

FÓSIL: DE FIGURAS CAPRICHOSAS A EVIDENCIA DE LA VIDA

MIGUEL MAURICIO GÚZMAN SOLANO

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ D.C. 2022

FÓSIL: DE FIGURAS CAPRICHOSAS A EVIDENCIA DE LA VIDA

MIGUEL MAURICIO GÚZMAN SOLANO

Trabajo De Grado Presentado Como Requisito Para Optar al Título de
MAGISTER EN DOCENCIA DE LAS CIENCIAS NATURALES

Asesorado por:

STEINER VALENCIA VARGAS

UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

MAESTRÍA EN DOCENCIA DE LA CIENCIAS NATURALES

BOGOTÁ D.C. 2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

BOGOTÁ, D.C. 2022

“Esa son algunas de las cosas que las moléculas hacen cuando tienen unos cuatro mil millones de años para evolucionar”

Carl Sagan

“No solo no hubiéramos sido nada sin ustedes, sino con toda la gente que estuvo en esto desde el comienzo, algunos siguen hasta hoy; gracias totales”

Gustavo Cerati

Agradecimientos especiales a la profesora Olga Méndez Núñez por su asesoría y constante apoyo a la realización de este trabajo, sin su gran guía y aportes esto no hubiera sido posible

A la profesora Nury Esther Rincón Rhenals por sus valiosas aportaciones y ayudas pedagógicas y prácticas, el gran trabajo que hizo desde el semillero de investigación en su proyecto de investigación “pedagogía con identidad cultural” con los estudiantes de la Institución Enrique Santos Montejó, fueron el suministro principal para la realización de este trabajo

A los docentes y compañeros que hicieron valiosas contribuciones en términos teóricos y analíticos, críticas que aportaron a la constante mejora de lo realizado

A mi familia, amigos y pareja por su constante apoyo a nivel académico y personal

“soy uno con la fuerza y la fuerza está conmigo”

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
DE LOS HUESOS SURGEN PROBLEMAS Y PREGUNTAS: CONTEXTO PROBLEMÁTICO DE LA ENSEÑANZA DEL FÓSIL	13
¿LOS FÓSILES SON IMPORTANTES PARA LA EDUCACIÓN ACTUAL?: INDAGACIONES SOBRE EL ESTATUTO DE LOS FÓSILES EN LOS LINEAMIENTOS, ESTÁNDARES CURRICULARES Y LOS DBA	13
EL MAESTRO COMO UN PALEONTÓLOGO AFICIONADO: REFLEXIONES DESDE EL CAMPO PROFESIONAL	16
REFLEXIONES DESDE LOS APORTES DEL PROGRAMA DE MAESTRÍA	18
COMO IMAGINAR UN RETRATO DE LA VIDA EN ROCA: EL FÓSIL COMO UN PROBLEMA DE CONOCIMIENTO	19
OBJETIVO GENERAL	22
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
PROCEDER METODOLÓGICO	23
DE LA IMPORTANCIA DEL FÓSIL EN LA EDUCACIÓN BÁSICA	24
DE LAS LENGUAS TALLADAS EN PIEDRA AL RECUERDO DE UN REPTIL PREHISTORICO: UN EJERCICIO DE PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA	27
LA “EVOLUCIÓN” PLASMADA EN LA ROCA: HISTORIOGRAFÍA DEL CONCEPTO FÓSIL	27
<i>¿Qué es un fósil? De una palabra a un concepto</i>	28
<i>El origen</i>	28
<i>El concepto en los siglos XVII - XVIII</i>	33
<i>De Cuvier para el mundo, la revolución de lo vivo y lo “extinto”</i>	38
<i>El fósil en el siglo XX</i>	44
<i>Sistemas de cronología modernos</i>	47
<i>Sistema bioestratigráfico cronológico</i>	48
<i>Sistema cronoestratigráfico</i>	50
<i>El concepto actual</i>	52
REFORMULACIÓN TEÓRICA Y EPISTEMOLÓGICA: DEL DEVENIR DE UNA ROCA AL FLORECIMIENTO DE LA VIDA	56
<i>De la desaparición de los seres vivos “las extinciones”</i>	57
<i>Transformaciones en los organismos: Darwin y Wallace, la estocada final y muerte del pensamiento hegemónico</i>	64

<i>Una historia del tiempo, de cómo una tierra joven se transformó en antigua</i>	68
<i>¡Y los huesos se transformaron en roca!</i>	71
EL SENTIDO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EN LA EDUCACIÓN BÁSICA: EL CASO DE LA ENSEÑANZA DE LA EVOLUCIÓN Y LOS FÓSILES	77
“DEL MUSEO A LA ESCUELA: DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA	85
DE “JURASSIC PARK” A LAS ERAS GEOLÓGICAS, LOS PALEONTÓLOGOS DE TENJO – UNA DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE AULA	87
¿SIGUEN SIENDO PIEDRAS, O HAY ALGO MÁS? UN ANÁLISIS DE LA PROPUESTA DE AULA	98
DE LAS LENGUAS DE PIEDRA A LA SABROSA CARNE DE DINOSARUIO; REVISUALIZANDO LA VIDA A TRAVÉS DEL FOSIL: REFLEXIONES QUE NOS DEJA EL RECORRIDO DE LA PROPUESTA	116
BIBLIOGRAFÍA	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Síntesis del proceder metodológico	26
Figura 2. Portada del texto de Agrícola	30
Figura 3. El concepto fósil en el renacimiento.....	32
Figura 4. Portada del texto de Stenonis	34
Figura 5: el concepto fósil durante el siglo XVII	37
Figura 6: portada de “El discurso preliminar sobre estudios de osamentas fósiles de cuadrúpedos” de George Cuvier	38
Figura 7: Evolución del concepto fósil en los siglos XVIII y XIX	43
Figura 8: portada el libro de la vida (Gould, 1993)	53
Figura 9: Evolución concepto Moderno de fósil.....	55
Figura 10. Comparativo entre Cuvier y Lyell	63
Figura 11: Estatuto ontológico del fósil.....	76
Figura 12: Esquema de desarrollo de la propuesta de aula “los paleontólogos de Tenjo”	86
Figura 13: Esquema de realización de modelo de estratos en gelatina (Guzman, 2013)	93

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Isótopos de datación radiométrica.....	45
Tabla 2. Distinciones realizadas por Arkell.....	49
Tabla 3: Fases de desarrollo de la propuesta de aula “los paleontólogos de Tenjo” ...	90

INTRODUCCIÓN

El trabajo nombrado “*fósil: de formas caprichosas a evidencia de la vida*” se elabora como respuesta a una serie de planteamientos e interrogantes que surgen de un rastreo de experiencias y una profundización teórica, en donde se realizó un recorrido historiográfico y una reformulación epistemológica dirigida al diseño, implementación y análisis de una serie de actividades que permitieron la identificación y posibles cambios en la noción del fósil en un grupo de estudiantes de básica secundaria; desde una perspectiva holística, enmarcándose como un trabajo enfocado desde la divulgación científica.

Esta elaboración se aborda desde cuatro aspectos: el primero desde la enseñanza de la paleontología en la escuela, vista desde varios elementos problematizadores arrojados por el rastreo de experiencias previas, donde surgen interrogantes que le dan la importancia necesaria al trabajo, visto desde lo científico, lo pedagógico y el marco legislativo y legal. El segundo aspecto es la constitución del fósil como un objeto de conocimiento y de enseñanza, para ello se realizó un rastreo historiográfico del concepto fósil y una reformulación teórica que permite dar cuenta de cuatro nociones estructurantes básicas para comprenderlo, que son la extinción, la datación, la fosilización y la transformación de las especies.

El tercer aspecto está enmarcado en la práctica realizada con los estudiantes al tratar las nociones que ellos tienen del fósil y los cambios que pueden tener estas a lo largo del desarrollo de las actividades realizadas. Por último el aspecto final a tratar son las reflexiones pedagógicas que surgen de la recopilación y los productos obtenidos de las actividades anteriormente mencionadas, dichas reflexiones son propiciadas, alimentadas y enriquecidas desde los espacios de formación de la maestría en docencia de las ciencias naturales de la Universidad Pedagógica Nacional; fortaleciendo la prácticas de los maestros respecto a este tema y su importancia en la enseñanza de las ciencias naturales y específicamente la biología.

El trabajo se encuentra constituido por cinco (5) capítulos que se describen así: el contexto problemático de la enseñanza del fósil, el ejercicio de profundización teórica (rastreo historiográfico y reformulación teórica y epistemológica del concepto), la propuesta de intervención en el aula, la producción discursiva, las reflexiones finales y recomendaciones. Con relación al contexto problemático se realizó una indagación respecto a la enseñanza del fósil dentro de los lineamientos, estándares y competencias curriculares, un rastreo de experiencias previas y los aportes que se pueden hacer desde la labor docente y el fósil en la enseñanza de las ciencias como elemento estructurante en la biología. Más adelante, se muestran los objetivos, y el proceder metodológico para el desarrollo del trabajo, para luego continuar con la profundización teórica dada por el rastreo historiográfico del concepto fósil y la reformulación epistemológica del mismo.

Posteriormente, se expone el diseño completo de la propuestas de intervención en el aula, en la cual se unen los aspectos recopilados en la reformulación teórica y los pedagógicos vistos en el contexto problemático, alimentando la construcción de la propuesta titulada “*De Jurassic Park a las eras geológicas, los paleontólogos de Tenjo*”; el cual hace parte de las práctica pedagógica, la cual se hace teniendo en cuenta los productos de las reflexiones teóricas disciplinares y dificultades en el ámbito pedagógico; en esta propuesta se encuentra una serie de actividades que darán cuenta de las nociones que tienen inicialmente los estudiantes y los cambios que tienen a lo largo del desarrollo de estas actividades dentro de la propuesta, donde el fósil se define como el rastro o vestigio de organismo pasados y extintos.

La propuesta se enfoca en mostrar cómo han existido organismos en el pasado, sus cambios en el tiempo y comprender que estos restos dan cuenta de esta vida pasada y sus transformaciones, lo cual es fundamental entender dentro de la enseñanza de biología, para ello se elaboró una serie de actividades que se aplicaron en un grupo de estudiantes de grado noveno de la Institución Educativa Departamental Enrique Santos Montejo del municipio de Tenjo Cundinamarca, en lo cual se dan los primeros indicios de las nociones (algunas equivocadas, otras más cercanas a lo expuesto en el contenido científico) que tienen los estudiantes del fósil y los cambios que ellos empiezan a generar

en estas; de lo cual se derivan los espacios de discusión y análisis a partir de sus producciones generadas en torno al concepto de fósil.

De esta manera, el capítulo de producción discursiva se enfoca en las reflexiones en torno a los productos obtenidos tanto en el contexto problemático, la reformulación epistemológica y la propuesta de aula; mencionando los aspectos más importantes de las ausencias, falencias y fortalezas dentro del marco educativo legal, la importancia de la enseñanza de la biología y los aspectos necesarios para la comprensión del fósil y su estatus como objeto de conocimiento y de enseñanza; además de resaltar las ventajas y desventajas de la múltiple información disponible que hay del tema y su influencia en estos procesos de enseñanza, donde se resalta la importancia del maestro como mediador y guía en la construcción de explicaciones alrededor del concepto, estableciendo bases teóricas y epistemológicas fundamentales para el diseño de estrategias y prácticas educativas mejores.

Por último, se presentan las reflexiones finales y las recomendaciones, donde se expone la importancia, pertinencia disciplinar y pedagógica de la enseñanza y comprensión del concepto fósil, dentro de la biología y su constitución como un objeto de conocimiento y enseñanza; de los obstáculos que se pueden presentar y las oportunidades de mejora para prácticas futuras.

DE LOS HUESOS SURGEN PROBLEMAS Y PREGUNTAS: contexto problemático de la enseñanza del fósil

Para dar cuenta de la importancia del fósil en la enseñanza de las ciencias naturales y de la biología específicamente se han elaborado varios trabajos reflexivos y de indagación, en distintos aspectos, desde lo epistemológico, pedagógico, curricular, y social; este rastreo informativo se enfoca desde varias fuentes, en términos de lo que se ha generado de conocimiento, desde el tratamiento en su enseñanza y desde las experiencias previas, han permitido construir toda una problemática en torno al fósil como un objeto de estudio y de enseñanza, lo que se describirá a continuación

¿Los fósiles son importantes para la educación actual?: Indagaciones sobre el estatuto de los fósiles en los Lineamientos, estándares curriculares y los DBA

El Ministerio de Educación de Colombia (MEN), en sus lineamientos curriculares en ciencias naturales (1998) plantea todos los parámetros iniciales y la dirección que toma la enseñanza de dicha área, como también respecto a la educación ambiental, en primer lugar, uno de los conceptos estructurantes será el concepto de *'mundo de la vida'* de Husserl (1936, citado por MEN, 1998) refiriéndose al

“el mundo de la experiencia sensible que viene dado siempre de antemano como evidencia incuestionable, y toda la vida mental que se alimenta de ella, tanto la acientífica como, finalmente, también la científica”. Para Husserl la experiencia de este mundo de la vida no se reduce a la experiencia sensible: toda experiencia está cargada de otras significaciones” (Herrera, 2010)

Y las ciencias naturales desde su comprensión clásica, olvidan esta riqueza de significados en su comprensión del mundo y para nuevamente enriquecer esta

comprensión, debe tenerse en cuenta estas experiencias sensibles, este va a ser el concepto estructurante de la enseñanza de las ciencias naturales en Colombia.

