el sistema categorial con cuatro elementos del MTEB; entidades, propiedades, relaciones y condiciones, en su uso cuantitativo y se accedió a información por medio de un cuestionario con siete viñetas con tres opciones relacionadas con el MTEB con los autores de referencia y con un espacio para argumentar dicha elección.

Posteriormente este instrumento a partir de identificar elementos centrales de cada teoría de construirla en elementos del MTEB éste consta de una familia histórica de tres modelos: Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética. Cada uno de ellos conserva constantes que permiten reconocerlos como miembros de esa familia, ubicar esos elementos en un cuestionario implementado a docentes dio idea de su MTEB.

Para el caso de la totalidad de la población a quien se implementó el instrumento y con los resultados se obtuvieron las frecuencias de similitudes específicas más altas son con los MTEB de Lamarck (57%), le continúa la de Darwin-Wallace (28%), le sigue Sintética (14%), y finalmente aquellas respuestas que no fueron pertinentes a los MTEB (1%).

Se toma como ejemplo la argumentación a la respuesta a las preguntas, dentro de las respuestas teleológicas más recurrentes son adaptación con fines utilitarios:

Caso de profesor FIP-B:

R-V2: *“Al adaptarse al ambiente tienen la necesidad de cambiar fisiológicamente, morfológicamente o etológicamente, con el objetivo de sobrevivir, de alimentarse o de reproducirse”*

R-V2: *“...diversos tipos de adaptaciones en los seres vivos, los organismos evolucionan de acuerdo con sus necesidades”*

y confundir con mecanismo (condiciones) la herencia de caracteres adquiridos.

Caso de profesor NFIP-B

R-V2: *“Cuando un cambio es favorable se conserva y se hereda,”*

R-V2: *“Los organismos para poder sobrevivir tuvieron cambios, adaptaciones, que transmitieron a su descendencia –este es una propiedad la heredabilidad–.*

En herencia se recurre al modelo de la Sintética:

Caso de profesor NFIP-NB:

R-V4: *“A partir del conocimiento y la comprensión de las Leyes de Mendel podemos identificar la forma en la cual se heredan los caracteres genéticos dominantes o recesivos y su combinación que se expresan mediante el fenotipo”*

R-V4: *“los caracteres genéticos son heredados dependiendo de su genética proporcionada por el progenitor, en este caso es la misma especie, pero los padres permitieron trasladar el fenotipo a su descendencia.*

En tanto que parentesco y linaje son recurrentes en explicaciones Darwin-Wallace:

Caso FIP-B:

R-V5: *“La teoría de la evolución establece que todos los organismos tenemos un ancestro común”,*

R-V5: *“La teoría de la evolución propone que los primates y los homínidos provienen de un ancestro en común. El hombre proviene de los homínidos, no de los primates, pero primates y homínidos en origen eran parte de la misma especie...”.*

Al percibir la similitud de un modelo en particular de evolución biológica de los docentes en estudio con los MTEB de los autores de referencia, se nota que las diferencias entre el modelo de Lamarck y Darwin-Wallace no son grandes dentro de cada una de las submuestras, los docentes se distribuyeron preferentemente entre estos dos modelos, dejando en tercer lugar al Sintético.

Pareciera que hay diferencias con los datos de elementos estructurales, pero no es así, pues al desagregarlos se obtienen esas diferencias internas en las submuestras y externas entre ellas. Se puede establecer que los modelos de los docentes que imparten Biología en un 99% son afines a la teoría de la evolución y a la familia de modelos que la constituye, sólo un 1% no modela acorde a la Biología evolutiva (ver Tabla 31).

Por otra parte, la interrogante *¿Qué relación se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional?* Al respecto se puede decir que el aparato analítico que aquí se utilizó tuvo usos en dos niveles que en rigor no tienen continuidad, uno de ellos es lo meso y otro lo micro. Lo meso se manejó a partir de la población de estudio que aquí se indago, de ella se tomó una muestra, así nuestro universo sería lo macro, la muestra fue lo meso. La muestra tomada como población está

formada por individuos, pero las propiedades que tienen los dos niveles son diferentes y por ende inconmensurables.

La población es un conjunto de sujetos que comparten espacio, tiempo, propiedades que les otorga una alta cohesión de grupo e identidad. Las poblaciones cuentan con un acervo de características, habilidades y conocimientos diversos, este acervo se puede modificar en cada población ya sea vertical en tiempo u horizontal en distribución, dando paso a las propiedades emergentes que son atributos de una población que no se aprecian en los individuos de la misma de forma singular, se hacen evidentes únicamente cuando se toma la población como un conjunto integrado, no como una suma de individualidades, en este caso; diversidad, dominancia, abundancia, patrón de distribución, patrón de comportamiento, estructura poblacional –edad–.

En contraste lo micro aborda las características de un individuo que cuenta con un conjunto de atributos característicos como son las habilidades y los conocimientos, en este caso es un profesor unitario altamente definido no comparable. Cuando se cree que una población es la suma de sus individuos y por ende de sus propiedades se tiene un pensamiento reduccionista, pero en este caso se descarta esto pues, la herramienta analítica da evidencia de una clara ruptura entre el comportamiento de una población y sus propiedades emergentes con las que no se podía comparar un sujeto en particular, lo que se dio como válido epistemológicamente.

Así para responder a la pregunta de *si existe una posible relación entre los MTEB de los profesores y sus perfiles*, se apelará al comportamiento poblacional, es decir al conjunto. En ese sentido es que se pudo dar características de la muestra poblacional que son propias pero comparables con otras poblaciones, como frecuencia de perfiles, edad promedio, años de servicio, estudios específicos, dominancia entre otros. Así al comparar la muestra poblacional con las de otros estudios se notan semejanzas, pero sólo eso, ninguna es idéntica, por lo que los resultados observados son válidos sólo en ella.

Al dividir la población en cuatro fragmentos, metodológicamente contruidos, se puede ver que los modelos de los profesores FIP-B son más densos, robustos y con alta pertinencia entre los elementos estructurales de la muestra con los MTEB de los autores de referencia que el resto de

las muestras, al ser parte de una misma población que coexiste con otras muestras son comparables en sus atributos y propiedades.

Los NFIP-B le siguen en esa comparación como los modelos más robustos, siguiendo los NFIP-NB y por último los FIP-NB es clara la ventaja del docente de NFIP-B, se forma específicamente para esta área y para su enseñanza. Así se observa una tendencia clara en el comportamiento de las muestras en la calidad de sus modelos y su relación con los perfiles profesionales.

Los perfiles profesionales con estudios de Biología o afines tienen modelos más similares a los MTEB de los autores de referencia, son más sofisticados, densos y pertinentes con los elementos estructurales. Aún más, los FIP-B, tienen la mayor calidad de estos modelos (ver Tabla 42).

Los modelos NFIP-B se pretendía esperar que fuesen más completos pues son elaborados por especialistas en la disciplina, pero en la muestra sus modelos fueron menos densos y con menos elementos estructurales que los FIP-B. Algo que desconcertó, es que los NFIP-NB profesores sin formación docente ni en Biología tuvieron el tercer lugar con sus MTEB, sin embargo, fue así, su conjunto se comportó de esa manera, dejando al fondo los modelos de los FIP-NB, profesores de carrera sin bases en Biología. Realmente no hay una razón de peso para argumentar sobre esta diferencia, es una característica propia de la población.

Así se puede decir sin ambigüedad que hay relación entre la robustez, densidad, pertinencia y similitud de los modelos de los profesores con sus perfiles profesionales en relación directa con sus estudios en Biología y formación como docente. Esta pregunta se logró contestar de forma puntual, pero dejó un espacio abierto para el desarrollo de más investigaciones que profundicen al respecto.

Ahora bien, para proseguir con el diálogo y en el orden de ideas se continuará con los objetivos de la investigación, con respecto al primero: *Identificar los perfiles de formación profesional del profesor de educación secundaria*. Este se logró, ya que para dar cuenta de éste se realizó una indagación de gran alcance de estudios previos sobre la formación profesional y perfiles de los profesores que enseñan ciencia y que laboran en la educación secundaria.