Respecto al concepto de Fósil, en los lineamientos (MEN, 1998) los aspectos que hacen referencia a la enseñanza de este, se ubican en el apartado de la propuesta curricular; allí se desglosan temáticas que deben abordarse por niveles, en distintos aspectos -químico, físico y biológico-. En los contenidos curriculares de los grados séptimo, octavo y noveno, es donde se encuentra la temática requerida:

“Herencia y mecanismos de los seres vivos: evolución de la vida en el planeta tierra. Biodiversidad, código e información genética (genes y cromosomas). Reproducción y división celular, factores genéticos, factores adquiridos por un organismo y la interacción entre ellos. El concepto de selección natural, la información genética y síntesis de proteínas” (MEN, 1998)

En el apartado transcrito, se menciona uno de los temas a enseñar en estos niveles de educación, el cual es *“la evolución de la vida en el planeta tierra”*, y por obvias razones para abordar esta temática a fondo se debe desglosar en temas y distintos conceptos estructurantes y así comprenderlo de mejor manera, y también localizar y focalizar los fenómenos naturales que permitieron la existencia y transformación de los distintos grupos de organismos, en los ambientes locales en donde se enseña, esto que se describe son algunas de las falencias que en próximos apartados se abordarán de mejor manera, sin mencionar que la temática del fósil propiamente y textualmente dicha no se trata ni se menciona.

Posteriormente, se hizo revisión de los estándares básicos en competencias del MEN (2004), pues en dicho documento se especifica cuáles son las temáticas necesarias y los conocimientos básicos mínimos que debe aprender un estudiante según su nivel académico; además, proyectan si estos conocimientos pueden aplicarse de manera práctica y efectiva en su cotidianidad. En dicho documento la única referencia encontrada respecto a la temática investigada, aparece en el apartado sobre entono vivo, correspondiente a los grados octavo y noveno, lugar donde es abordada a partir de los siguientes enunciados: *“Formulo hipótesis acerca del origen y evolución de un grupo de organismos [...] Establezco relaciones entre el clima en las diferentes eras geológicas y*

las adaptaciones de los seres vivos” (MEN, 2004). Fue así como se encontraron dos apartados que hacen referencia a los conocimientos básicos relativos al tema de los fósiles, razón por la cual se deduce que la temática está siendo ignorada en las dos fuentes analizadas.

Posteriormente, al analizar los derechos básicos de aprendizaje (DBA), para el área de Ciencias Naturales (MEN, 2016), los cuales dan directrices de cuáles son los conocimientos estructurantes que se deben enseñar en cada nivel educativo y van en coherencia con lineamientos y estándares curriculares, a pesar de ello y haciendo la respectiva revisión de los contenidos del documento, no se encuentra referencia alguna a la temática del fósil, la paleobiología o la paleontología, lo más cercano hace referencia el 5to y 6to DBA de grado noveno que respectivamente dicen:

“Explica la forma como expresa la información genética en el ADN, relacionando su expresión con los fenotipos de los organismos y reconoce su capacidad de modificación a lo largo del tiempo (por mutaciones y otros cambios) como un factor determinante en la generación de diversidad del planeta y en la evolución de las especiesAnaliza teorías científicas sobre el origen de las especies (selección natural y ancestro común) como modelos científicos que sustentan sus explicaciones desde diferentes evidencias y argumentaciones”.
(MEN, 2016)

En las evidencias de aprendizaje de este último DBA, se hace referencia a los ancestros comunes y evidencias de la evolución, en el siguiente aparte: *“Explica las evidencias que dan sustento a la teoría del ancestro común y a la de selección natural -evidencias de distribución geográfica de las especies, restos fósiles, homologías, comparación entre secuencias de ADN-”* (MEN, 2016). En este apartado se menciona el concepto estructurante de ancestro común y se menciona al registro fósil como apoyo y evidencia para explicar este concepto, más no se trata como el principal concepto estructurante.

Más adelante, nuevamente se menciona una temática similar a la abordada: *“Identifica los procesos de transformación de los seres vivos ocurridos en cada una de las eras geológicas”* (MEN M. d., 2016); en este caso, se desarrollan los conceptos de

transformación y tiempo que como se mostrará posteriormente, son estructurantes y podrían tratarse con mayor amplitud, para dar cuenta del fósil como un objeto de estudio en la biología; sin embargo, la cita evidencia poca o nula importancia en relación con el tema del fósil, como un elemento que no es necesario abordar o tratar a la hora de explicar estos temas

El maestro como un paleontólogo aficionado: reflexiones desde el campo profesional

Para hablar de la importancia de la paleontología en la enseñanza de la biología, debe hacerse mención de los postulados desarrollados por el geólogo James Hutton, quien hizo aportes revolucionarios a este campo de las ciencias (geología) siendo más objetivo tratando de eliminar las explicaciones sobrenaturales relacionadas al origen de las rocas; pero ¿porque Hutton viene al caso?, vale recordar que él fue un geólogo escocés con algunos conocimientos de medicina y desarrolló sus estudios y grandes aportes al campo del estudio de las rocas, aspecto que se mencionará en capítulos posteriores; sin embargo, cabe resaltar que dentro de sus estudios -los cuales rompieron con el paradigma de la cronología bíblica- el planteamiento más importante y que toma relevancia en este apartado hace referencia a sus teorías sobre el actualismo, el cual explica que: “ *los mismos procesos físicos operantes en la actualidad, también lo habían hecho en el pasado*”. (Cabezas-Olmo, 2003)

Esta frase pone en juego algo muy importante que no solo es aplicable a las ciencias de la vida, sino específicamente al fósil como eslabón que une en la paleontología, tanto a la biología como a la geología, y en una interpretación de las palabras de Hutton, es que para estudiar los fenómenos pasados debemos utilizar como base explicativa lo que sucede en los fenómenos naturales actuales, ya que así como ocurren ahora, pudieron ocurrir ya sea de manera igual o similar en épocas pasadas, como se menciona a continuación

“Los fenómenos geológicos del mundo pueden ser explicados en términos de procesos observables, y que estos procesos actúan ahora, sobre y en el interior de la tierra, operando con uniformidad a lo largo de inmensos periodos de tiempo”.
(Sequeiros, Pedrinaci, Alvarez, & Valdivia, 1997)

Pero, por qué las propuestas teóricas de este científico son tan importantes a la hora de entender al fósil como un objeto de estudio y de enseñanza; como menciona el mismo Hutton, el actualismo es la mejor forma de explicar los fenómenos que suceden en la naturaleza, tanto los físicos como los que rodean a la vida misma, en este sentido observar los fenómenos actuales que está afectando o están intrínsecos a la vida, ofrecen indicios para entender lo que sucedió con formas de vida pasadas; pero esto no solo puede utilizarse en un solo sentido, se sabe que gracias a múltiples teorías, contribuciones y avances de la ciencia y la tecnología, se puede dar explicación a los fenómenos naturales en el pasado y lo concerniente con la vida de aquellas épocas, los fósiles como las huellas y evidencia de esto, arrojan luces de qué tipo de fenómenos ocurrieron con estos organismos, lo que también daría pie para explicar y posiblemente predecir fenómenos actuales y futuros.

Incluso, si las múltiples formas de vida del planeta corrieran peligro de extinción, incluyendo a la propia especie humana, los fósiles darían pistas de lo que sucedió en anteriores fenómenos de extinción, que pueden o no ser similares a lo que se pudiera avecinar en un futuro y así mismo utilizar a la propia ciencia para buscar alternativas de solución y respuesta ante estas posibles y futuras situaciones ambientales.

Se puede decir que así como muchos modelos teóricos en ciencias utilizan los fenómenos actuales como referencia para dar explicación a las revoluciones pasadas, para un maestro debe ser fundamental conocer las huellas de los organismos del pasado y todo aquello alrededor de ellas, ya que estas son fundamentales para dar cuenta y en algunos casos ser la base explicativa de múltiples fenómenos que definen a la vida actual; ignorar a los fósiles daría pie para no entender muchas de las teorías que sustentan a la biología como una ciencia, no se podría entender el origen y evolución de los organismos en el planeta, desde la endosimbiosis en biología celular, hasta la

selección natural en biología evolutiva, por eso el maestro debe reconocer la importancia del fósil como un objeto de estudio y de enseñanza

Reflexiones desde los aportes del Programa de Maestría

Los espacios académicos de formación vistos en el programa de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales han sido la principal fuente para realizar reflexiones que resalten la importancia de elementos específicos que posibilitan la comprensión de fenómenos en y que rodean a la vida, y así mismo su enseñanza y pertinencia dentro del campo de conocimiento en el que se esté inmerso que para este caso en el que el objeto a tratar es el fósil, algo que hasta el momento ha sido tratado desde la paleontología y no ha tenido la adecuada relevancia en el campo de la enseñanza de la biología, particularmente en el caso de la educación colombiana.

Las reflexiones suscitadas en estos espacios han permitido consolidar una serie de construcciones y formulaciones teóricas que a través del ejercicio de rastreo histórico, empiezan a dar cuenta de ciertos aspectos alrededor del fósil que han contribuido al cambio científico y a las transformaciones de pensamiento, haciendo de este un objeto de conocimiento; así mismo comprender al fósil no solo en su propio campo de estudio como lo es la paleontología, sino que retroalimenta a más ciencias y disciplinas científicas de la biología, por ello es de gran importancia tratarlo como un **objeto de enseñanza**, ya que posibilita una mejor comprensión de las múltiples teorías que dan sustento a esta ciencia; ignorar al fósil como un objeto de esta índole, ha suscitado debates y discusiones a nivel pedagógico en la comprensión de conceptos y la enseñanza de la biología, aspecto que será abordado de mejor manera en apartados siguientes.

Estas reflexiones que se han mencionado permitieron ahondar en aspectos epistemológicos, pedagógicos, disciplinares y sociales en torno a cómo el fósil se ha constituido no solo en un objeto de estudio de la paleontología y la biología, sino en un objeto de enseñanza de estas mismas ciencias, para esto se realizó una reconstrucción

teórica alrededor de conceptos estructurantes como la extinción, la transformación de los organismos, la temporalidad y su datación, la fosilización y su transformación en roca¹. Todos estos elementos teóricos anteriormente mencionados son los que permitieron constituir una problematización alrededor de cómo se hacen y se podrían hacer prácticas más adecuadas de la enseñanza del fósil

Como imaginar un retrato de la vida en roca: el fósil como un problema de conocimiento

Este trabajo se enmarca en el enfoque de las prácticas profesionales en la enseñanza de las Ciencias Naturales, lo cual conecta con aspectos que han sido tratados de forma especializada por la paleontología. Si bien la palabra fósil transita en distintos campos disciplinares de las Ciencias Naturales, solo en pocas ocasiones se demuestra su conceptualización y se hace explícito que es un “hecho científico”; el cambio y transformación de los organismos son puntos clave que hacen parte del campo de estudio de la biología, una ciencia independiente que tiene como una de sus bases y paradigmas de conocimiento La Teoría de la Evolución. Desde distintos puntos de vista que han alimentado y fundamentado, este se ha convertido en un baluarte fundamental y estructura de la explicación del surgimiento y sustento de la vida en el planeta tierra, de cómo ha sido su transformación en el espacio y el tiempo. Pero, la cuestión no solo se queda en la teoría, en ese sentido los fósiles y la paleontología como disciplina científica que se encarga de estudiar lo referente a los restos de vida pasada que se han conservado en la litosfera, muestran plena evidencia (fósiles) del fenómeno de evolución en los organismos, es la irrefutable huella que indica que sí ha sucedido este proceso y que la vida es más antigua de lo que parece, que no es estática, que la tierra tampoco, sino que todo se transforma a lo largo del tiempo.

¹ Estos elementos se discutirán de mejor manera en el apartado de REFORMULACION EPISTEMOLOGICA

Aquí se presenta el primer problema. Teniendo en cuenta que los fósiles son la evidencia de este suceso, se hace vital y necesario tratar este tema en la enseñanza básica y dar a conocer la disciplina científica que se encarga de estudiar estas evidencias, ya que si los estudiantes no tienen claro conceptos como la transformación de los restos, la temporalidad de la tierra y la sucesión de unas especies por otras (extinciones), no se podrá entender con claridad a qué hace referencia la evolución y por tanto, no se tendrán claros muchos conceptos de la biología en su enseñanza. Este hecho empieza a generar problemas para la misma; en lo que mencionaremos posteriormente sobre algunos autores, ya se empieza a identificar falencias en el currículo escolar y en la práctica de la enseñanza de la biología, en donde se observa la ausencia de un espacio donde encaje este tema y el abordaje que otras áreas le dan a la temática como las Ciencias Sociales. Esto refleja un punto de vista histórico que se queda pobre al ofrecer explicaciones de la relevancia del fenómeno de la vida en la propia historia geológica, ignorando lo que ha sucedido con el objeto de estudio propiamente dicho que es la vida, también dejando de lado la dimensión temporal que queda mucho más reducida por la dificultad en los niveles de su comprensión.

Desde un aspecto social, la relación entre las culturas y el registro fósil es intrínseca, en algunos grupos sociales los fósiles han ejercido cierta influencia en prácticas que tuvieron ciertas culturas indígenas y, por tanto, transforman la visión de mundo de las personas, de esta manera la relación entre el fósil, la sociedad y la cultura es más profunda de lo que se cree, aunque actualmente no sea tan notorio. Estos restos siguen ejerciendo gran influencia y una poderosa atracción sobre las prácticas humanas, es aquí donde surge el segundo problema y es la falta de información frente a las prácticas humanas que explotan y deterioran el registro fósil: El tráfico y transporte de los restos a lugares retirados de estos yacimientos y de la explotación de minerales en esos lugares de importancia paleontológica. Paulatinamente, estas prácticas destruyen y deterioran el ya fragmentado registro fósil, igual que las especies vivas que se ven amenazadas y desaparecen sin dejar un rastro, afectando el paisaje y, por ende, el

conocimiento científico y de la cultura de dichos grupos pues es eliminada parte de su propia Historia.