El reconocer que la forma en cómo se manifiestan los dos conceptos de perfil de formación y el del perfil disciplinar ambos se manejan de manera indistinta y con ello se manifiesta la confusión de estos dos elementos a la hora de reportar los datos y no sólo de los investigadores sino hasta de instituciones que tienen como fin dar a conocer quiénes son los docentes que trabajan en la escuela secundaria. Por lo que aquí se sugiere que se considere el *Perfil de Formación Profesional Docente*, como un elemento que permite definir y diferenciar las formas en cómo se reportan los datos.

En el primer rubro, en los primeros estudios sobre formación docente en México se encuentra la división de normalista (FIP) y universitario (NFIP). Posteriormente se encontró que en Europa se denominan a estos dos modelos de formación docente simultánea y consecutiva respectivamente (Esteve, 2006), situación que se da de manera similar en Latinoamérica, porque las escuela Normales son un magnífico anacronismo en la formación de profesionales de la educación que ha conservado México, situación que comparte con otros países la docencia en la escuela secundaria, en la que a veces se convierte como un espacio laboral no específico que amortigua el desempleo de personal con alta calificación profesional.

Las tendencias sobre perfiles de formación profesional que se observó fueron en una mayoría de profesores –universitarios sin estudios previos relacionados con la educación– que se encuentran en las escuelas secundarias en cuanto a la disminución de los egresados de la Normal Superior, escuela formadora de docentes. En la muestra de trabajo que aquí se reporta no hubo sorpresas, se observó la misma tendencia de frecuencias de formación inicial, a ello se agregó que se contó con 33 perfiles diferentes, pero con alta dominancia y baja equitatividad, ésta dominada por tres perfiles: Licenciado en enseñanza de la Biología (FIP), Biólogo (NFIP), Licenciado en la enseñanza de las Ciencias Naturales (FIP).

Así mismo se formaron cuatro subcategorías: FIP-B, NFIP-B, FIP-NB y NFIP-NB, estas variantes fueron encontradas pues sorpresivamente se hallaron profesores sin estudios relacionados con la Biología o en el área de las Ciencias Naturales, ni con formación docente previa impartiendo esta asignatura en la escuela secundaria. Lo que no garantiza que los perfiles actuales de los docentes

que enseñan Biología en la escuela en este nivel permitan lograr los propósitos de la enseñanza de esta asignatura.

En lo referente al segundo objetivo, *Caracterizar el modelo teórico sobre evolución biológica para identificar sus elementos estructurales mínimos que puede tener*, se consiguió, ya que la forma de atender este aspecto fue revisar desde un orden histórico las teorías de la evolución biológica, se empleó el criterio de los estados de la sociedad de Comte (Vitoria, 2009). Con lo anterior se da cuenta de que cada teoría de la evolución históricamente hablando se concibió en un siglo diferentes: Lamarck, siglo XVIII, aunque escrita en el XIX, Darwin Wallace, siglo XIX y Neodarwinismo o sintética en el siglo XX. De ahí que la división por estados de la sociedad fuese pertinente, la primera con visos de transición entre la metafísica y la ciencia, la segunda en plena etapa de la ciencia positiva y la tercera en ciencia positiva cuestionada y reorientada hacia el positivismo lógico.

Las teorías fueron estudiadas para agruparlas en similitudes y separarlas por diferencias, para esto se empleó un sistema categorial que a partir de elementos estructurales del Modelo Teórico sobre Evolución Biológica (MTEB) como organizadores comunes pudieran caracterizar los modelos de los autores de referencia. Esto dio como efecto diferencias marcadas entre Lamarck y Darwin-Wallace y Sintética, dicho esto con base en la similitud específica entre ellas, el resultado fue que se construyó el sistema categorial para caracterizar los modelos teóricos de los autores de la teoría de la evolución, pero no se quedó sólo en ello, pues se denota que con esta lógica del aparato analítico permitiría conocer de otras familias de modelos teóricos, como podría ser la de celular, homeostasis, genética, etc., de ahí se derivó que el modelo de un profesor, por ejemplo sobre la teoría de la evolución se podría conocer con esta misma herramienta analítica.

Una forma emergente de acercarse por inferencia al pensamiento de los teóricos y de sus productos son los modelos, pero el uso de modelos como propone Giere (1992) no ha sido explotado, y ese es el aporte de este trabajo, proponer un instrumento, sustentado en una herramienta operativa de corte analítica que permita inferir los modelos de los profesores a partir de aspectos concretos como es la construcción de un instrumento y caracterizarlo de forma detallada.

Sobre el tercer objetivo, *caracterizar los modelos históricos sobre evolución biológica con los que se identifican los profesores de educación secundaria*, este objetivo se logró, para ello se innovó en el diseño de un sistema categorial que posteriormente se convierte en un instrumento analítico construido a partir de los elementos estructurales de un modelo como son las entidades, propiedades de la entidades, relaciones entre entidades y condiciones, organizados de tal forma que, al trasladar un texto a estudiar de un profesor de Biología, se pudiera organizar por enunciados a modelos, el aparato desarrollado permitió ‘transmutar’ un texto a un modelo organizado por sus elementos estructurales.

El sistema categorial diseñado permitió conocer el modelo de una gran cantidad de profesores implementándolo a muestra grande a partir de un cuestionario específico, se emplearon criterios como: similitud específica y elementos estructurales. Pero también, sin modificación en sí del sistema sólo ampliando la información que aporta el docente de Biología –un texto más largo–, se pudo profundizar en el modelo del profesor sobre evolución biológica, esquematizando para inferir la lógica de construcción.

En lo referido a los MTEB con los que se identifican, esto se trabajó a partir de lo que denominados para muestra grande similitud específica, en tanto que para muestra reducida además de la similitud específica se agregó la densidad del modelo, se entendió como identificación la similitud con otros modelos teóricos. Al respecto los profesores FIP-B, tuvieron mayores niveles de similitud con las teorías de Lamarck y Darwin-Wallace respectivamente, los profesores NFIP-B adquirieron también como valores preponderantes de similitud a las teorías de Lamarck y Darwin-Wallace, pero esta fue menor comparada con las de los FIP-B (ver Figura 13).

En el trabajo profundo la similitud fue la misma pero la densidad cambió, el modelo del profesor universitario con estudios en Biología fue muy superior al resto de sus compañeros docentes (2.84), en suma, el objetivo fue logrado (ver Tabla 42).

Finalmente, sobre el cuarto objetivo *“Describir la posible relación que se puede establecer entre los modelos teóricos sobre evolución biológica de los profesores de educación secundaria y su perfil de formación profesional”*, se logró, con el empleo del sistema categorial se pudo observar

a muestra grande que los perfiles específicos en Ciencias Naturales tengan o no estudios de docente previos, son los que tienen los modelos más similares a los modelos de los autores de referencia, pero más aún son los que organizan mejor sus modelos, son más completos y presentan mayor pensamiento evolucionista.

En el trabajo fino realizado para inferir el modelo de los docentes relacionándolo con su perfil, se establece una relación entre el perfil afín a la biología y la robustez del modelo, lo que se reiteró con un criterio añadido, el de la densidad. Los modelos de los profesores siguen una tendencia, mientras tengan más estudios en Biología sus modelos son más densos y articulados. Como conjunto la muestra tiene valores aceptables de pensamiento evolucionista, lo que implica que esta forma de pensar forma parte de la cultura actual, sin que obste que México es un país religioso e incluso católico en su mayoría.

Los objetivos logrados, mostraron aciertos de la investigación, pero también limitaciones o aspectos de interés que deben seguir estudiando. Los logros son el haber empleado una instrumentación diferente a la reportada en la literatura, lo que implica un aporte original no solo para estudios sobre la enseñanza de la evolución biológica en la educación básica, sino implementable a otras disciplinas científicas.

La instrumentación superó en campo las expectativas sobre su potencial, pues no sólo permitió el acceso a la información y su organización por elementos estructurales, sino que metodológicamente permite transmutar, trasladar un conjunto de enunciados lingüísticos a significados propios de los modelos, base de la naturaleza de construcción y comunicativa del modelo (Oh & Oh, 2011).