Entonces, se puede plantear una alternativa de solución a los problemas mencionados: Un trabajo enmarcado dentro de la divulgación científica, lo cual posibilita que no solo se haga con miembros de instituciones educativas sino con el público en general, en los lugares donde se pueden encontrar estos restos. Desde el ámbito de la divulgación científica, se puede dimensionar el sentido histórico que tienen los fósiles como huellas de organismos pasados, su significado, lo que podría representar cambios en las perspectivas e imaginarios de los estudiantes, los maestros y las personas en general; el ideal es que una vez reconocidas y reestructuradas las bases del concepto fósil, utilizando una serie de conceptos estructurantes y dimensiones necesarias para entenderlo con la profundidad necesaria, el significado que le dan ellos a estos restos y a los lugares donde se encuentran puede cambiar y así mismo se pueden generar cambios en sus prácticas.

Teniendo en cuenta las preocupaciones mencionadas, la problemática central de este trabajo se puede formular en términos del siguiente enunciado: ***la constitución del fósil como objeto de estudio, desde la enseñanza de las Ciencias Naturales, redimensiona la historia de lo viviente y contribuye al reconocimiento y apropiación del patrimonio paleontológico***

Para desarrollar este problema es necesario recurrir a la historia conceptual de su desarrollo y considerar si se logra una correspondencia entre las explicaciones sobre el fósil que articulen el aspecto estructurante del tiempo geológico con los procesos de fosilización; en la medida en que se pueda lograr, se plantea lo siguiente.

Objetivo General

Realizar un estudio historiográfico y epistemológico que permita dar cuenta de cómo el registro fósil se constituye como un objeto de estudio y un objeto de enseñanza.

Objetivos Específicos

- Documentar las condiciones teóricas y técnicas que hacen del registro fósil un objeto de conocimiento.
- Realizar una reformulación teórica y epistemológica de los conceptos estructurantes alrededor del fósil.
- Diseñar e implementar una propuesta de aula que aborde los conceptos básicos para la comprensión del registro fósil, su preservación y la relación con la paleo fauna local.

Proceder metodológico

Para poder desarrollar el objetivo del trabajo que busca realizar un estudio historiográfico y epistemológico que permita dar cuenta de cómo el registro fósil se constituye como un objeto de estudio y un objeto de enseñanza, se siguieron unos pasos para desarrollar el trabajo expuestos en este proceder metodológico, de la siguiente manera: en primer lugar, se realizó un contexto problemático del cual se desprende la justificación del trabajo y las preocupaciones elementales de donde surge la necesidad de realizar el trabajo planteado, preocupaciones que nacen desde las consultas hechas de los análisis y las extracciones del marco legislativo educativo colombiano, expuesto en los lineamientos, estándares en competencias curriculares y derechos básicos de aprendizaje.

Se agrega lo extraído de las experiencias previas que mencionan las fortalezas y debilidades de los trabajos hechos en el campo de la enseñanza del fósil, en segundo lugar se planteó un rastreo historiográfico del concepto fósil, donde se buscó el origen del término y los cambios que ha sufrido a través del tiempo, hasta la connotación actual, a partir de ello se realiza una reformulación epistemológica que permitió dar cuenta de cuatro elementos teóricos claves para entender el fósil, y los cuales son básicos, fundamentales y la fuente para construir las actividades a realizar.

Después, la tercera etapa de trabajo consistió en la construcción, elaboración y aplicación de la propuesta de aula, donde se hicieron y desarrollaron una serie de actividades, enfocadas y direccionadas por los elementos teóricos encontrados en el rastreo historiográfico y reformulación epistemológica, estas actividades enfocadas en encontrar las nociones de los estudiantes sobre el tema y empezar a realizar algunos cambios en esas nociones, por último y con todo lo obtenido de la recopilación teórica y la propuesta de aula, se hace una producción discursiva con el fin de realizar una discusión y una serie de reflexiones sobre el trabajo realizado y la importancia de la enseñanza del fósil en la educación básica secundaria.

De la importancia del fósil en la educación básica

En la realización de la profundización teórica y pedagógica del trabajo, que es resultado del dialogo constante con diferentes autores, lo que generó las discusiones con el propósito de establecer una postura crítica ante el tema planteado, y sus aportes a la enseñanza; fueron posibles gracias a los espacios académicos del programa de la maestría.

Es por esto que el trabajo se enfocó en realizar una serie de reflexiones suscitadas desde tres frentes, el primero el porqué de la importancia de la enseñanza del fósil en la biología, para ello se hizo una revisión documental de los lineamientos, estándares en competencias curriculares y derechos básicos de aprendizaje, los cuales constituyen el marco legislativo de la cual se estructura la educación básica de las instituciones educativas del país, los cuales fueron mirados de manera reflexiva y detallada, influenciada por los espacios de discusión del programa de maestría de docencia de las ciencias naturales, encontrado ciertos matices, que se mencionan a lo largo del trabajo; el segundo frente se da desde las experiencias previas también rindieron sus frutos al mencionar lo que ya se ha hecho respecto a la enseñanza de este tema y los autores dan pautas sobre fortalezas que se deben explotar y dificultades que se presentan, en las cuales se deben enfocar o centralizar los esfuerzos futuros, y lo cual demuestra, tanto la escuela como la enseñanza de las ciencias naturales es un espacio de construcción y transformación; y el tercer frente de reflexión se da desde lo encontrado en la profundización teórica al ser el suministro principal desde donde se encuentran los elementos necesario y básicos para comprender y a su vez enseñar el fósil en la escuela.

También es de resaltar que estos espacios de reflexión enriquecen la labor del docente al realizar una profundización teórica, enfocada en encontrar los orígenes del concepto tratado y su transformación a lo largo de la historia, esta revisión histórica permite encontrar los puntos de inflexión y de cambio puntual en la connotación del concepto, lo cual le da el significado actual, ahí entra la reformulación epistemológica que da cuenta de lo que sucedió en estas situaciones específicas de la historia, y que fue lo que ocurrió puntualmente en los momentos en los cuales el concepto cambia y se

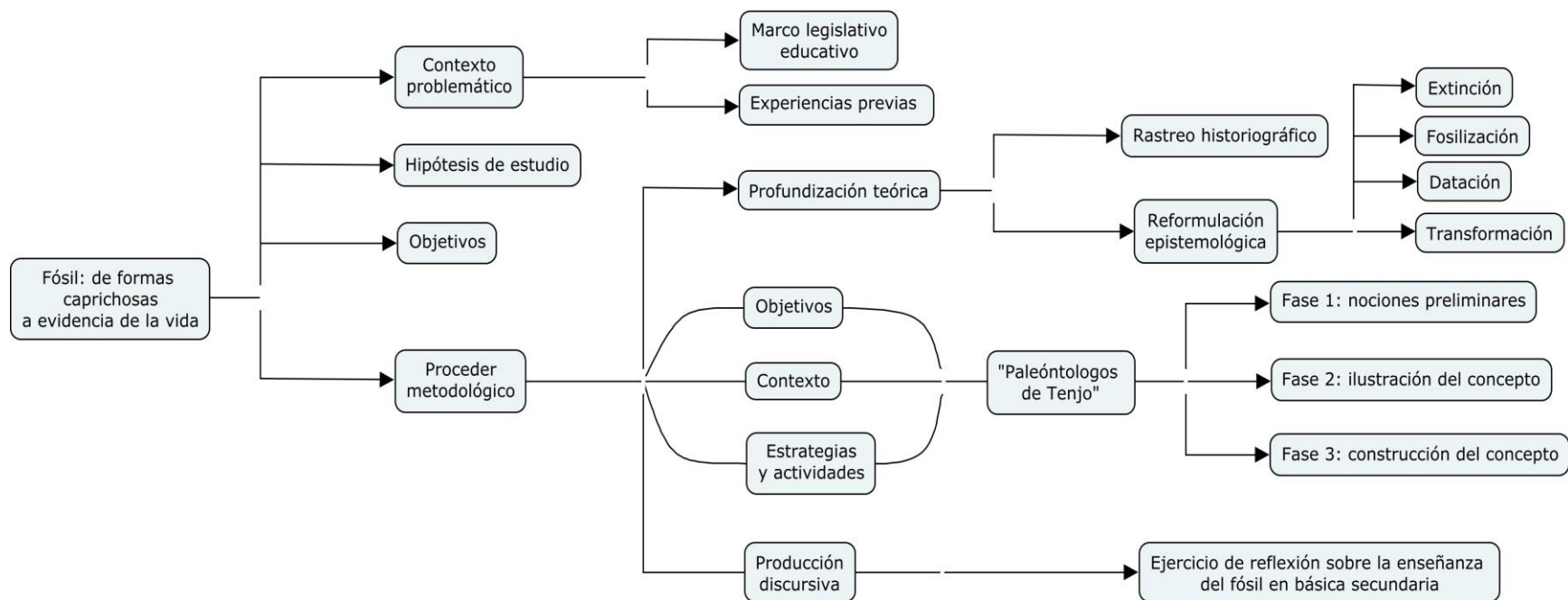
empieza a llenar de una carga teórica, que con el paso del tiempo se va sumando y sumando; llegando al concepto que actualmente se tiene de fósil; y de esto se encuentra que los elementos conceptuales para entender el tema son: la extinción, la datación, la fosilización y la transformación, lo que empieza a dar luces de que el fósil claramente es un objeto de conocimiento en la biología, como una unidad clave para entender los cambios y transformaciones que ha sufrido la vida a lo largo de su existencia en el planeta.

La construcción de la propuesta

Ahora bien, si para la historia de las ciencias, estos cambios y elementos claves en el concepto son fundamentales para su entendimiento, para la enseñanza también lo son y deben ser tratados en los espacios educativos, de ahí que estos elementos teóricos son el principal suministro para fundamentar y elaborar un compendio de actividades que se realizaron en la propuesta de aula que tiene como propósito hacer indagaciones previas sobre las nociones que tiene los estudiantes del concepto, una vez hecha esta indagación se hace una exposición de lo que realmente es el fósil para la ciencia, explicando sus matices y especificidades, para que luego los propios estudiantes sean los que en sus elaboraciones, definan nuevamente lo que es para ellos este concepto.

Una vez hecho esto, se hace un análisis de estos productos, buscando si hubo algún tipo de cambio en la noción que inicialmente había en los estudiantes, en la producción discursiva se dará cuenta si los aspectos teóricos propuestos en la reformulación teórica, tuvieron incidencia y fueron efectivos a la hora de ser claros en la construcción del concepto y permitirán comprobar y dar cuenta de la hipótesis del trabajo que pretende corroborar que ***La constitución del fósil como objeto de estudio, desde la enseñanza de las Ciencias Naturales, redimensiona la historia de lo viviente y contribuye al reconocimiento y apropiación del patrimonio paleontológico.*** De esta manera, la propuesta de aula, así como los análisis realizados en el presente trabajo, relativos al fósil, pueden vincularse y sintetizarse como se muestra en la figura 1.

Figura 1. Síntesis del proceder metodológico



Fuente: elaboración propia

DE LAS LENGUAS TALLADAS EN PIEDRA AL RECUERDO DE UN REPTIL PREHISTORICO: UN EJERCICIO DE PROFUNDIZACIÓN TEÓRICA

Para entender al fósil y develar su importancia biológica, histórica y social, es necesario hacer un acercamiento teórico, que permita hallar los elementos clave por los cuales este concepto se fundamenta y toma la connotación que tiene actualmente; para ello es necesario hacer una revisión y reconstrucción histórica, desde los orígenes e inicios de la palabra, hasta su acepción actual (historiografía), además de describir cuales fueron los momentos clave en los que el concepto cambió y se definió tal y como se le conoce actualmente; para así desglosar las bases científicas por las cuales el fósil se define y es estudiado por varias ciencias en específico (reformulación teórica).

En el siguiente apartado se menciona, retoma y analiza la historia del concepto fósil, y esto a su vez permitió mostrar cuáles son los aspectos fundamentales que cambiaron en esta historia para comprender con profundidad su significado actual

La “evolución” plasmada en la roca: Historiografía del concepto fósil

En el camino de la comprensión del concepto, es necesario recurrir a la historia del mismo, esa que nos cuenta qué fue lo que pasó con unas simples figuras, hace cientos de años, encontradas por un médico, hasta lo que se conoce en la actualidad, desde esas épocas antiguas, donde el humano doto de una vida casi metafísica, a unos objetos que bien son inertes pero nos recuerdan que la vida está y estuvo aquí, en el planeta desde tiempos inimaginables; es por eso que en este apartado se hace una recopilación de un estudio bibliográfico, teniendo en cuenta que algunos de los textos descritos son importantes por mencionar algo nuevo de los fósiles a través de la historia, esto permitió reconstruir ciertos episodios que tienen que ver con el origen de la palabra y su significado (etimología y semántica), además de las transformaciones que sufrió esta

misma significación y por las que pasó a lo largo de esta vasta e importante historia, para dar cuenta de una palabra, lo que hay detrás de ella no solo en términos de lo que el humano imaginó cuando encontró fósiles, sino de los millones de años que hay atrás de esta

¿Qué es un fósil? De una palabra a un concepto

Para hablar sobre qué es un fósil es importante hacer un recorrido histórico que permita evidenciar cómo ha surgido el término, y cómo se ha transformado a través del tiempo de una simple palabra, hasta el concepto complejo de hoy y las relaciones en temáticas en las cuales se aborda. Haciendo este barrido, se tuvo en cuenta la construcción y recopilación de información que ciertos autores hicieron, dando origen y sentido a la palabra que hoy conocemos como organismo, preservado en roca y además extinto, aunque encierre muchas cosas más como describe Gould *El libro de la vida* (Gould, 1993) acierta en mencionar, pero de las se hará mención más adelante².