El instrumento diseñado permite, según se documenta, emplearse para evaluar en experiencias didácticas de modelización, es decir es un instrumento operativo para el trabajo cotidiano del docente, como en la planeación o valoración de los conocimientos. Pero a su vez permite con un uso a profundidad estudios de investigación sobre la epistemología, lógica y en sí indagar sobre la estructura conceptual de los modelos de los sujetos de estudio.

Las limitaciones que se presentaron en esta indagación, fue el de atender en una misma investigación con un mismo instrumento dos niveles de organización, diferentes que implicaría un pensamiento reduccionista. El uso ampliado de este sistema analítico para conocer la organización de las representaciones de los modelos teóricos a profundidad queda en el tintero y es una línea de trabajo a desarrollar, considero que no sólo en evolución biológica, sino en otras disciplinas científicas.

Es necesario probar este aparato en su modalidad de muestra grande en trabajo en grupo en la enseñanza de la ciencia, para que se haga realidad ligar la investigación educativa con la práctica docente auténtica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, E. (2014). *Popol Vuh, antiguas leyendas del Quiché*. México: Colofón.
- Adúriz-Bravo, A. (2011). *Concepto de modelo científico: Una mirada epistemológica de su evolución*. en L. Galagovsky (ED.) *Didáctica de las Ciencias Naturales: El caso de los modelos científicos* (pp. 141-161). Buenos Aires: Logar Editorial.
- Adúriz-Bravo, A. (2013). A “Semantic” View of Scientific Models for Science Education. *Science & Education*, 22 (7), 1593-1611.
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2002). Acerca de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 130-140
- Adúriz-Bravo, A. e Izquierdo-Aymerich, M. (2009). Un modelo de modelo científico para la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 4 (1), 40-49.
- Adúriz-Bravo, A. y Ariza, Y. (2014). Una caracterización semanticista de los modelos científicos para la ciencia escolar. *Bio-grafía, escritos sobre la Biología y su enseñanza*. 7(13), 25-34.
- Alfaro, K. y Montero, E. (2013). Implementación del modelo de Rasch, en el análisis psicométrico de una prueba de diagnóstico en matemática. *Revista digital Matemática, Educación e Internet* 13(1).
- AMNH. (2009) *American Museum of Natural History. Explore and learn online*. http://www.pbs.org/wgbh/evolution/library/06/2/1_062_02.html
- Ariza, Y., Lorenzano, P. y Adúriz-Bravo, A. (2010). Dificultades en la introducción de la “familia semanticista” a la didáctica de las ciencias naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 6(1), 59–74.
- Astolfi J. (1994). El trabajo didáctico de los obstáculos, en el corazón de los aprendizajes científicos. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), 206-216.
- Ávila, A., Carrasco, A., Gómez, A., Guerra, M., López-Bonilla, G. y Ramírez, J. (Coord.) (2013). *Una década de investigación educativa en conocimientos disciplinares en México. Matemáticas, Ciencias Naturales y lenguas extranjeras 2002-2011*. México: ANUIES-COMIE.
- Bahamonde, N. (2007). Los modelos de conocimiento científico escolar de un grupo de maestras de educación infantil: un punto de partida para la construcción de “islotes interdisciplinarios de racionalidad” y “razonabilidad” sobre la alimentación humana. (*Tesis de Doctorado*). Barcelona: Universitat

- Bahena, U. (1996). *La Historia de la Escuela Normal Superior de México. Tomo 1*. México: ENSM.
- Barahona, A. & Bonilla, E. (2009). Teaching Evolution: Challenges for Mexican Primary Schools. *Harvard Review of Latin America*, 3(3), 16-17.
- Barahona, A. y Cortés, O. (2008). *Valores y la enseñanza de la Biología en Secundaria*. México: Castillo.
- Barahona, A., Chamizo, J.A., Garritz, A. & Slisko, J. (2014). Chapter 69. The History and Philosophy of Science and Their Relationship to the Teaching of Sciences in Mexico. M.R. Matthews (ed.), *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, DOI 10.1007/978-94-007-7654-8_69, Springer Science Business Media Dordrecht
- Barba, E., Billorou, N., Negrotto, A. y Varela, M. (2005). *Enseñar a trabajar. Las competencias de quienes forman para el trabajo*. Montevideo: Cinterfor/OIT.
- Barraza, L. (2001). Environmental Education in Mexican Schools: The Primary Level. *The Journal of Environmental Education*, 32(3), 31–36.
- Bermedo, V. y Tizón, M.C. (2011). *Concepciones alternativas sobre evolución en 1o. De ESO*. España: IES Xoan Montes (Lugo).
- Bertalanffy Von, L. (1976). *Teoría General de los Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Bishop, B. A. & Anderson, C. W. (1990). Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *Journal of Research of Science Teaching*, 27, 415-427.
- Bisquerra, R. (1989). *Métodos de investigación*. Barcelona: CEAC.
- Blancas, J. (2010). *La Práctica Docente en Ambientes Tecnológicos para la Enseñanza de las Ciencias Experimentales a partir de las Concepciones de los Profesores sobre Ciencia, Aprendizaje y TIC. (Tesis)*. México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Bourdieu, P. (1997). El Campo científico. En *Los usos sociales de la Ciencia*. Buenos Aires: Ediciones Nueva Visión.
- Bourdieu, P. y Passeron, J-C. (1979). *La reproducción, elementos para una teoría del sistema de enseñanza*. México: Fontamara.

- Bozu, Z. y Canto, P.J. (2009). Profesorado universitario en la sociedad del conocimiento: competencias profesionales. *Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria*, 2, 87-97.
- Brem, S., Ranney, M & Schindel, J. (2003). Perceived Consequences of Evolution: College Students Perceive Negative Personal and Social Impact in Evolutionary Theory. *Science & education*, 87, 181-206.
- Bueno, G. (1995). *¿Qué es la ciencia?, la respuesta de la teoría del cierre categorial*. Oviedo: Pentalfa.
- Campos, M., Sánchez, C., Gaspar, S. y Paz, V. (1999). La organización conceptual de alumnos de sexto grado de educación básica del concepto de evolución, *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, 1(1-2), 39-55.
- Carrascosa, J. (2005). El problema de las concepciones alternativas en la actualidad (Parte I). Análisis de las causas que la originan y/o mantienen. *Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2(2), 183-208.
- Carretero, M. (1996). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Buenos Aires: Aique.
- Carvalho, L., Bartholomei-Santos, S. y Boer, N. (2011). Evolução biológica: percepções de professores de Biologia. *Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias*, 10 (2), 243-263.
- CFE. (2008). *Documento preliminar para la discusión sobre la educación secundaria en Argentina*. Ministerio de Educación, Presidencia de la República.
- Charrier, M., Di Mauro, M., Palmiere, M. y Abud, L. (2012). Sobre la permanencia de las concepciones alternativas de los estudiantes en evolución, un estudio comparado entre estudiantes secundarios y universitarios. *Actas III Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- Coleman, W. (1983). *La Biología en el siglo XIX*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design* (4ª. ed.). Los Ángeles: SAGE. Recuperado de: <http://englishlangkan.com/produk/E%20Book%20Research%20Design%20Cressweell%202014.pdf>