El origen

Las experiencias y relaciones que tiene el humano y el fósil, se remontan a la época de las cavernas, en este entonces el fósil ni siquiera se acercaba a la noción que tenemos en la actualidad. No había relación con los organismos vivos o una noción de temporalidad profunda de su origen, pero su influencia en el desarrollo de las cosmologías de muchas culturas demuestra que la experiencia del hombre con el fósil es muy anterior al desarrollo de cualquier conceptualización de este. La primera experiencia datada en la historia se puede remontar a la antigua Roma, cuando en el siglo I, Plinio usó la palabra “*fossil*” para referirse a la huella que dejaron los seres vivos. Usaba el término *fossil* como una acepción griega a la huella enterrada, o encontrada en

² En el último apartado de este capítulo en la sección de “el concepto actual” se encuentra la definición que Stephen Jay Gould da sobre lo que es un fósil

la tierra y decía que estos eran las huellas de algo que estuvo vivo pero desapareció, jamás los definió como los restos de organismos vivos, él no tomó al fósil como un elemento que da cuenta de algo vivo, y nunca se refirió a los fósiles como objetos que alguna vez estuvieron vivos, al contrario, se refería a ellos como copias de los organismos vivos de alguna era o representaciones de los mismos, aunque aclaró que son elementos rocosos y el enterramiento, una visión estrictamente lítica (Sequeiros, y otros, 1998).

Para hablar sobre el concepto “fósil” también es pertinente hacer un balance de las técnicas científicas, estudios y herramientas que se han sofisticado con el tiempo para dar cuenta del proceso por medio del cual un resto orgánico se transforma en inorgánico. Desde este punto de vista, se habla de la tafonomía, una subrama de la paleontología que se encarga de estudiar estos aspectos (Fernandez, 2000). Los primeros estudios que se ocupan de la preservación de los restos fósiles se remontan a la edad media y el renacimiento. Uno de los grandes exponentes de esta Ciencia sería Leonardo Da Vinci, quien observó bivalvos *in situ* en lo que hoy se conoce como el Monferrato en Italia, y para el asombro de este pensador, estaban en un muy buen grado de preservación (Gomez & Gio, 2009). Con sus observaciones concluyó que la única manera de explicar el yacimiento de estos restos en ese lugar tan apartado del mar, tenía que ver con cambios en el ambiente durante largos periodos de tiempo, para Da Vinci, el monte alguna vez tuvo que estar cubierto por el mar y con el paso del tiempo más las inclemencias del ambiente cedió y las montañas se levantaron para así quedar en ellas los restos de estos organismos evidentemente acuáticos y en específico, marinos (Gomez & Gio, 2009)

La palabra fósil tendría su origen propiamente dicho en el renacimiento en el siglo XVI. George Agrícola (1494-1555) era un farmacéuta y médico reconocido que se localizaba en la región de Chemintz en lo que era la antigua Sajonia, era un coleccionista de objetos raros y con base en sus colecciones empezó a realizar estudios que eran más como un hobby. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990) Él sería el primero que acuñaría el termino *fossile* que quiere decir “fluido cementante de la tierra”, y gran parte de sus conjeturas aparecen en el libro *Natura fossilium* que publica en 1546, en el cual hace una

especie de clasificación de estos objetos teniendo en cuenta la dureza, el lustre y brillo de los mismos. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990) Para Agrícola, aunque esos objetos representaban parte de la naturaleza, no tenían que ver con los organismos y por tanto no tenían un origen orgánico. Vale recalcar que para esta época la palabra deriva de otra más antigua: “*fossilis*” proveniente del verbo *fodere* que significa excavar, y hace referencia a objetos extraídos o sacados de la tierra. Posteriormente, adquirió el carácter semántico de adverbio *fossilia*, que daba la propiedad de algo excavado y extraído de la tierra; y fue transformándose hasta adquirir la denominación del sustantivo actual, fossil. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990). La figura 2 muestra la portada del texto de Agrícola.

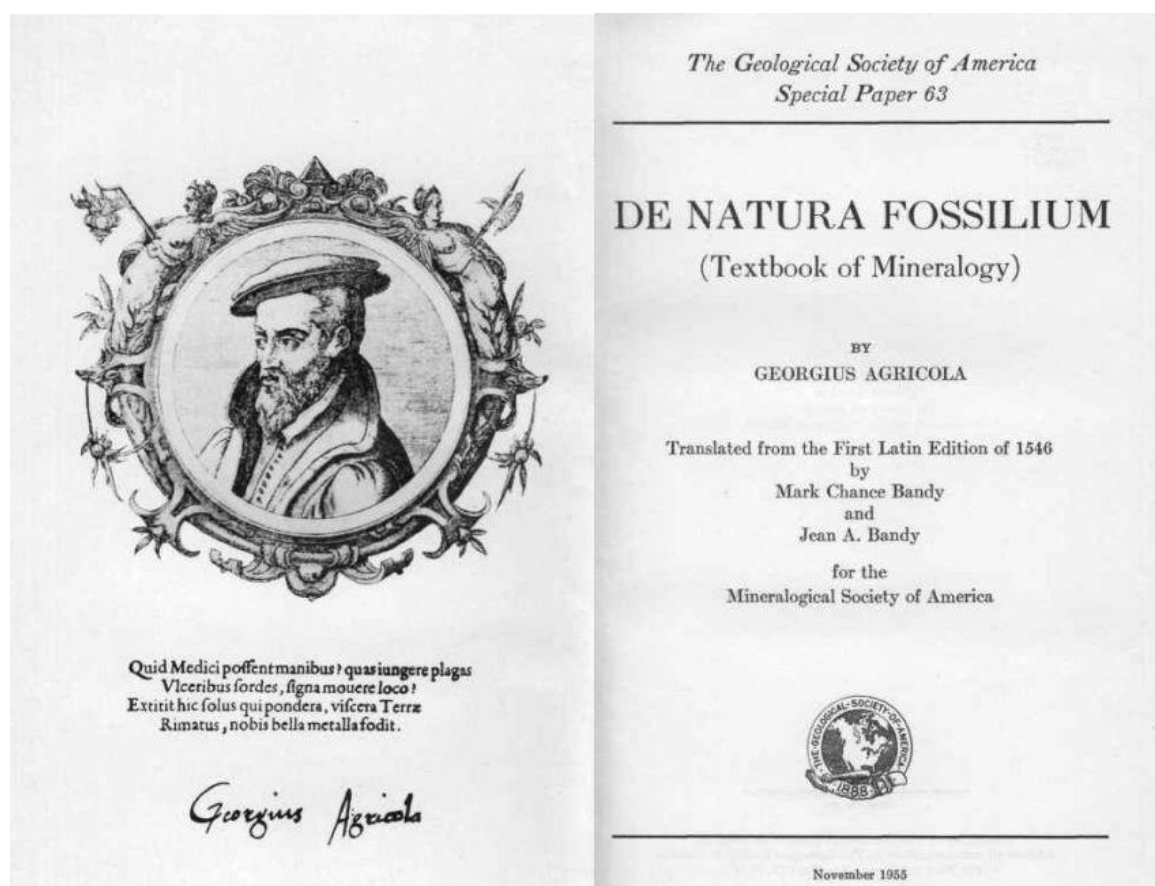


Figura 2. Portada del texto de Agrícola

Posterior a Agrícola, alguien interesado en estos objetos fue Conrad Gesner (1516-1565) un médico suizo también coleccionista que publicó *rerum fossilium lapidum et gemmarum*, se considera el primer libro ilustrado de fósiles, muchos de ellos grabados en madera. Este fue uno de los trabajos más importantes pues inició los criterios de clasificación, aunque para Gesner los fósiles siguen teniendo un carácter pétreo e inorgánico alejado de los organismos (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990).

Finalmente, en la figura 3, se representa la evolución conceptual del término 'fossil'.

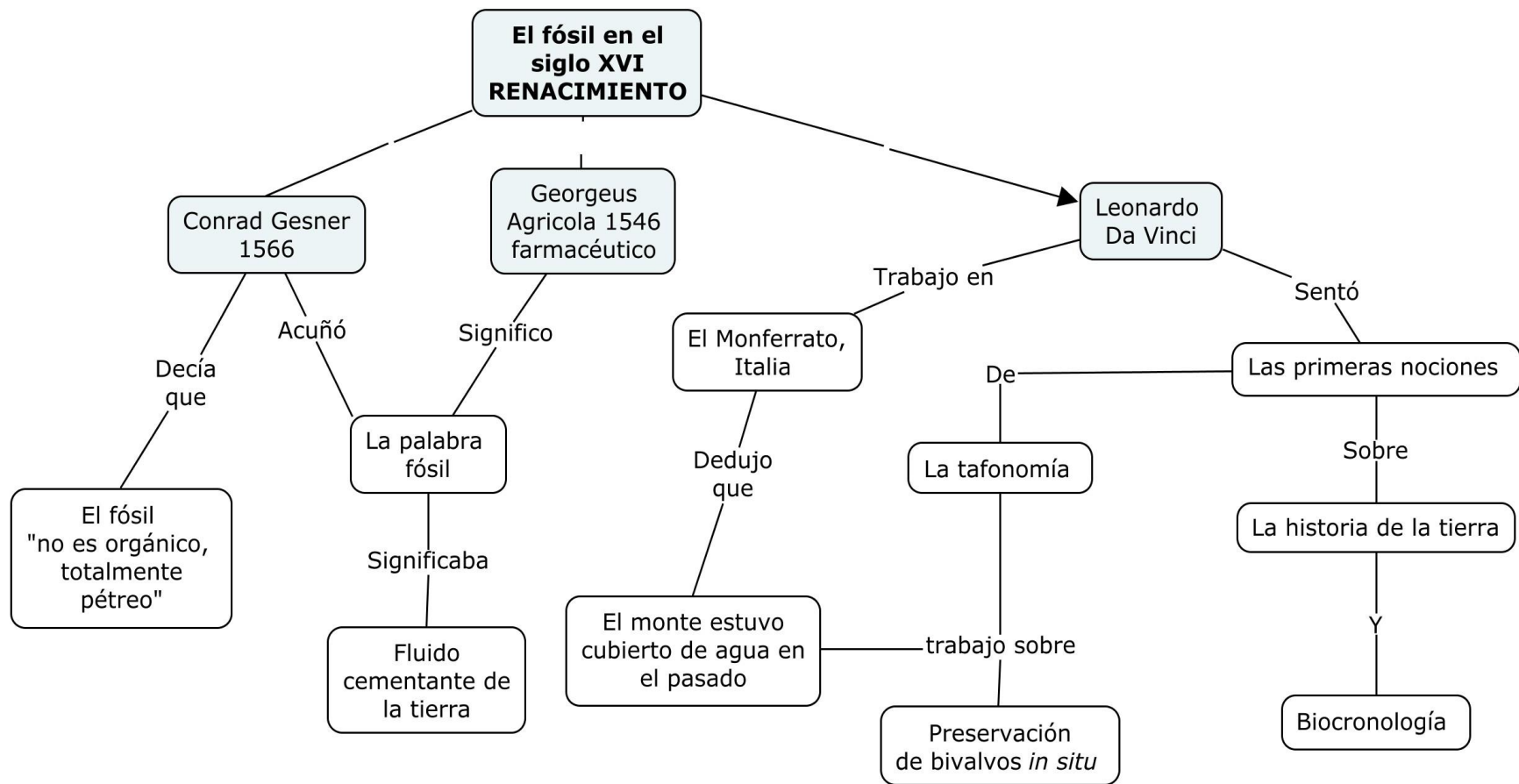


Figura 3. El concepto fósil en el renacimiento

Fuente: elaboración propia

El concepto en los siglos XVII - XVIII

Tiempo después, hacia el siglo XVIII, Italia se convertiría en centro de interés de los estudios en relación con los fósiles. Michele Merrati y Ulise Aldrovandi harían investigaciones de lo encontrado hasta entonces examinando algunos restos de animales, conchas y algunas hojas petrificadas. Sus conjeturas se enfocaban en que el origen de estos objetos tenía que ver con el crecimiento apoyado por una especie de espíritu animador o vegetativo que le daba forma a lo inorgánico de manera similar a lo orgánico. Este paradigma donde el fósil está alejado de lo viviente cambiaría con los estudios de Niels Stensen (Nicolas Steno 1638-1686); este pastor y anatomista danés que se radicó en Florencia fue reconocido por sus estudios anatómicos del cuerpo humano, entre ellos la comprobación de la existencia de los óvulos femeninos, aunque tendría más reconocimiento por sus importantes aportes a la paleontología. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

Cabe tener en cuenta que para la época de Steno se consideraba al mundo como inalterable, es decir, que no había cambiado con el tiempo y los fósiles que aún tenían un carácter inorgánico se consideraban piedras con formas caprichosas. No se consideraban grandes cambios o revoluciones en el globo terráqueo y por el momento la tierra no contaba con historia mayor a lo presentado en la biblia; (Fernandez, 1988) para Steno, el estudio de los fósiles comenzó como un pasatiempo y por eso examinó las *glossopetrae* o “lenguas de piedra”, las cuales eran los restos de dientes de tiburón fosilizado al que se le atribuían propiedades mágicas y estos objetos se molían para sacar extractos que se consideraban antitóxicos. Steno estudió estos objetos en detenimiento y llegó a sacar conjeturas distintas a las que predominaban en la época, precisamente disertando desde la perspectiva de un anatomista, lo que le permitió realizar meticulosas comparaciones de las *glossopetrae* con dientes de tiburones vivientes. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990) Esto lo llevaría a publicar el libro en 1669 “*Intra Solidum naturaliter Dissertationis Prodrromus*” o “el discurso preliminar sobre los cuerpos solidos contenidos de manera natural en un sólido”. Por esta publicación muchos le consideran el padre de la geología y la estratigrafía ya que en este texto Steno daría

a conocer los resultados de los estudios hechos con las lenguas de piedra, en donde postuló lo que se denominarían posteriormente como principios estratigráficos de Steno. Dentro de estos se encuentran: (Sequeiros, 2003). De esta manera, como muestra la figura

Figura 4. Portada del texto de Stenonis



1. El principio de superposición de las capas terrestres que dice que existen capas de sedimento que han sido depositadas una antes de la otra, y que estas capas dan cuenta de una especie de narrativa histórica de la tierra.
2. El principio de horizontalidad, explica que los estratos se distribuyen siempre de manera horizontal, y por lo general han sido desplazadas por depósitos de agua.
3. El principio de la continuidad de las capas, menciona que a pesar de las diferencias de localizaciones verticales de las capas de sedimento que varían de lugar a lugar, generalmente encontraremos las mismas capas.