- Cuellar, L. (2010). La historia de la Química en la reflexión sobre la práctica profesional docente. Un estudio de caso desde la enseñanza de la Ley periódica. (*Tesis de Doctorado*). Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Dagher, Z. & Boujaoude. (2004). *Students' Perceptions of the Nature of Evolutionary Theory*. Recuperado de DOI 10.1002/sce.20054 (www.interscience.wiley.com).
- Darwin, C. (2008). *El origen de las especies*. 10ª ed., Madrid: Porrúa.
- Darwin, Ch. (2010). *El origen de las especies por medio de la selección natural*. España: EDAF.
- Darwin, Ch. (2011). *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*. Argentina: No Books.
- Ducoing, P. (2004). Origen de la Escuela Normal Superior de México. *Revista Historia de la Educación Latinoamericana*, 6 (6), 39-56.
- Duit, R. (2006). La investigación sobre la enseñanza de las ciencias. Un requisito para mejorar la práctica educativa. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11 (30), 741-770.
- Durkheim, E. (1982). *El suicidio*. España: Akal.
- Duschl, R. (1996). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- Esteve, J.M. (2006). La profesión docente en Europa: Perfil, tendencias y problemática. La formación inicial. *Revista de Educación*, 340 (2), 19-86.
- Flores, B. (1999). La enseñanza de la Biología en sexto grado de educación primaria. El tema de evolución. (*Tesis*). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Flores, F. (2012). *La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México*. México: INNE.
- Flores, F., Gallegos, L., López, Á., Sosa, P., Sánchez, M. C., Alvarado, C., Bonilla, X., García, A., Reachy, B., Rodríguez, D. P., Valdés, S. y Valladares, L. (2003). Transformaciones conceptuales y pedagógicas en los profesores deficiencias naturales de secundaria: los efectos de los cursos nacionales de actualización. *Informes finales de Investigación Educativa*. México: UNAM.
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., Bonilla, X., López, L. I., y García, B. (2007). Concepciones sobre la naturaleza de la ciencia de los profesores de biología del nivel secundario. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 12(32), 359-380.
- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cazares, L., García-Franco, A., Vega-Murguía, E. y García-Rivera, B. (2007). El conocimiento de los profesores de Ciencias Naturales de secundaria: un estudio en tres niveles. *Revista Iberoamericana de Educación*, 43(3).

- García, Á. (2009). Aportes de la historia de la ciencia al desarrollo profesional de profesores de química. (*Tesis de Doctorado*). España: Universitat Autònoma de Barcelona.
- García, P. (2005). Los modelos como organizadores del currículo en Biología. *Enseñanza de la Ciencia*. Número Extra. VII Congreso, pp.1-6.
- Gene, A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (1), 22-27.
- Giere, R. (1992). *La explicación de la ciencia: Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Original en inglés de 1988.
- Giere, R. (1999). Un nuevo marco para enseñar el razonamiento científico. *Enseñanza de las ciencias, Número Extra*, 63-70.
- Giere, R. (2004). How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71(5), pp. 742–752. DOI. 0031-8248/2004/7105-0008\$10.00
- Giere, R.N. (1999). Del realismo constructivo al realismo perspectivo. *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 9-13.
- Gil, D., Carrascosa J. y Martínez F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En F. Perales y P. Cañal (Coord.), *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp.11-34). España: Editorial Marfil.
- Gómez A. (2008). Construcción de explicaciones multimodales: ¿qué aportan los diversos registros semióticos? *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 4(2), 83-99.
- Gómez, A. (2009). *El estudio de los seres vivos en la Educación Básica: Enseñanza del sistema nervioso desde un enfoque para la evolución de los modelos escolares*. Monterrey, México: Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Gómez, A. (2014). El uso de las representaciones multimodales y la evolución de los modelos escolares. En Merino, C., Arellano, M., Adúriz-Bravo, A. (Ed). *Avances en didáctica de la química, modelos y lenguajes*. Chile: Universidad de Valparaíso.
- González, J. (2010). La recepción de los textos de Darwin y Wallace en la Linnean Society. Una crónica del silencio. *Endoxa. Series filosóficas*. 24, 61-87.
- González. L., Martínez, M. y Velázquez, O. (2006). Procesos de formación continua y su incidencia en la práctica docente de los profesores de educación secundaria. Ponencia. Congreso Estatal de Investigación Educativa. Jalisco, México.

- González-Galli, L. (2010). La teoría de la evolución. En E. Meinardi, L. González-Galli, A. Revel y V. Plaza (eds.), *Educación en Ciencias* (pp. 225-260). Argentina: Paidós.
- González-Galli, L. (2011). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural. (*Tesis de Doctorado*). Argentina: Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- González-Galli, L. y Meinardi, E. (2013). ¿Está en crisis el darwinismo? Los nuevos modelos de la biología evolutiva y sus implicaciones didácticas. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 27, 2019-2034.
- González-Galli L. y Meinardi E. (2017). Obstáculos para el aprendizaje del modelo de evolución por selección natural en estudiantes universitarios de Biología. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14 (2), 435-449. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/19506>
- González-Galli, L., Adúriz-Bravo, A. y 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, pp.1-6.
- Gould, J. (2004). *La estructura de la teoría de la evolución*. Barcelona: Tusquets.
- Grau, R. y De Manuel, J. (2002) Enseñar y Aprender evolución: una apasionante carrera de obstáculos. *Alambique Didáctica de las ciencias experimentales*, 32(1) 56-64.
- Guevara, G. (2014). Conocimientos sobre la naturaleza de la ciencia que poseen los profesores de escuelas secundarias del Distrito Federal y su manifestación en la enseñanza de las ciencias. (*Tesis de Maestría*). México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Guillén, F. (1995). Problemas asociados a la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria: algunas sugerencias. *Ciencia*, 46 (2).
- Guillén, F. (1996). ¿Qué saben los estudiantes de secundaria sobre el tema de evolución? En M. Campos y R. Ruiz (eds.), *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias* (pp.181-217). México: IIMAS-UNAM.
- Gutiérrez, R. (2005). Polisemia actual del concepto "modelo mental". Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 10 (2), 209-226.
- Gutiérrez, R. (2014). Lo que los profesores de ciencia conocen y necesitan conocer acerca de los modelos: aproximaciones y alternativas. *Bio-grafía, escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 7(13), 37-66.

- Hacking, I. (1996) *Representar e intervenir*. México: Paidós, IFUNAM.
- Harrison, A. G. & Treagust, D. F. (2000). A typology of school science models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.
<https://doi.org/10.1080/095006900416884>
- Hernández, C. (2002). La historia en la enseñanza de la teoría de la selección natural. (*Tesis de Doctorado*). México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- Hernández, C., Álvarez, E. y Ruiz, R. (2009). La selección natural: aprendizaje de un paradigma. *Teorema*, 28 (2), 107-121.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, R. y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6ª. ed.). México: McGRAW-HILL.
- INEE. (2009). *El aprendizaje en tercero de secundaria en México. Informe sobre los resultados de Excale 09, implementación 2008*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- INEE. (2010). *México en PISA 2009*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- INEE. (2013). *México en PISA 2012*. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- INEE. (2015). *Los docentes en México. Informe 2015*. 1ª edición. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación.
- Izquierdo-Aymerich, M. (2014). Los modelos teóricos en la enseñanza de las ciencias para todos (ESO nivel secundario). *Biografías, escritos sobre la Biología y su enseñanza*. 17(13), 69 – 85. DOI: <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia69.85>
- Izquierdo-Aymerich, M. & Adúriz-Bravo, A. (2003). Epistemological foundations of school science. *Science & Education*, 12(1), 27–43.
- Izquierdo, M., Espinet, M., García, M., Pujol, R. y Puig, N. (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Enseñanza de Las Ciencias*. Número extra, 79 - 91.
- Jiménes, F. y Macías, S. (2002). Estado que guarda la enseñanza de la física en siete escuelas secundarias, pertenecientes al subsistema educativo”. En *Compilación de resúmenes analíticos en educación*. Dirección General de Posgrado e Investigación Educativa. México: Secretaría de Educación Jalisco.

- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1989). Los esquemas conceptuales sobre la selección natural: Análisis y propuestas para un cambio conceptual. (*Tesis de Doctorado*). España: Universidad Complutense de Madrid.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(3), 248-256.
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (1992). Thinking about theories or thinking with theories? a classroom study with natural selection. *International Journal of Science Education*, 14(1), 51-61.
- Lakatos, I. (1978). La Metodología de los Programas de Investigación. Madrid: Alianza Editorial.
- Lazcano, A. (2016). *Tres ensayos darwinistas*. México: El Colegio Nacional.
- Lederman, N. (1992). Student and teacher's conceptions of the nature of science. A review of the research. *Journal of research in science teaching*, 29(4), 331-359
- León, A.I. (1995). Educación en Ciencias Naturales: contexto educativo 1982-1992. En G. Waldegg (coord.), *Procesos de enseñanza y aprendizaje II (La investigación educativa en los ochenta, perspectiva para los noventa)*. México: COMIE/Fundación SNTE para la Cultura del Profesor Mexicano.
- Llorente, J. (1990). *La búsqueda del método natural*. México: Fondo de cultura económica.
- Loera, A, Hernández R, Rangel, A, y Sánchez, S. (2007). *Cambios en la práctica pedagógica videograbada*. México: Universidad Pedagógica Nacional.
- López-Mota, Á. (1995). En G. Waldegg (coord.), *Procesos de enseñanza y aprendizaje II (La investigación educativa en los ochenta, perspectiva para los noventa)*. México: COMIE/Fundación SNTE para la Cultura del Profesor Mexicano.
- López-Mota, Á. (2006). Educación en Ciencias Naturales: visión actualizada del campo. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11 (30), 721-739.
- López-Mota, Á. (Coord.) (2003). *Saberes científicos, humanísticos y tecnológicos: procesos de enseñanza y aprendizaje. La investigación educativa en México (1992-2002)*, 7 Tomo I. México: COMIE.
- López-Mota, Á. y Rodríguez-Pineda, D, (2013). Anclaje de los Modelos y la Modelización Científica en Estrategias Didácticas. *Enseñanza de las Ciencias*. Número extra, 2008-2013.
- Lucas, A.M. (1971). The teaching of "adaptation". *Journal of Biological Education*. 5, 86-90.
- Lucio, R. (1999). *Estados del arte de la investigación en Educación y Pedagogía en Colombia 1989-1999*. Bogotá: Colciencias.

- Maciel, S. (2005). Concepciones sobre evolución biológica de estudiantes de la licenciatura en educación primaria de la Benemérita Escuela Nacional de Profesores. (*Tesis*). México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- Martínez, L. (1997). Un acercamiento a la evaluación comparativa del docente de Biología en secundaria. (*Tesis*). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Martínez, L. (2000). La evaluación como base para la enseñanza de la evolución en la escuela secundaria por medio de acercamientos sucesivos. *Ponencia. IV Memorias de una experiencia docente*. México. SEP.
- Martínez Hernández, M. L. y Rodríguez Pineda, D. P. (2014). ¿Cuál es la Formación Profesional de los Profesores de Biología en México? *Tecné, Episteme y Didaxis: TED.*, Número Extraordinario, Sexto Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 1192-1200
- Martínez, L. y Rodríguez, D. (2015) La formación profesional de los profesores de secundaria que enseñan Biología en México: el caso del Distrito Federal. En la *revista Bio-grafías. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*, Número extra, 970-981.
- Martínez Hernández, M. L. y Rodríguez Pineda, D. P. (2016). La evolución biológica y el pensamiento del profesor de secundaria *Tecné, Episteme y Didaxis: TED.*, Número Extraordinario, Séptimo Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias, 443-449.
<http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4563/3756>
- Martínez, L. y Rodríguez-Pineda, D. (2017). Caracterización de los modelos teóricos de evolución biológica para identificar el modelo del profesorado de secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, Número Extraordinario, 3889-3894. <https://ddd.uab.cat/record/183811>
- Martínez, L., y Rodríguez-Pineda, D. (2019). Diseño de un instrumento para caracterizar el modelo teórico de evolución biológica del profesorado de secundaria. *Revista Bio-grafías. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, Número Extraordinario 856-865. Recuperado a partir de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/10983>
- Martínez, L., Más, L. y Paz, V. (2014). ¿Quiénes enseñan Biología en las escuelas secundarias generales de México? Un caso, Iztapalapa, ciudad de México. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED.*, Número Extra.

- Martínez, C. (2013) El lenguaje vacío es una ruptura del saber y hacer, la formación continua del profesor en servicio. *Xictli*, 68. <http://xictli.sytes.net:90/revista/secciones/index.php?secc=Investigaci%F3n%20Educativa>, acceso 12/11/2013.
- Maturana, H. (1992). El origen de las especies por deriva natural. Chile: Museo de Historia Natural.
- Mayr, E. (1982). *The growth of biological*. London: Harvard University Press,
- Mayr, E. (2000). *Así es la Biología*. México: Biblioteca del Normalista-SEP.
- Medina, J.S. (2005). Representación social de la Teoría de la evolución entre estudiantes de las diferentes carreras profesionales. (Tesis). Edo. De México: FES-Iztacala, UNAM.
- Medina, P. (1999). Normalista o universitario: ¿Polos opuestos o procesos y proyectos compartidos? *Perfiles educativos*, 84 (1), México: IISUE, UNAM.
- Meinardi, E. y Adúriz-Bravo, A. (2002). Encuesta sobre la vigencia del pensamiento vitalista en los profesores de Biología. *Revista Iberoamericana de Educación, versión electrónica*. Edición online: <http://www.rieoei.org/experiencias28.htm>.
- Mellado, V. (1996). Concepciones y prácticas de aula de profesores de ciencias, en formación inicial de primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (3), 289-302.
- Moore, R. & Kraemer, K. (2005). The teaching of evolution and creationism in minnesota. *American Biológico Teaching*, 67, 457-66.
- Moreno-Arcuri, G. y López-Mota, A. (2013). Construcción de modelos en clase acerca del fenómeno de la fermentación, con alumnos de educación secundaria. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (Colombia)*, 53-78.
- Murillo, J. (2006). *Modelos innovadores para la formación inicial docente. Una propuesta para el cambio*. Santiago de Chile: ORELAC/UNESCO.
- Nadelson, L. & Nadelson, S. (2010). *K-8 Educators Perceptions and Preparedness for Teaching Evolution Topics*. DOI 10.1007/s10972-009-9171-6.
- Nehm, R. & Schonfeld, I. (2007). *Does Increasing Biology Teacher Knowledge of Evolution and the Nature of Science Lead to Greater Preference for the Teaching of Evolution in Schools?* DOI 10.1007/s10972-007-9062-7

- Nehme, R., Kim, S. & Sheppard, K. (2009). *Academic Preparation in Biology and Advocacy for Teaching Evolution: Biology Versus Non-Biology Teachers*. DOI 10.1002/sce.20340 Publisher (www.interscience.wiley.com).
- OCDE-PISA (2000). *La medida de los conocimientos y destrezas de los alumnos: Un nuevo marco para la evaluación*. Madrid: MECD.
- OEI. (2003). Organización y estructura de la formación docente en Iberoamérica. *Documento de trabajo*. España: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- Oh, P. S. & Oh, S. J. (2011). What Teachers of Science Need to Know about Models: ¿An overview? *International Journal of Science Education*, 33(8), 1109-1130.
- Olea, A. (compilador) (1988). *Polémicas contemporáneas en evolución*. México: AGT.
- Oliveira, G., Pagan, A. y Bizzo, N. (2012). Evolución biológica: actitudes de estudiantes brasileños. *Bio-grafías: escritos sobre la Biología y su enseñanza*, 5(9) Monográfico de evolución, 51-66.
- Paz, V. (1999). La enseñanza de la evolución en la educación primaria como una evidencia de los obstáculos a los que se enfrenta el niño para construir conceptos complejos. *Ponencia*. V Congreso Nacional de Investigación Educativa, Aguascalientes, México.
- Paz, V. (1999). Una evaluación de la enseñanza de la Biología en la educación primaria, (D.F.). (*Tesis de Maestría*). México: Facultad de Ciencias, UNAM.
- Paz, V. (2001). La enseñanza de la evolución en la educación primaria como una evidencia de los obstáculos a los que se enfrenta el niño para construir conceptos complejos. *Xictli* (42).
- Paz, V. (2004). Problemas principales que presenta la enseñanza del tema de evolución la evolución biológica en la educación básica. *Xictli* (54).
- Paz, V. y Martínez, L. (2003). Posibles efectos de la forma en que entiende el profesor de primaria la evolución biológica y la forma en que aprenden sus alumnos. *Xictli*, (52) México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Paz, V. y Martínez, L. (2017). Involución de la formación de los profesores de Biología para la escuela secundaria en México durante el siglo XX. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra, 2845-2850.