En resumen, estas conclusiones a las que había llegado Steno le permitieron deducir que los fósiles tenían un origen orgánico y que, en términos matemáticos, había carencia de pruebas para afirmar todo lo contrario. Aunque Steno fundó las bases del concepto fósil acerca de su origen, él aún se mantenía en un marco explicativo dado por el cristianismo ya que con estas conclusiones y estudios trataba de darle sustento a la explicación bíblica del mundo (Sequeiros, 2003).

En la ROYAL SOCIETY de Inglaterra Henry Oldenburg y Robert Hooke propiciaban debates en los cuales se discutía el origen de los fósiles, había partidarios que estaban del lado de la explicación bíblica y otros de un lado más empirista, pues basaban sus explicaciones en la observación de los fósiles y su posición en la tierra. Dentro de estas discusiones se llegaron a conclusiones como las siguientes: que los fósiles estaban hechos con un propósito especial dependiendo de la forma de la dentadura y su mordida, otros con estructura de protección. Para esta época ya empezaba a rondar la idea de que se trataban de especies que ya no existían (extintas), aunque seguía prevaleciendo el carácter pétreo y su origen se creía que tenía que ver con el agua y los minerales, su localización, carente de cualquier explicación (en el caso de los fósiles marinos encontrados en lugares de tierra adentro), tenía que ser obra de movimientos de las montañas como hundimientos y levantamientos de las mismas. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

Entre los representantes de la ROYAL SOCIETY se encontraban Martin Lister (1638-1712), quien decía que no eran orgánicos y no eran animales, y Jhon Ray (1627-1705), que decía que su similaridad con las conchas se debía porque eran provenientes de océanos antiguos inexplorados y que las amonites eran similares a los nautilus actuales pero imperfectos. Otro de los exponentes es John Woodward (1665-1728) quien aseguró que eran restos antediluvianos revueltos en los estratos por el diluvio universal. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

Hacia el siglo XVIII las discusiones que se dieron perdieron fuerza e importancia sin sus principales exponentes, pero en Europa algunos trataron de retomar estos temas como Johan Scheuchzer (1672-1733), quien seguía las teorías propuestas por Woodward y planteaba que los fósiles si tenían un origen orgánico, aunque le daba relevancia a la

explicación bíblica. En su libro *Piscium Querelae et Vindiciae* (1708), propone el debate de fósiles de peces y su origen (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990); posteriormente hacia la mitad del siglo exponentes como Klein, Erhart y Buttner (1734- 1724-1714) planteaban con más evidencia fósil que estos tenían un origen relacionado con los restos de seres vivos. Para la época en la que Linneo publica su libro “El sistema natural” (1735) ya se consideraba que los fósiles provenían de los restos de seres vivos, es aquí cuando pierden cierto carácter inorgánico, considerándose en cierta manera seres vivientes que alguna vez existieron. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990) Algo que terminaría de revalidar estas teorías serían los planteamientos de George Louis Leclerc conde Buffon y su libro “Las épocas de la naturaleza” (1778), en el que trata de dar explicación a los cambios que ha sufrido la tierra. Algo importante en sus planteamientos es la historicidad que se le da al planeta tierra que deja de ser un ente estático y sin mayor historia que la que cuenta la biblia, visión desde la que la tierra no tenía más de 5 mil años de edad. Buffon en su libro propone una existencia que debía medirse en millones de años y a lo largo del libro muestra evidencias de depósitos de rocas particulares, que la tierra había sido poblada por diferentes animales y plantas, y que además la historia humana estaba relegada a la última y más corta de las épocas (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990).

Posteriormente, trabajos como los de Goethe (1782) y Scholtheim (1813) hablarían de la antigüedad de las capas de sedimentos, los cuales están superpuestos unos encima de los otros, lo que hablaría de que podrían tener un tiempo de origen diferente, por lo que se empezó a hacer una asociación con respecto a los fósiles que se encontraban en estas distintas capas, los que al igual que los estratos, eran diferentes. (Fernandez, 1988)

Basándose en estos planteamientos se formó el sistema estratal paleontológico que señala que los seres vivos no son simultáneos entre las capas de sedimento y estos han aparecido gradualmente, con estos criterios se desarrolló un sistema basado en la sucesión estratal de los fósiles y se denominó “sistema estratal paleontológico”.

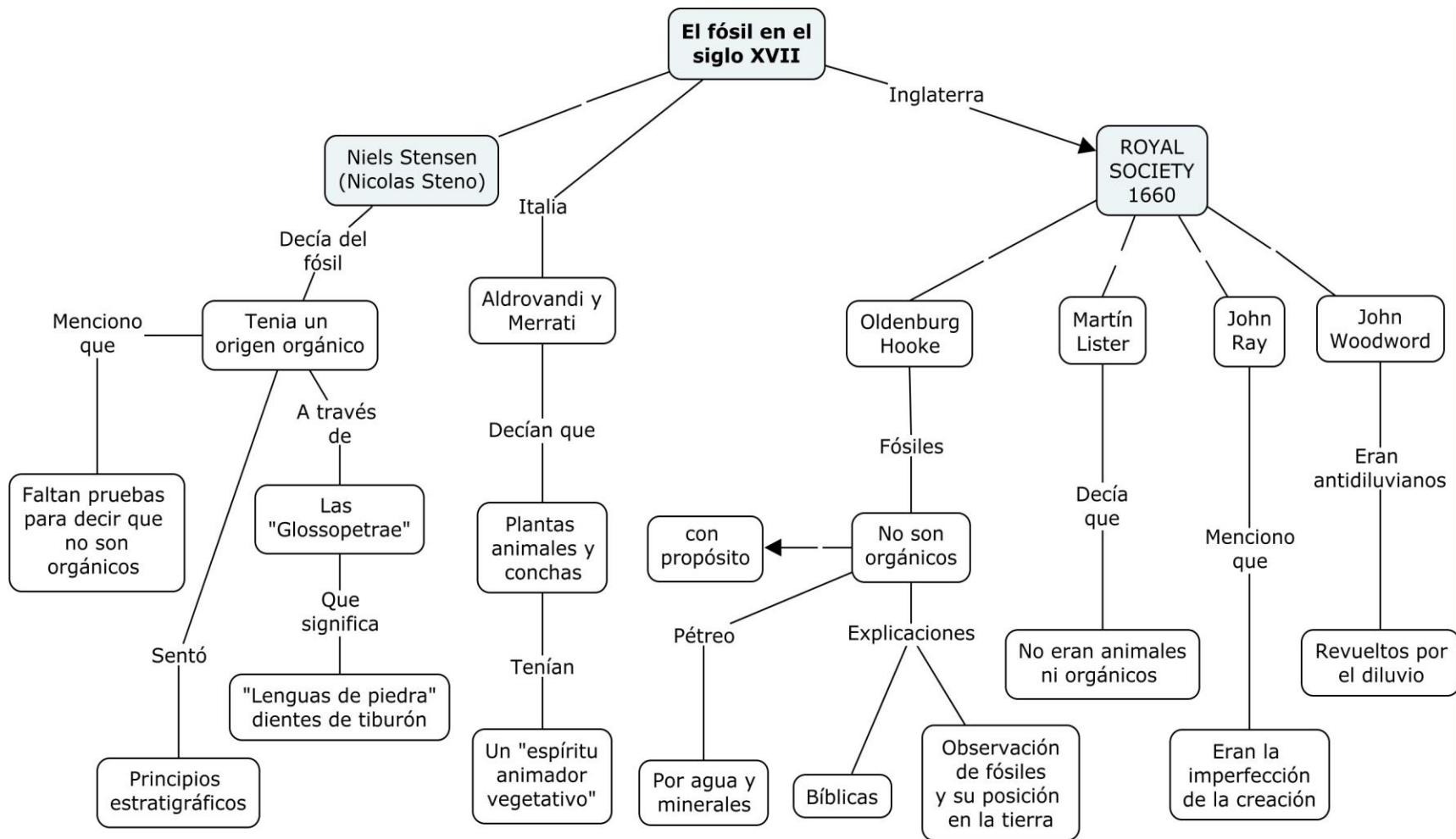


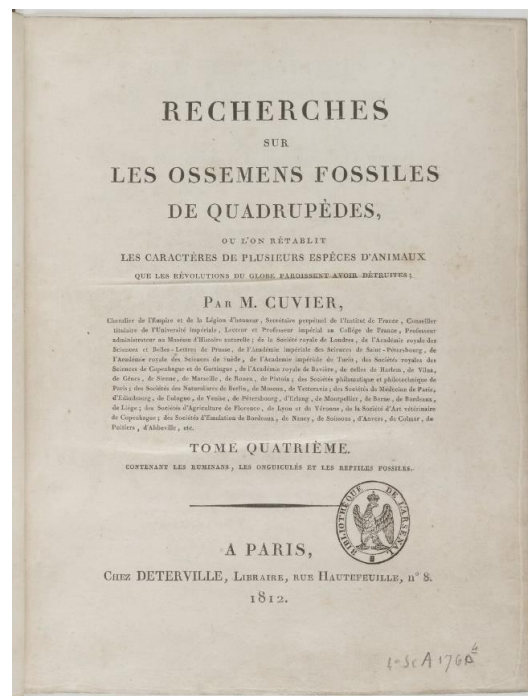
Figura 5: el concepto fósil durante el siglo XVII

Fuente: elaboración propia

De Cuvier para el mundo, la revolución de lo vivo y lo “extinto”

Para el siglo siguiente, uno de los más grandes exponentes en París fue George Cuvier (1769-1832), anatomista y profesor del Museo Nacional de Historia Natural, cuyos estudios estuvieron dirigidos fuertemente a lo que ya se llamaría propiamente como anatomía comparada. Sus trabajos se basaron en la disección de especímenes fósiles traídos desde América, algunos de los animales extintos que examinó fueron el mamut americano y el *Megatherio* (perezoso gigante)³, importantes por las conclusiones a las que llegaría. Apoyado en los trabajos que haría William Smith en Inglaterra, logró hacer ciertas conjeturas principales que se encontrarían propuestas en su libro “*El discurso preliminar sobre estudios de osamentas fósiles de cuadrúpedos*” (*Preliminary Discourse de sus Recherches sur les Ossemens Fossiles de Quadrupedes*) publicado en 1812. Algunos de los planteamientos importantes a los que llegaría con sus estudios fueron: (Sequeiros, 2003)

Figura 6: portada de “El discurso preliminar sobre estudios de osamentas fósiles de cuadrúpedos” de George Cuvier



Sources gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

³ Vale aclarar que los fósiles de Mamut y *Megatherium* los comparo con restos de elefantes y perezoso actuales, respectivamente.

1. El principio de sucesión faunística estratigráfica, en el cual propone que las especies fósiles están asociadas a un estrato específico en la tierra y no se vuelve a encontrar una exactamente igual en un estrato posterior, de ahí propone la próxima conjetura.

2. El principio de irreversibilidad de las especies, en donde una especie que aparece sobre la tierra y luego se extingue, jamás vuelve a aparecer sobre la tierra, de ahí la asociación de los fósiles como seres extintos.

3. El principio de correlación de las partes es otro de los postulados a los que llega, sobre todo en su trabajo de anatomía comparada, en este expone que algunos de los seres vivos actuales tienen una gran similitud con especies extintas y haciendo comparaciones de los esqueletos de los animales actuales, con fósiles de partes de los organismos ya que estos se encontraban, y se encuentran aún, fragmentados e incompletos. Con solo una parte del fósil y el parecido de las estructuras le era suficiente para indicar la forma, el número del resto del organismo, y de qué organismo se trataba, todo a partir de fragmentos de un fósil incompleto. (Sequeiros, 2003)

Cuvier afirmaba que los fósiles “eran monumentos de las revoluciones pasadas” y señalan jalones en el tiempo geológico, además que, no toda la información histórica era o podía provenir de los fósiles, sino que también podría ser contada por los sedimentos y las piedras donde eran encontrados. A pesar de sus aportes innovadores, terminó por mencionar que los fósiles servían para fortalecer la explicación bíblica del origen de la vida, diciendo que estos eran la evidencia que probaba que el mundo había sido azotado en distintas ocasiones por grandes revoluciones y catástrofes que transformaban al planeta y eliminaban parte de la vida en ella, a lo que se le denomina la teoría catastrofista, de la cual él es el principal exponente (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990).