- Pazza, R., Penteado, P. & Kavalco, K. (2009) Misconceptions About Evolution in Brazilian Freshmen Students *Evo Edu Outreach* 3, pp. 107–113. DOI 10.1007/s12052–009–0187–3. Published online: 10 December 2009 # Springer Science Business Media, LLC 2009
- Pedroche, F. (2009). La síntesis moderna en Biología. Eclecticismo o la complementariedad de un gran paradigma. *Casa del tiempo*. 21, pp. 32–38. Disponible en http://www.uam.mx/difusion/casadeltiempo/21_iv_jul_2009/casa_del_tiempo_eIV_num21_32_38.pdf
- Ponce de León, J. y Rosas, P. (1999). La evolución biológica. Dificultades para su fijación en el sexto grado de educación primaria. (Tesis). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Ponce, V. (2014). Reprobación y fracaso en secundaria. Hacia una reforma integral. *Revista de Educación y Desarrollo*, 2(2), 59-70.
- Porlán, R., Azcarate, P., Martín del Pozo, R., Martín, J. y Rivero, A. (1996). Conocimiento profesional deseable y profesores innovadores: Fundamentos y principios formativos. *Investigación en la Escuela*, 29, 23-38.
- Quiroz, R. (2002). Currículum y prácticas de enseñanza en la escuela secundaria. En G. Ynclán, *Todo por hacer. Algunos problemas de la Escuela Secundaria* (pp. 69-92). México: Centro de Investigación para el Éxito y la Calidad Educativa, S.C.
- Rico, C. (2006). Las Concepciones Alternativas de los Profesores de Educación Secundaria sobre la Evolución en los Seres Vivos. (Tesis de Maestría). México: Facultad de Ciencias-UNAM.
- Ríos, O. (2013). Evolución: Concepciones e incidencias del quehacer del profesor y sus estrategias didácticas. *Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza*. Número Extraordinario, 780-804.
- Robles, P. y Rojas, M. D. C. (2015). La validación por juicio de expertos: dos investigaciones cualitativas en Lingüística implementada. *Revista Nebrija de Lingüística Implementada*, 18.
- Rocha, M. (2012). La enseñanza del concepto de evolución en estudiantes de la básica secundaria. (Tesis de magister). Medellín: Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.
- Rodríguez-Pineda, D. (2007). Relación entre concepciones epistemológicas y de aprendizaje, con la práctica docente de los profesores de ciencias, a partir de las ideas previas en el ámbito de la física. (Tesis de Doctorado). México: Universidad Pedagógica Nacional.

- Rodríguez-Pineda, D., Izquierdo-Aymerich, M. y López-Valentín, D. M. (2011). ¿Por qué y para qué enseñar ciencias? En A. D. López-Mota y M. T. Guerra (Coord.), *Las Ciencias Naturales en educación básica: formación de ciudadanos para el siglo XXI* (pp. 13-42). México: SEP,
- Rodríguez-Pineda, D., López-Mota, A., López, C., y Flores, M. (2013). El campo de Educación en Ciencias: una mirada desde la UPN. *Entre maestr@s*, 13 (46), 60-67.
- Ruiz, R. (2013). *Grandes Profesores. UNAM. Darwinismo. Su significado, su impacto*. Recuperado de: <http://www.grandesprofesores.unam.mx/curso-disponible/darwinismo-su-significado-su-impacto/>
- Ruiz, R. y Ayala, F. (2002). *De Darwin al DNA y el origen de la humanidad: la evolución y sus polémicas*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Salgado, G. (2013). Construcción de modelos escolares sobre evolución biológica: una estrategia didáctica sustentada en la modelización. (*Tesis de Maestría*). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Sánchez, M.C. (2000). La enseñanza de la teoría de la evolución a partir de las concepciones alternativas de los estudiantes. (*Tesis de Doctorado*). México: Facultad de Ciencias, UNAM. Recuperado de <http://132.248.9.195/pd2000/272952/Index.html>
- Sánchez, C. y Ruiz, R. (2006). *La evolución: antes y después de Darwin*. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Sánchez, S. y Domínguez, A. (2008). Elaboración de un instrumento de viñetas para evaluar el desempeño docente. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 13(37), 625-648.
- Sandoval, E. (2001). Ser profesor de secundaria en México: condiciones de trabajo y reformas educativas. *Revista iberoamericana de educación*, 25. Monográfico profesión docente México. Disponible en <http://www.rieoei.org/rie25f.htm>
- Sanmartí, N. (2002). *Didáctica de las ciencias en la educación secundaria obligatoria*. Madrid: Síntesis Educación.
- Schussheim, V. (1996). *El guardián de los herbarios del Rey. Jean Baptiste de Lamarck*. Sevilla: Pangea.
- Schwarz, C., Reiser, B., Davis, E., Kenyon, L., Acher, A., Fortus, D., Shwartz, Y. Hug, B., Krajcik, J. (2009). Developing a Learning Progression for Scientific Modeling: Making Scientific

- Modeling Accessible and Meaningful for Learners. *Journal of research in science teaching*, 46(6), 632–654.
- SEP (1993). *Plan y programas de estudios 1993*. Educación Básica, secundaria. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (1996). *La enseñanza de la Biología en la escuela secundaria*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2006) *Educación básica, secundaria, Ciencias. Programa de estudio 2006*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011). *Acuerdo de articulación para la educación básica, 2011*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2011). *Programa de estudio 2011 guía del profesor. Educación secundaria ciencias*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2013). *Curso: El sujeto y su formación profesional como docente de la Licenciatura en Educación Primaria. Plan de estudios 2012*. México: Dirección General de Educación Superior para Profesionales de la Educación (DEGESPE).
- SEP (2013). Ley General de Educación. En *Diario Oficial de la Federación*. México: Secretaría de Educación Pública.
- SEP (2014). *Perfil, Parámetros e Indicadores para Docentes y Técnicos Docentes y Propuesta de etapas, aspectos, métodos e instrumentos de evaluación*. México: SEB-Coordinación Nacional del Servicio Profesional Docente.
- SEP (2017). Aprendizajes clave para la educación Integral. Ciencia y tecnología. Educación secundaria. Plan y programas de estudio, orientaciones didácticas y sugerencias de evaluación. México: Secretaría de Educación Pública.
- Soriano, A. M. (2014). Diseño y validación de instrumentos de medición. *Diálogos*, 14, 19-40.
- Soto-Sonera, J. (2009). Influencias de las creencias religiosas en los docentes de ciencia sobre la teoría de la evolución biológica y su didáctica. *Revista Mexicana de Investigación Mexicana*, 14(41), 515-538.
- Tamayo, O. y Sanmartí, N. (2007). High-school student's conceptual evolution of the respiration of the respiration concept from the perspective of Giere's cognitive science model. *International Journal of Science Education*. 29(2), 215-248.

- Tarango, E. (2012). Los docentes y la enseñanza de la historia con los programas de la reforma a la educación secundaria, 2006, reproducción o resistencia. (*Tesis de Doctorado*). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Tortolero, A. (1999). ¿Qué sabe el profesor de 6°. Grado sobre los contenidos de evolución en la educación primaria? (*Tesis*). México: Universidad Pedagógica Nacional.
- Valbuena, E. (2007). El conocimiento didáctico del contenido biológico: estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia). (*Tesis de Doctorado*). España: Universidad Complutense de Madrid.
- Vélez, A. y Calvo, G. (1992). La investigación documental. Estado del arte y del conocimiento. Bogotá: Universidad de la Sabana.
- Vitoria, M. A. (2009). Auguste Comte. En F. Fernández y J. Mercado (eds.), *Philosophica: Enciclopedia filosófica online*. (DOI): 10.17421/2035_8326_2009_MAV_1-1
<http://www.philosophica.info/archivo/2009/voces/comte/Comte.html>
- Wallerstein, I. (2006). La estructura del conocimiento o ¿de cuántas formas podemos conocer? *Espacio abierto*, 15(1-2), 83-90.
- Yáñez, R., Ahumada, H. y Rivas, E: (2012). La técnica de viñeta y su implementación en investigaciones en enfermería. *Ciencia y Enfermería*, 18(3), 9-15.
- Yates, T. & Marek, E. (2013). Is Oklahoma really, OK? A regional study of the prevalence of biological evolution–related misconceptions held by introductory biology teachers. *Education and Outreach*, 6:6 <http://www.evolutionoutreach.com/content/6/1/6>.
- Zorrilla, M. (2008). Reforma educativa en México. Descentralización y nuevos actores. *Revista electrónica sinéctica*. 30,1 -30.