Como ya se ha mencionado, una de las personas que trabajó a la par con Cuvier, fue William Smith (1769-1839), quien en sus trabajos aportó a los estudios que daban cuenta de la relación entre los estratos y los fósiles. Sus trabajos se enfocaron en el ordenamiento y clasificación de fósiles, claves para formular una ley que fortalecería al

SEP (Sistema Estratal Paleontológico) conocida como “principios de sucesión faunística” que explica por qué se han encontrado los mismos fósiles particulares en el mismo orden en el que se encuentran en los estratos. Apoyados por James Parkinson, un médico londinense cofundador de la *Geological society*, se enfocó en estudiar los problemas químicos y mineralógicos de las rocas, la naturaleza de los estratos y, por último, las discusiones de la sociedad geológica abarcaron al fósil y su naturaleza. (Fernandez, 1988)

Entre quienes discutieron este problema estuvieron William Buckland (1784-1856) y su discípulo Charles Lyell (1797-1875), quienes dieron vuelco a las teorías que se manejaban en ese entonces pues una de sus ideas preliminares sería que los cambios que se daban en la tierra tendrían que ser progresivos, lentos, graduales y continuos, pero para comprobar esto realizaron varios trabajos de campo en el monte Edna, el cual se proporcionaría la evidencia suficiente como para encontrar conchas en las montañas altas. Estas evidencias les permitieron concluir que las revoluciones de las que tanto se hablaban no ocurrían en periodos cortos de tiempo, sino en millones de años. No solo eso, la temporalidad de la tierra propuesta en el pensamiento creacionista estaba errada, además, que existieran distintos tipos de capas terrestres que albergaban distintas formas de vida respectivamente que ya no existían en la actualidad. Aunque él inspiró e influenció las conjeturas de Charles Darwin, la evidencia fósil fue insuficiente para que sacara conclusiones sobre el pasado de la tierra, por las dificultades de su estudio y lo incompleto que estos estaban. (Sequeiros, Pedrinaci, Alvarez, & Valdivia, 1997)

A la par de estos trabajos, Adam Sedgwick (1838) y Johan Phillips (1841) serían los encargados de introducir las eras geológicas al SEP. Conocidas como paleozoico, que es referente a la era de los organismos invertebrados y los primeros peces y seres terrestres; el mesozoico, refiriéndose a la época de los grandes reptiles; y el cenozoico, para la era de los mamíferos. Este aporte facilitó y mejoró la visión general que se tenía del sistema estratal y la datación de los organismos. (Fernandez, 1988) Luego de esta división de las edades de la tierra, el francés Alcide D’orbigny (1855), habló en sus escritos de lo que posteriormente sería conocido como los periodos o “terrains” y los pisos “etages”. Estas divisiones fueron pioneras porque D’orbigny fue el primero en

utilizar criterios de la paleontología para justificar la clasificación de los estratos y las capas de la tierra, él se refería a los pisos que, según su clasificación, eran alrededor de 27 y los denotaba como una expresión o división que la naturaleza ha hecho de la tierra, lo que después llamaría Isocrónicas, es decir, los pisos donde los animales están repartidos según su época de aparición. (Fernandez, 1988) Algo que detectó, fue que los finales de los pisos son marcas de eventos catastróficos o lo que llamó “revoluciones geológicas”. Aunque estas ideas fueron revolucionarias, contradictores como August Quenstedt (1851) y Albert Opper (1858), discípulo del anterior, no aceptaron las ideas catastrofistas de D’orbigny argumentando que no existían esas limitaciones en las distribuciones de los fósiles encontrados en esas capas, además de que no había evidencia suficiente para argumentar que el final de cada capa significara un evento catastrófico. (Fernandez, 1988) En el estudio de fósiles europeos el alemán, Opper estableció unas reglas para establecer unas zonas sucesivas que proponía como

- Analizar la distribución vertical de los sedimentos los fósiles encontrados en ellos.
- Identificar la zona de mayor abundancia de especies fósiles.
- Obtener un perfil de subdivisiones en las zonas.

Con la publicación del origen de las especies de Charles Darwin el 24 de noviembre de 1859, se brindaron elementos que contribuyeron a mejorar el SEP, como los aportes del principio de irreversibilidad en el cual se explica que la evolución tiene una sola dirección y que una vez los caracteres se pierden no vuelven a aparecer, lo que era muy coherente con los planteamientos de Opper quien retomando el principio genealógico en el cual los fósiles no deberían ser fragmentados y deberían tener una comunidad de descendencia, era necesario revisar la ontogenia y la filogenia, no era solo el estrato, el fósil o la roca la que se debía estudiar ,sino que también se debía revisar el grado de parentesco entre los organismos encontrados, y por primera vez en la historia de geología se utilizó un fenómeno continuo para justificar la edad de los cuerpos rocosos. (Fernandez, 1988)

Algunos ingleses, como J.W. Dawson (1864), decían que los fósiles eran anti evolutivos y discontinuos, y otros como T.H. Huxley (1871), quien tuvo amplia influencia de Ernst Haeckel (1866), propuso en la Royal Society de Londres el concepto de “homotaxis” con

el que pretende dar un orden local de la sucesión de la fauna a partir del análisis de las piezas encontradas en los yacimientos, aunque también mencionó que no había un método que demostrara sincronismo absoluto. Decía en su libro *History of creation* (1876), que había una amplia relación entre los fósiles y la evolución, y que estos podían ayudar a definir el patrón que faltaba para analizar el origen de la vida, ampliamente considerado uno de los neolamarkistas (Bowler, 1999)

Los geólogos de la época consideraban que las diferentes especies del pasado guardaban entre sí un orden espacio-temporal donde la escala de tiempo geológico debería estar basado en una evolución orgánica. A finales del siglo XIX, los geólogos defensores de las teorías creacionistas y catastrofistas eran pocos, pero a pesar de ello, aun existían discrepancias y falta de acuerdos en muchos de los términos utilizados en ese campo de estudio. Por esa razón se celebró el I Congreso Geológico Internacional en Paris (1878), en esta reunión se empezaron a tratar acuerdos, se formalizaron grupos de estudio y la construcción de propuestas que posteriormente se concretaron en el II congreso en Bolonia (1880). En este segundo encuentro se hicieron acuerdos que permitieron llegar a conclusiones sobre la unificación y conglomeración de una terminología estratigráfica y cronológica con el fin de eliminar confusiones, se instauró un nuevo sistema basado en la edad de los cuerpos rocosos fosilíferos, eliminando el orden estratal de los fósiles, esto con ayuda de datos empíricos obtenidos de estos mismos hallazgos. (Fernandez, 1988) A partir de ese momento fue instaurada la “zona” como unidad de medida cronológica, hecho que en el congreso de Berlín (1885) y para el VIII congreso se reconsideró para incluir “la fase” como un símil a la ya utilizada zona, definidas como un grupo de capas caracterizadas por uno o varios grupos de fósiles que le sirven de índice o guía. Aunque hubo propuestas alternativas como la de Jukes-Brown (1903) de llamar sécula a la zona, estos aportes fueron fácilmente ignorados entre la comunidad científica de la época. H Williams (1893) propondría la unidad conocida como “biocron” basada en datos estratigráficos y paleontológicos. (Fernandez, 1988)

El fósil en el siglo XX

El estudio de los fósiles siguió en una especie de estancamiento pues las ideas de pensamiento del siglo XIX se mantuvieron sin gran variación hasta mediados del siglo XX, cuando el descubrimiento de la radioactividad permitió hacer las primeras pruebas radiométricas. (Fernandez, 1988) Trabajos destacados de Artur Holmes (1911), quien fue el pionero en utilizarlas, permitieron formalizar lo que se conocería como la “geocronología”, lo que ofrecía un sistema de referencia que brindaba una mayor precisión en la datación aplicable a muchas investigaciones geológicas. En este sentido, se podía expresar en una escala numérica con cierto grado de exactitud el tiempo geológico de la tierra; esto hizo posible que a principios de siglo XX se empezara a tomar la edad del fósil en vez de la sucesión estratal en donde se encontraba. (Fernandez, 1988)

En la datación radiométrica todas las edades absolutas se basan en el decaimiento radioactivo, un proceso por medio del cual unos isótopos específicos de un átomo se convierten en otro a un ritmo constante y conocido. La mayor parte de los elementos existen en diferentes formas atómicas que son idénticas en sus propiedades químicas, pero difieren en el número de partículas neutras en el núcleo (neutrones). (Aznar, 2016)

Para un mismo elemento, estos átomos se llaman isótopos. Como su masa es diferente, su relativa abundancia se determina en un espectrómetro de masas. Así, el decaimiento radioactivo puede ser observado en el laboratorio por:

(1) Un medidor de radiaciones como un contador Geiger, que detecta el número de partículas de alta energía emitido por la desintegración de átomos en una muestra de material geológico.

(2) Un espectrómetro de masas, que permite la identificación de los átomos hijos formados por un proceso de decaimiento en una muestra. Las partículas obtenidas por este proceso son parte de un profundo cambio en el núcleo. Como consecuencia de la pérdida de masa y energía, el átomo radioactivo se convierte en un átomo de un elemento diferente. (Aznar, 2016)

Tabla 1. Isótopos de datación radiométrica

Isótopos usados en datación radiométrica			
Isótopos	Vida media	λ	Rango
$^{14}\text{C}/^{14}\text{N}$	5730	-	50 000 – 70 000 y
$^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}, ^{40}\text{Ca}$	$1.25 * 10^9$	$0.581 * 10^{-10} // 4.96 * 10^{-10}$	> 100 000 y
$^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$	$4.46 * 10^9$	$1.55 * 10^{-10}$	> 100 My
$^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$	$4.88 * 10^{10}$	$1.42 * 10^{-11}$	> 10 My

Fuente: Aznar (2016)

Como se ve en la tabla, los elementos radioactivos más útiles para datar rocas antiguas son el uranio 238, el potasio 40 y el rubidio 87. Para escalas de tiempo menores se usa el carbono 14.

Un ejemplo en el caso de este último, el carbono 14 es un isótopo que se puede encontrar en la naturaleza muy fácilmente, pero es inestable, carbono 12 y 13 son formas más estables; los organismos absorben en sus cuerpos constantemente el carbono 14 que se encuentra en la atmósfera, al morir la tasa de este isótopo empieza a bajar en una tasa que sigue la ley de decaimiento radioactivo, lo que se mide con el radiocarbono es la cantidad residual de este isótopo en las muestras que se analizan, y determinando la cantidad que queda de carbono 14 en esta. (Aznar, 2016)

“El número de átomos presentes en la muestra es el mismo pero existen algunos nuevos átomos de uno o más elementos, llamados hijos, diferentes de los átomos (padres) originales. Una roca o mineral que contiene isótopos radioactivos, se analiza para determinar el número de átomos padre e hijos presentes, a partir de esos números se calcula el tiempo desde que esa roca o mineral fue formado. Uno debe seleccionar materiales que contengan átomos con una vida media larga que contengan todavía átomos padre a pesar del tiempo transcurrido. La edad calculada es sólo tan precisa como el conocimiento de la razón de decaimiento y es válida porque la razón es constante durante todo el tiempo. El proceso de decaimiento se produce por la emisión de rayos alfa (núcleos de He), rayos beta

(electrones), o rayos gamma (radiación electromagnética). Este proceso se presenta en el interior del núcleo y este no puede alterarse por fuerzas externas tales como la presión, temperatura, gravitacional, magnética o eléctrica. Esta transformación es constante e independiente de otras variables físicoquímicas. Eso quiere decir que es inmutable respecto a todas las condiciones conocidas.”
(Aznar, 2016)

Aunque la radioactividad fue descubierta a finales del s. XIX, no fue de empleo extensivo para datar las unidades de rocas hasta 1950. Los métodos de ese entonces eran poco refinados, carecían de las técnicas de reducción de contaminación por partículas, por esta razón los métodos de medida de isótopos todavía siguen refinándose y los métodos de reducción de la contaminación química se siguen desarrollando. (Cervera, 2010)

Todos estos trabajos que estaban dando grandes saltos en el conocimiento geológico y paleontológico se verían truncados pues desde los trabajos de Da Vinci en el renacimiento, se evidenciaba un gran vacío de 400 años en los estudios relacionados a la extracción y preservación de los restos fósiles, y no se retomarían de manera seria sino hasta principios de siglo XX. Entre 1912 hasta 1935 los estudios retomarían importancia en el ámbito académico y surgiría lo que en un principio se conoce como bioestratinómia, un campo de estudios relativamente reciente que estudiaba la relación de los restos de organismos vivos y su relación con las capas de la tierra. Las observaciones y conjeturas hechas en estos estudios servirían para producir lo que con el tiempo se conocerían como las leyes estratigráficas. Aunque inicialmente estos estudios se enfocaron en los procesos de muerte de los organismos y el enterramiento que sufrían los restos; posteriormente en Alemania los estudios se harían más fuertes y se logró determinar un proceso específico de fosilización conocido como fosildiagénesis, dicho propiamente como el proceso mediante el cual un resto orgánico se transforma en fósil, pero a pesar de estos avances la tafonomía no tendrá su reconocimiento oficial sino hasta después de la Segunda Guerra Mundial. (Fernandez, 2000)

Sistemas de cronología modernos

Sidney Buckman (1893) sería el primero en detectar las limitaciones de la unidad conocida como zona. En sus estudios afirmaba que con los criterios dados para el entendimiento de la zona, todas las especies fósiles encontradas en determinadas capas estratales eran contemporáneas; para resolver este problema implementó el término “hemera” definida como una unidad de tiempo que utilizaba una secuencia de especies que permite separar los estratos en una división cronológica, “*una hemera es un periodo de tiempo marcado por fenómenos zoológicos particulares*” (Fernandez, 1988). En 1910 Buckman afirmó que una zona puede contener especies que han vivido en hemeras distintas, de ahí que no se puede comprobar su contemporaneidad, además él empieza a hacer una dualidad que diferencia el sistema cronológico del estratigráfico ya que pensaba que el sistema basado en la zoología reemplazaría en un futuro al sistema basado en la geología, y para 1924 el análisis de los factores zoológicos en los cuerpos rocosos le permitieron realizar una catalogación de especies aplicando el principio de la irreversibilidad. (Fernandez, 1988) El trabajo de más de 30 años de su carrera se resumía en que las hemeras eran unidades elementales en las cuales los intervalos temporales eran correspondientes al acmé (momento de máximo esplendor o desarrollo) de las especies al cual se aplicaban los principios de Darwin; posteriormente Buckman introduciría el término de biozona, definido como el rango de distribución vertical de los organismos en el tiempo indicado por el enterramiento de sus estratos, y luego trabajaría el concepto de faunizonas o cinturones de estratos caracterizados por un conjunto de restos orgánicos fosilizados; sus propuestas de unidades temporales no era más que la expresión de una serie de especies filogenéticamente relacionadas y vinculadas por una precedencia temporal. (Fernandez, 1988)

Con el pasar del tiempo las hemeras fueron perdiendo fuerza entre la comunidad científica y sería W. Arkell (1933) quien desacreditaría el sistema hemeral con los siguientes argumentos: (Fernandez, 1988)

Las migraciones verticales de especies no se pueden dar.

Los conceptos hemerales de Buckman hacían que variaran las especies nominales que eran utilizadas como guía.

Por estas razones el sistema hemeral fue abandonado y reemplazado por el sistema cronológico en la primera mitad del siglo XX.

Sistema bioestratigráfico cronológico

Antes de la constitución de biozona de Buckman, Henry Williams (1901) planteó la diferenciación entre geocron (número de espesor de los sedimentos líticamente uniformes) y biocron (presencia de organismos fósiles de la misma especie, familia o género), pero otros autores dieron otras connotaciones al término de biocron, no por la utilización de dos sistemas de medida de tiempo geológico o por las discrepancias con la cronología hemeral, sino por la ambigüedades que los mismos veían en el uso del término fósil, al cual le daban significaciones diferentes, hecho que influiría posteriormente en la constitución de lo que se llamaría bioestratigrafía. (Fernandez, 1988) Seria Louis Dollo (1904) quien acuñaría el término de bioestratigrafía para que así la paleontología tuviera relevancia e influencia en la geología, con el tiempo Dollo define bioestratigrafía para renombrar lo que se conocía como paleontología estratigráfica; en otras publicaciones este mismo autor expresaría varias ideas relacionadas con esos temas, por ejemplo, que la paleontología tenía como fin el estudio de los organismos fósiles, aquellos que nos han dejado sus huellas en el transcurso de las edades geológicas, indicando que los fósiles son del pasado y dando a entender que estos animales no dejan de ser animales por que estén preservados en la roca. (Fernandez, 1988)

Estas ideas eran compartidas por varios paleontólogos incluyendo a su profesor Othenio Abel (1911) quien fue el encargado de acuñar el término de paleobiología; la falta de acuerdos con respecto a la definición de lo que significaba fósil derivó en problemas que pusieron en tela de juicio la definición de la unidad conocida como zona y además de ello, la terminología que estaba asociada a este concepto fue interpretada

de distinta manera, lo que llevó a divergencias en lo que se entendía, si era una unidad espacial o una zona de significado cronológico. (Fernandez, 1988)

Durante las primeras décadas del siglo XX la desacreditación de las hemeras se unió con las discrepancias que había entre los defensores de la evolución, lo que generó confusión y dificultades a la hora de dar explicación al fenómeno de la evolución, por esta razón se hizo necesario obtener datos detallados que dieran evidencia y peso a argumentos sustentables. En respuesta a estos dilemas surgieron las unidades que se conocen como “teilzone” como propuesta de Pompeck, (1914), sustituido luego por “topozone” de Moore (1957), ambas se referían a una zona, la primera cronológica y la segunda estratal. Hasta la mitad del siglo XX prevaleció el uso de las biozonas gracias a los avances en el conocimiento biológico dado por científicos como Dobzhansky (1937), Mayr (1942) y Simpson (1944). (Fernandez, 1988)

A mediados del siglo XX la clasificación más ampliamente desarrollada de la escala de tiempo geológico fue la que se basaba en el orden espacio-temporal de los fósiles, y uno de los geólogos que realizó grandes aportes a este campo fue William Arkell que en sus obras “The Jurassic System in Great Britain”(1933) y “Jurassic Geology of The World” (1956) defendería el sistema utilizado por Opper que definía a los estratos como una capa o grupo de capas identificadas con ayuda de los registros fósiles, desde este término la zona era considerada como una capa de sedimento caracterizada por una asociación de fósiles, y para hacer aclaraciones, Arkell hizo las siguientes distinciones:

Tabla 2. Distinciones realizadas por Arkell

Bases de la clasificación	Término cronológico	Término estratal
Acmé o duración de una fauna.	Sécula o momento	Faunizona
Acmé visible o local de una especie	Hemera	Epibole
Duración visible o local de una especie	Teilcrón	Teilzona
Duración absoluta de una especie	Biocrón	Biozona

Fuente: Fernández (1988)

Las conclusiones a las que llegó Arkell se referían a la utilización de las zonas y los pisos como medida estratigráfica, y a las biozonas y los biocronos como unidades temporales y cronológicas. Pero ambas necesitaban intrínsecamente los datos filogenéticos y las asociaciones evolutivas que tienen las especies fósiles, muy a pesar de que el término biozona quedó clarificado, estas pasaron a ser unidades no reconocibles, de hecho, el mismo Arkell no hizo uso de este término. (Fernandez, 1988)

Con el tiempo y la falta de acuerdo entre la comunidad científica, los términos zona y piso fueron perdiendo validez, aunque para la mitad de siglo aun existían paleontólogos y geólogos que aún los defendían; la significación del término biozona llegó a tal ambigüedad entre la comunidad geológica y paleontológica que en 1957 la Comisión Americana de Nomenclatura lo reemplazó por el término a “range zone” o rango, como aquella unidad de estratos en la cual se extiende una especie o género taxonómico de fósiles; años más tarde el reconocido geólogo Miller (1965) crítico de las nuevas tendencias estratigráficas, reconoció el valor de los trabajos y propuestas de Arkell, aunque estas tendencias terminarían con un nuevo sistema de medición que surgió en los años setenta, uno que no tenía la necesidad de asociar fenómenos evolutivos a la escala de tiempo. (Fernandez, 1988)

Sistema cronoestratigráfico

Desde los años 40 varios geólogos hicieron aportes importantes que redefinirían la temporalidad de la tierra, sería hasta entonces que la tafonomía como campo de estudios de las técnicas y herramientas de la paleontología tomaría forma propia gracias a los aportes del quien es considerado el padre de la misma, el paleontólogo ruso I.A. Efremov (1940). Él acuñaría el término derivado del griego que significa Ciencia de las leyes del enterramiento, haciendo referencia propia a su predecesora la bioestratinómia. Desde el planteamiento de Efremov, la tafonomía es el estudio de la transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera lo que incluye restos de plantas y animales (Behrensmeyer, 1984), los procesos físicos, químicos, orgánicos e inorgánicos. Para el

paleontólogo ruso se debían tener en cuenta los procesos de las primeras transformaciones como la muerte y descomposición de los organismos, el enterramiento que estos sufren, de donde se desprende lo que se llama litificación que es ya el propio proceso de fosilización. (Fernandez, 1988)

Los geólogos de ese entonces propusieron que se llevaran tres sistemas de medida, uno en unidades estratigráficas de roca, uno de unidades estratigrafías de tiempo, y otro de unidades solo temporales; finalizada la segunda guerra mundial, en el Congreso Internacional de Argelia (1952) se determinó una comisión que establecería principios y unificaría la nomenclatura estratigráfica. En función de ello, se publica en 1961 el “statements of principles and a glosary of terms”, lo que generó muchas controversias. (Fernandez, 1988)

En ese mismo año se funda La Unión Internacional de Ciencias Geológicas la cual reunió la mayoría de comisiones dispuestas en los anteriores congresos y que en el año 1972 publicaría la “guía internacional de clasificación, terminología y usos estratigráficos”, producto de casi 25 años de arduo trabajo de la comunidad científica geológica; estas publicaciones hablarían de un término conocido como estratotipo, como aquella unidad de clasificación estratigráfica concebida como un instante de tiempo geológico, marcada por el comienzo de la división de estratos, dataciones y correlaciones geológicas. Esto se desarrolló con el objetivo de acabar las ambigüedades en la utilización de términos como zona, biozona, biocron y piso. (Fernandez, 1988)

Una de las primeras modificaciones de la unidad cronoestratigráfica surgió con la necesidad de estandarizar el sistema de clasificación en trabajos hechos con la clasificación del silúrico-devónico, y luego del mesozoico, se propuso que el punto de referencia del inicio de una división debería ser el punto de referencia terminal de la división precedente, esto es conocido como principio de punto de referencia o “marker point”. Esto fue oficializado en el XXIV Congreso Geológico de 1964 y marcó el cambio del sistema estratal-cronológico al cronoestratigráfico, y aún lo utilizan muchos grupos de trabajo en la geología. En los últimos 40 años la experimentación radiometría ha perfeccionado el trabajo, desarrollando nuevos sistemas cronológicos de mayor

exactitud incluso relacionados con la teoría de placas, y dependiendo de la expansión de las placas tectónicas, establece una escala geotectónica. (Fernandez, 1988)

Entre 1960 y 1975 se encontró nuevo registro fósil correspondiente a organismos del proterozoico y del arqueano en lo que se conoce como la fauna de ediacara en Australia y de Burgess Shille en Canadá, esto reencaminó los estudios paleontológicos. (Valentine, 1990) Con el surgimiento de la paleoecología y paleoambientes, los fósiles ya empiezan a tratarse como una comunidad biológica, y se crean definiciones como la de ignofósil, que es el reflejo de las actividades de estos organismos y un indicador de los ambientes antiguos, también se encontraron y definieron los microfósiles y nano fósiles que usualmente se hallan en los fondos marinos. (Valentine, 1990) Hacia las décadas de los 70 y 80 los trabajos se enfocaron en la descripción de los fósiles y la vida extinta.

A.C. Osborn (1930) hablaba del fósil como una fuente de datos para saber sobre los procesos de evolución y posterior a ello, da las bases para que se postule la teoría del equilibrio puntuado; (Hoffman, 1990) expuesta por uno de los paleontólogos modernos más importantes, (Eldredge & Gould, 1972), quien en sus planteamientos afirma que la evolución está asociada al desarrollo de las especies y que a pesar que los cambios en ellas se hacen en forma gradual, hay puntos en la historia que las especies cambian abruptamente. Desde este punto de vista, los mismos fósiles son los únicos que pueden proporcionar información de la morfogénesis de las especies y las condiciones ambientales en las que estaban inmersos los organismos (Valentine, 1990).

El concepto actual

Bajo los planteamientos de Jay Gould y junto a los de D. Jablonski, se habla del Registro fósil genético, que es muy difícil de hallar por la dificultad de la fosilización del ADN. (Gould, 1993) En términos morfológicos, los organismos con esqueletos duros, particularmente los invertebrados con concha, tienen más posibilidades de ser preservados como fósiles, que los organismos de cuerpo blando, que contienen una

riqueza de información biológica (Jablonski & Raup, 1986). En su escrito *el libro de la vida* (1996), los fósiles son explicados como

“los restos o huellas de las formas de vidas pasadas, preservadas en sedimentos, carbón, alquitrán, petróleo, ámbar, ceniza volcánica, congeladas en hielo, momificadas en arenas áridas o en aire enrarecido, los más comunes son de plantas y animales con partes duras (huesos, conchas o exoesqueletos)”.
(Gould, 1993)

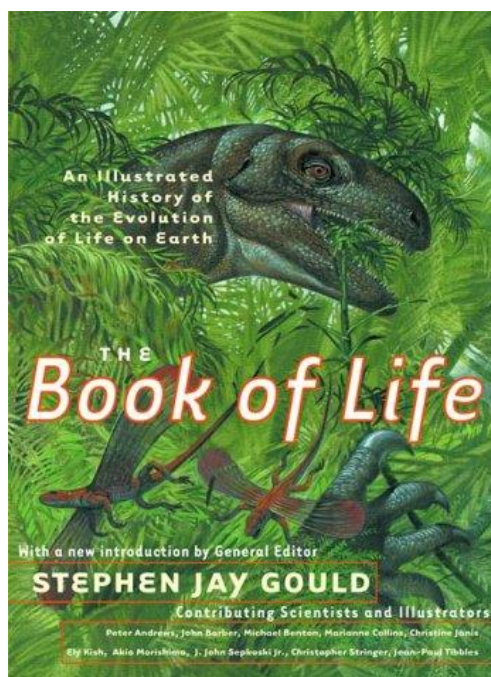


Figura 8: portada el libro de la vida (Gould, 1993)

En este sentido, la Ciencia encargada de su estudio es la tafonomía; y para terminar resume y describe al fósil como una contribución biológica evolutiva que aporta a la cronología de la transformación de los organismos con los cuales se puede analizar la estabilidad o no de las especies en el tiempo y algunos patrones que se podrían ver en este cambio físico y espacial, la persistencia, cohesividad, el reemplazo, recambio y declinación de las mismas. (Aguirre, 1997)

Otros autores como (Fernandez, La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones., 2000) afirma que tales objetos no están constituidos necesariamente por materia orgánica, es decir, que lo que es llamado materia fósil no es un tipo de materia orgánica. (Fernandez, La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones.,

2000) Desde este punto de vista, estas entidades pueden ser entendidas como sistemas concretos que tienen alguna(s) propiedad(es) física(s), por ejemplo, la de estar compuestas por objetos materiales, la de tener una ubicación espacio-temporal, y la de transformar energía. Son sistemas organizados que han podido experimentar procesos evolutivos y que son susceptibles de integración en sistemas más complejos; en otras ocasiones, la fosilización ha sido interpretada como consecuencia de una causa externa a las entidades biológicas del pasado. (Fernandez, 2000)

En el caso de (Pardo, 1996), se designa fósil a cualquier resto, molde, huella de organismo o de su actividad biológica conservada en el sedimento, ya que durante su ciclo vital son muchos los restos a fosilizar (exoesqueleto, huevos, heces), y las huellas de la actividad vital también es susceptible de fosilizar; entonces, si la muerte se produce en determinadas circunstancias y en el ambiente sedimentario idóneo, existe la posibilidad de que el propio cadáver quede fosilizado. Para estudiar estos restos, está la tafonomía, Ciencia multidisciplinar que estudia lo que ocurre con los restos y huellas de actividad vital (fosildiagénesis) y casos raros fuera del sedimento, como ocurre con el permafrost, que es la preservación de los restos en capas de hielo y glaciares. (Pardo, 1996)

Desde los distintos puntos de vista que se han examinado, se ha podido observar cómo se va presentando una transformación del concepto fósil, desde su origen y sus distintas concepciones, de pasar un objeto inorgánico y sin relación a la vida, hasta el punto actual donde se le puede considerar hasta un sistema concreto, una entidad inorgánica que ha tenido origen en las transformaciones bio-geoquímicas de los restos orgánicos como huesos, conchas y/o exoesqueletos, y las huellas de su actividad biológica en vida que se han preservado en los distintos sedimentos y que dan cuenta de información de las distintas transformaciones morfo y fisiológicas que han sufrido las especies durante el tiempo y en el espacio, clara evidencia de los fenómenos relacionados con la evolución de los organismos. De esta manera, se ha visto cómo se ha venido transformado un objeto inanimado en un elemento que puede dar cuenta de los seres vivos actuales.