ANEXOS

I. El sistema categorial del Modelo Teórico de Evolución Biológica

Elementos estructurales de los principales Modelos Teóricos de Evolución Biológica

MTEB		Lamarck (Siglo XVIII)	Darwin – Wallace (Siglo XIX)	Sintética (Siglo XX)
Entidad	Ser vivo Unidad biológica evolutiva Unidad de cambio	Organismo Un ejemplar de una especie	Población Cambio en la frecuencia de los organismos	Población Cambio en la frecuencia de los alelos
Propiedad de la Entidad	Variabilidad	No existe	Intrínseca/azar	Intrínseca mutaciones genéticas
	Adaptabilidad	Intencionalidad/ dirigida	Sin intencionalidad origen de la variación	Sin intencionalidad
	Heredabilidad	Caracteres adquiridos	Caracteres espontáneos	Mutaciones
Relaciones	Parentesco y descendencia	Lineal ancestro único para cada linaje	Ramificada ancestro común	Ramificada ancestro común
	Especiación	Organismo/especie anagénesis	Especie filogénesis y cladogénesis	Poblaciones/Pull genético filogénesis
Condiciones	Mecanismo de la evolución	Tendencia intrínseca Secundarios: Uso y desuso y Herencia de los caracteres adquiridos	Selección natural secundarios: efecto y continuidad	Selección natural Deriva Génica

II. Cuestionario implementado al profesorado de Biología de Secundaria



Cuestionario para Docentes de Ciencias I

Estimado Profesor, estamos trabajando en un proyecto de investigación del doctorado de la Universidad pedagógica Nacional de en el marco de Educación en ciencias, sobre el tema de la enseñanza de la evolución en la educación secundaria, dada la relevancia de este tema en el ámbito de la Biología. Por lo que queremos pedir su ayuda para que conteste todas las preguntas que no le llevarán mucho tiempo. El éxito de este estudio depende de su valiosa y sincera colaboración, bajo el entendido de que la información proporcionada será tratada de manera confidencial y anónima, ya que persigue fines de investigación y por lo tanto no se utilizará con otros propósitos. No hay respuestas correctas ni incorrectas. De antemano agradecemos su colaboración y apoyo.

PARTE A.

- *Datos generales*

Escuela Secundaria: General No. ____ Técnica No. ____ Particular:

Sexo: F ____ M ____

Edad: _____

Año de ingreso a laborar en secundaria: _____

Antigüedad, años de experiencia docente en secundaria:

0-5 ____ 5-10 ____ 10-15 ____ 15-20 ____ 20-25 ____ 25-30 ____ más de 30 ____

Asignatura (s) que imparte actualmente: _____

Asignatura(s) atendida(s) en los últimos tres años: _____

Experiencia en otro nivel educativo:

Prescolar ____ Primaria ____ Media Superior ____ Superior ____

Años de experiencia en secundaria: _____

• **Formación académica**

Estudios realizados:

Normal Superior: Si ____ No ____ (en caso de que no pase a la siguiente pregunta)

Nombre de la Institución: _____

Año de Ingreso: _____

Formación Profesional en la Normal Superior: Especialidad ____ Maestría ____

Licenciatura _____

Biología ____ Ciencias Naturales ____ Otro ¿Cuál? _____

Titulado: Si ____ No ____

Institución de Educación Superior: Si ____ No ____

Nombre de la Institución: _____

Año de Ingreso: _____

Formación Profesional: _____

Titulado: Si ____ No ____

Estudios de posgrado: Si ____ No ____

Especialización en: _____ Institución: _____

Maestría en: _____ Institución: _____

Doctorado en: _____ Institución: _____

Cuenta con la Nivelación Pedagógica: Si ____ No ____

Cursos en los últimos tres años: Si ____ No ____

Relacionados con el ámbito con su Especialidad: ¿cuáles? _____

Institución _____

Relacionados con la enseñanza de la Biología: ¿cuáles? _____

Institución _____

Relacionados con la enseñanza de la evolución biológica: ¿cuáles? _____

Institución _____

Otros, ¿Cuál? _____ Institución _____

PARTE B.

Instrucciones.

Esta parte consta de siete situaciones que presentan tres posibles alternativas de respuesta, de las cuales le solicitamos que usted sólo elija una de ellas. Una vez elegida la respuesta, márquela con una X, de tal manera que exista sólo una respuesta para cada pregunta. **La alternativa que usted seleccione no será juzgada como correcta o incorrecta, solo corresponde a la opción que refleja su manera de pensar o idea con la que más se identifica.** Si ninguna de las opciones corresponde a su respuesta, usted podrá escribir una alternativa, que no sea la suma, ni mezcla de las opciones propuestas.

Así mismo, le pedimos en todos los casos justificar por escrito la opción elegida.

ENTIDAD: SERES VIVOS

1. En una salida al Santuario de la Mariposa Monarca, la persona que guía la visita realiza la siguiente pregunta a los alumnos: *¿saben cómo es la migración de las mariposas monarcas?*

Unos contestan: *¡Nooo!*

Otros alumnos responden: *¡Siii!*

A lo que Laura dice, ya sé: *son muchas mariposas... y se mueren aquí, pero sus hijas regresan al norte*

Y Pedro pregunta: *¿son las mismas mariposas las que vuelan desde Canadá, las que llegan a invernar a México a su lugar de origen?*

A lo que la guía responde:

D a) Las poblaciones distintas de mariposas monarca llegan a México a los bosques de Michoacán y Estado de México.

S b) Las poblaciones distintas de mariposas monarca que llegan a México se pueden cruzar entre sí, son unidades de almacenamiento de información genética la transmiten a sus descendientes.

L c) Las mariposas monarca que llegan a México desde Canadá el vuelo conjunto no impide que algunos organismos mueran, pero la especie sobrevive.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

--

PROPIEDAD DE LA ENTIDAD: VARIABILIDAD

2. En una visita al acuario, un docente y la guía explicaban a los alumnos sobre las variaciones morfológicas y fisiológicas que tienen los seres vivos a través del tiempo, llegan al estanque de los pingüinos y maravillados los alumnos ven nadar a estas aves.

Iván pregunta: *profesor ¿por qué nadan los pingüinos?*

La guía se anticipa y contesta:

D a) Porque al cruzarse entre los organismos de una misma población tuvieron variaciones aleatorias.

L b) Porque al adaptarse al ambiente acuático tuvieron la necesidad de cambiar las alas por aletas.

S c) Porque desde sus ancestros tuvieron mutaciones en el material genético y los cambios fueron aleatorios.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

PROPIEDAD DE LA ENTIDAD: ADAPTABILIDAD

3. En la clase de Biología se proyecta un documental y el narrador dice: *En México existe una gran diversidad de quirópteros, algunos de ellos son frugívoros, otros insectívoros, también los hay hematófagos, en el Estado de Morelos existen quirópteros que tienen las tres formas de alimentarse...*

Carlos pregunta: *¿qué es un quiróptero?*

Roberto afirma: *Es un murciélago*

Susana comenta: *yo creo que los murciélagos son los vampiros que chupan sangre y, además pregunta: ¿cómo es que se alimentan de otras cosas?*

A partir de lo escuchado en el documental, Roberto le contesta a Susana que los murciélagos pueden alimentarse de diversas formas de alimentarse porque:

S a) Tienen la capacidad intrínseca como población que les permite responder “favorablemente” a las presiones del medio.

D b) Tienen la capacidad intrínseca como población que les permite responder a las condiciones cambiantes del medio.

L c) Tienen la capacidad de adaptarse al ambiente para satisfacer sus necesidades biológicas y sus acciones en un ambiente.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

PROPIEDAD DE LA ENTIDAD: HEREDABILIDAD

4. En la clase de laboratorio, la profesora solicita a los alumnos una planta de Maravilla (*Mirabilis jalapa*), para trabajar flor, tallo, hoja, raíz y semilla. Rocío trae una planta con flores de color rosa, Juan una de flores color amarillo y Laura una de flores combinadas rosas con amarillas.

Al ver la diferencia de colores, Irma pregunta: *¿Las plantas que trajeron mis compañeros, si son de la misma especie?*

La profesora afirma: *sí, son variedades de la *Mirabilis jalapa**

Irma insiste: *entonces ¿por qué Laura tiene una con combinación de dos colores en una misma flor?*



Mirabilis jalapa

La profesora podría decirle, que las flores son combinadas porque:

D a) Sólo se pueden heredar las variaciones espontáneas de los caracteres y, las variaciones solo pueden ser seleccionadas de los individuos dentro de una población.

S b) Los cambios en las frecuencias alélicas en los genotipos, son producto de su reproducción diferencial que se dan en la población.

L c) Alguien tiñó con rojo las flores amarillas; nacieron nuevas plantas con estos caracteres y los transmitieron a sus descendientes.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

RELACIONES ENTRE ENTIDADES: PARENTESCO Y DESCENDENCIA

5. Raúl intenta explicar a su compañera Elena la historia del hombre desde sus ancestros hasta el actual, pues van a exponer el tema en la clase de Biología. Elena comenta que su mamá dice que sus parientes son los monos.

Elena, que se considera una princesa, no concibe que un mono sea su pariente

A lo que Raúl responde: *es cierto lo que tu mamá te dice, los monos son tus parientes porque...*

D a) El parentesco se da de manera ramificada, los primates incluyendo al hombre tienen un ancestro en común.

L b) El parentesco es lineal, se da la serie del mono al hombre en una secuencia única.

S c) El parentesco es ramificado ya que a partir de un pool genético se originan los primates ancestrales incluyendo al hombre.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

RELACIONES ENTRE ENTIDADES: ESPECIACIÓN

6. Dos profesores de Biología en formación Juan y María van de visita al Jardín Botánico y llegan al lugar donde están los nopales (*Opuntia*).

María dice: *En México la riqueza de variedades del nopal es enorme*

Juan pregunta a María: *¿Cómo explicarías que a partir de una sola población ahora haya tantas especies en lugares tan diferentes como en la Ciudad de México, Michoacán o Querétaro?*

María contesta: el punto inicial se da porque...

S a) Cada especie de nopales se originó a partir de la fragmentación de un pool genético común, en dos o más especies.

L b) Cada linaje de nopales es un evento de generación espontánea distinto, se transforma linealmente de una especie a otra.

D c) Cada población de nopales a partir de un ancestro en común estas divergen en nuevas especies.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

MECANISMO DE LA EVOLUCIÓN

7. En clase de Biología, Silvia hace un comentario con respecto a un artículo que leyó en una revista, que decía “*existen niños con Osteogénesis imperfecta, ellos se mueven en sillas de ruedas, sus huesos son muy frágiles uno de ellos se acaba de fracturar un dedo al querer abrir una lata de refresco*”.

El profesor la escucha y dice: *al parecer el hombre es el único que tiene Osteogénesis imperfecta, hasta el momento no se han detectado casos en nuestros parientes cercanos los chimpancés éste es un trastorno congénito; esto implica que...*

D a) La selección natural tiene que ver para que el hombre tenga *Osteogénesis imperfecta* y no exista en los chimpancés.

S b) La deriva génica tiene es la condición para que el hombre tenga *Osteogénesis imperfecta* y no exista en los chimpancés.

L c) La herencia de los caracteres adquiridos es la condición para que el hombre tenga *Osteogénesis imperfecta* y no exista en los chimpancés.

d) Otra ¿Cuál?

Argumente su elección

Favor de poner su correo electrónico para ampliar la información y comunicarnos con usted.

III. Instrumento para Jueceo de Expertos

CONTEXTUALIZACIÓN

<i>Tema de investigación</i>	<i>Los modelos teóricos de los profesores de secundaria sobre la evolución biológica y la relación con su perfil de formación profesional</i>
<i>Objetivos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ● Conocer los perfiles de formación profesional que tienen los profesores de Biología de educación secundaria ● Identificar y caracterizar los Modelos Teóricos de Evolución Biológica de los profesores de Biología de educación secundaria. ● Identificar si existe relación entre la formación de los profesores de educación secundaria y sus modelos teóricos sobre evolución biológica
<i>Informantes</i>	Profesores de Ciencias 1 (Énfasis en Biología) de Educación Secundaria – los alumnos de este curso tienen entre 12 y 13 años–.
<i>Instrumento de recolección de información</i>	<p>Cuestionario: está compuesto por tres apartados</p> <p><i>Parte A.</i> Permite recupera información para caracterizar la muestra e identificar el perfil de formación profesional.</p> <p><i>Parte B.</i> Tiene la intención de obtener información para identificar los Modelos Teóricos de Evolución Biológica de los profesores de Biología de educación secundaria.</p> <p><i>Parte C.</i> Concierna a una pregunta abierta relacionada con la enseñanza del tema de la evolución.</p> <p>Para ello se plantean 7 situaciones escolares contextualizadas, que dan cuenta de los elementos estructurales del Modelo Teórico de Evolución Biológica –MTEB–, construido previamente, a partir de un sistema categorial constituido por <i>entidades y sus propiedades, relaciones entre entidades y condiciones</i></p> <p>·</p> <p>Cada una de las 7 situaciones, cuenta con tres opciones de respuesta relacionadas con los MTEB: <i>Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética.</i></p> <p>Se da la posibilidad de que el profesor plantee otra opción –que no sea la suma o combinación de las 3 propuestas–, además se tiene un espacio en el que tendrá que argumentar la opción elegida.</p>

CRITERIOS DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

1. Valore las tres **partes** que constituyen el instrumento, para comprobar si son pertinentes de acuerdo con el tema y el logro de los objetivos de la investigación

1= Totalmente en desacuerdo, **2=**En desacuerdo, **3=**Parcialmente de acuerdo, **4=** De acuerdo, **5=**Completamente de acuerdo

Si considera necesario hacer alguna modificación, señálelo en la casilla de observaciones

PARTES	VALORACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
A. Datos generales y perfil de formación profesional						
B. Los MTEB del profesorado de Biología						
C. Enseñanza de la evolución biológica						

2. Valore las **situaciones** para comprobar si tienen coherencia y pertinencia con el tema para el logro de los objetivos de la investigación; son claras y precisas en su lenguaje y redacción; tienen una extensión adecuada para su lectura rápida; tienen correspondencia con la respuesta posible.

1= Totalmente en desacuerdo, **2=**En desacuerdo, **3=**Parcialmente de acuerdo, **4=** De acuerdo, **5=**Completamente de acuerdo

Si considera necesario hacer alguna modificación, señálelo en la casilla de observaciones

SITUACIONES	VALORACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

3. Valore las **opciones**, para comprobar si tienen coherencia y pertinencia con el tema para el logro de los objetivos de la investigación; son claras y precisas en su lenguaje y redacción; tienen una extensión adecuada para su lectura rápida; tienen correspondencia y se refieren al texto de pregunta de la situación contextualizada.

1= Totalmente en desacuerdo, 2=En desacuerdo, 3=Parcialmente de acuerdo, 4= De acuerdo, 5=Completamente de acuerdo
 Si considera necesario hacer alguna modificación, señálelo en la casilla de observaciones

OPCIONES	VALORACIÓN					OBSERVACIONES
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Observaciones y recomendaciones por parte del evaluador

Fecha: _____ de 2017

Dictaminado por: _____

IV. Valoración del instrumento por parte de los docentes de secundaria

Instrucciones: Profesor (a) después de haber conocido el instrumento me gustaría saber su opinión acerca de:

- a) Las situaciones tienen coherencia y pertinencia con el tema

- b) Son claras y precisas en su lenguaje y redacción

- c) Tienen una extensión adecuada para su lectura rápida; tienen correspondencia con la respuesta posible.

En general qué le pareció el instrumento de acuerdo con su experiencia como docente de Biología de educación secundaria:

Observaciones y recomendaciones

Fecha: _____ de 20__

Nombre del profesor: _____