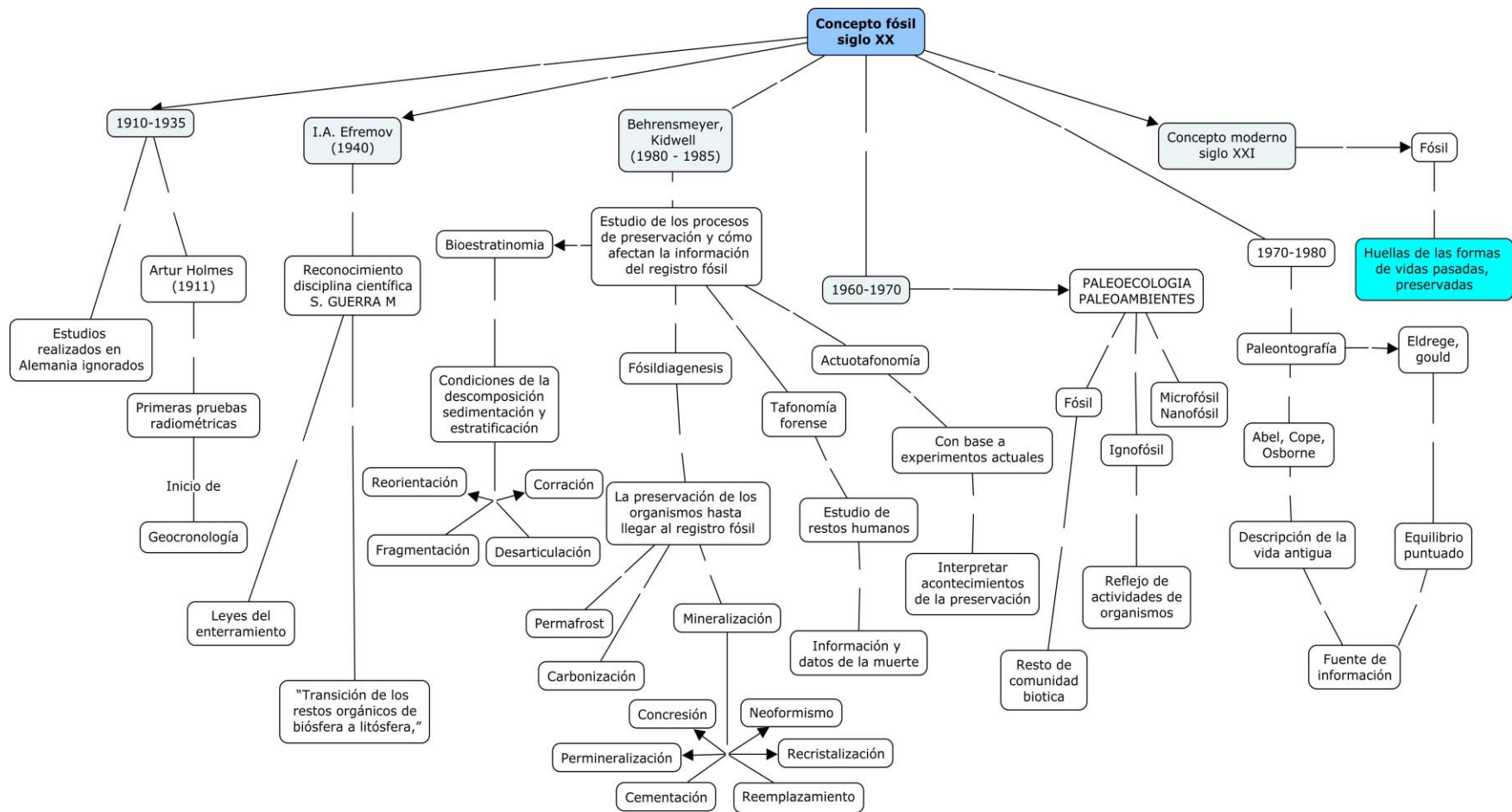


Figura 9: Evolución concepto Moderno de fósil

Fuente: Elaboración propia

Reformulación teórica y epistemológica: Del devenir de una roca al florecimiento de la vida

Para hablar de cómo el fósil se ha constituido en un objeto y un problema de conocimiento, se ha hecho un ejercicio de conceptualización y profundización teórica en la que se puede evidenciar que existen varios aspectos fundamentales a la hora de hablar de fósil. Para llegar a este concepto como lo hicieron los teóricos y científicos del pasado, no se siguió un camino lineal, la constitución de este concepto constó de la conglomeración de varios constructos de conocimiento, cada uno de los planteamientos científicos que poco a poco aportaron a la palabra fueron dándole forma hasta el concepto actual. En este rastreo informativo demuestra que la Ciencia no es de solitarios, consta de un trabajo colaborativo y de un constante redimensionamiento de la imagen de mundo, por eso el significado de fósil de Plinio no será lo mismo que hablar del significado que tiene para Stephen Jay-Gould. Desde este punto de vista, este rastreo se ha enfocado en cuatro aspectos principales que pueden evidenciar los cambios históricos que transitó el concepto y por los cuales poco a poco se fue constituyendo.

De esta manera, esa simple palabra da cuenta de fenómenos que han sucedido en la tierra, por ejemplo, permite explicar cómo es el desarrollo de los seres vivos en este planeta; aspectos como la noción de la desaparición definitiva de los seres vivos (extinción) y la constante comparación entre las adaptaciones de la vida en formas que han cambiado paulatina o abruptamente (transformación); que la tierra ha tenido revoluciones y que la imagen del planeta no es la misma siempre, por lo que tenemos que buscar pistas que nos ayuden a ubicar su existencia en el tiempo (datación); y un último aspecto, que hay objetos en la corteza terrestre que se parecen, o no, a los organismos que viven actualmente y que los lugares donde los encontramos nos pueden contar por qué llegaron allí (fosilización).

La delimitación de los aspectos anteriormente mencionados, fueron producto de ese ejercicio de profundización y conceptualización teórica desde el cual ubicamos estos cuatro aspectos como fundantes y estructurantes para comprender cómo el fósil se constituyó en un objeto de estudio.

De la desaparición de los seres vivos “las extinciones”

Cuando se tiene una muestra de un resto fósil de lo primero que se puede venir a la mente es “murió” pero realmente solo se puede asumir que murió, y dependiendo del fósil, cuando se observa un esqueleto de un dinosaurio las personas se pueden preguntar ¿esto existió realmente? ¿no queda ninguno de ellos? ¿Qué fue lo que les pasó?; por ello la sola muerte no explica lo que pasa con la ausencia del espécimen, es necesario explicar el suceso desde la extinción. Aparentemente la extinción se asume como la definición asociada a la desaparición de una especie, pero en su conceptualización es necesario no solo pensar en una desaparición espontánea, sino que se ha tratado de distintas maneras. En un inicio las teorías relacionadas a la desaparición de las especies provenían de la teoría bíblica y todo referente al fenómeno que se conocía como diluvio universal, como un evento catastrófico que eliminó la vida presente en la tierra, pero, como cuenta esa versión, algunas de las especies quedaron vivas por designio divino, para repoblar la tierra. Este idea se mantuvo por varios milenios, y hasta ese punto la noción de tiempo no se encontraba más allá de lo que podía imaginar el humano, en la teoría bíblica la temporalidad que se manejaba era de un 4 mil, 5 mil y hasta 10.000 años de antigüedad, pero más allá de esto no había una noción, aquello que conocemos actualmente se conoce como tiempo profundo no existía, era nula, el tiempo era algo escaso e imaginar algo más alejado o anterior a la formación del universo en 7 días era imposible. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

Incluso las interpretaciones actuales que dan aquellos defensores del “diseño inteligente” es que durante mucho tiempo se dio una mala interpretación de aquello que exponía el libro del Génesis, que incluso esos días se traducen en épocas de millones de

años, tratando de conjugar un discurso que en su origen era muy pobre para explicar el origen de la vida, pero para ese entonces sin suficiente pensamiento analítico que hiciera relaciones entre la pocas evidencias existentes y las ideas circundantes, era imposible imaginar en siquiera una noción de un millón de años, no sería sino hasta que llegaría una nueva manera de ver la edad de la tierra propuesta por el naturalista George Louis Leclerc conde Buffon y su libro "*Las Épocas de La Naturaleza*" (1778), en el cual trata de dar explicación a los cambios y revoluciones que ha sufrido la tierra, algo importante en sus planteamientos, es la historicidad que se le da al planeta tierra, que deja de ser un ente estático y sin mayor historia que la que cuenta la biblia, la cual consideraba que la tierra no tenía más de 5 mil años de edad. (Fernandez, 1988)

Leclerc en su libro propone una existencia ya más dada en millones de años y en lo propuesto en el libro muestra evidencias de depósitos de rocas particulares y que la tierra había sido poblada por diferentes animales y plantas además la historia humana estaba relegada a la última y más corta de las épocas. Hasta aquí podemos afirmar entonces que a la extinción se le va adecuando un tiempo que ya empieza a reñir con la condición de estatismo del planeta y de los seres que lo habitan, en esta condición la tierra no es la misma, ha debido de tener algunos cambios y en alguna época debió lucir diferente, pero para lograr ubicar esos grandes cambios es necesario pensar en una escala de tiempo mayor a la que proponía la teoría tradicional religiosa que predominaba en ese entonces. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

En los trabajos de Leclerc, él trató básicamente la primera noción de cambio, en el planeta y en los seres vivos, el compilado de escritos que él realizó y sus colaboradores, se fundamentó en la idea de tratar de trazar la historia de la tierra hasta nuestros días, aunque una de las cosas particulares en esa historia de la tierra tenía que ver con los seres vivos, algo crucial que encontró era esa noción de patrones de que existían organismos algunos con características similares a lo cual debería haber una explicación, este pequeño indicio contradecía la visión de la creación individual de las especies, porque un grupo de organismos tenía una característica en común como tener pelo, plumas o 4 patas, sería algo muy polémico para la época, dando sus primeros pinitos la idea de cambio muy incipiente se fundaría, aunque hay que mencionar que

Lecler respetó lo propuesto por la biblia y explicó que las regularidades en las características de los organismos no eran más que aberraciones y copias baratas del originalmente creado, de ahí su parecido y similaridad, pero no su igualdad. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

No fue sino hasta el siglo XIX, haría aparición George Cuvier (1769-1832), un anatomista reconocido por sus trabajos en disertación y comparación de especímenes, ya sean vivos o fósiles, entre los que se destacan el mamut americano y el perezoso gigante; su trabajo fue el de continuar lo hecho por George Lecler y además de ser profesor interino del museo de historia natural de Paris, haría grandes aportes a la ciencia, el cual apoyado por lo hecho en Inglaterra por William Smith, será uno de los que impulso la transformación del concepto tal cual como se conocía en la época.

Con sus trabajos de lo que se conocería como *Anatomía comparada*, logro descubrir que había gran similitud entre muchos de los restos de especímenes vivos con las muestras de objetos rocosos, y estos estudios los consigno el en su libro el discurso preliminar sobre estudios de osamentas fósiles de cuadrúpedos (*Preliminary Discourse de sus Recherches sur les Ossements Fossiles de Quadrupedes* 1812); entre algunas de las conjeturas que se exponen en este libro una de las más importantes que se considera como pilar de la paleontología es *el principio de irreversibilidad de las especies*, en donde una especie que aparece sobre la tierra y luego se extingue, jamás vuelve a aparecer sobre la tierra, de ahí la asociación de los fósiles como seres extintos. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

Cuvier centro su trabajo de anatomía comparada con los especímenes fósiles, estos consistían en examinar un simple colmillo, hueso o fragmento del mismo, y en este ejercicio podía determinar características como el tipo de mandíbula, su posible alimento y hasta el tipo de cuerpo podía tener el animal, se encontró asombrado al encontrar huesos de animales con tamaños gigantescos; a este naturalista le llevaban huesos de tamaño descomunal y al realizar un minucioso trabajo, se encontraba con que esos organismos que era de tamaños y magnitudes inmensas, de ninguna manera se podían observar en la fauna actual, este tipo de animales no se podría esconder tan fácilmente en el ambiente y por tanto hubieran sido descubiertos de alguna forma, pero esto no

ocurrió, no se encontraba ningún ejemplar vivo, lo que lo llevó a pensar que definitivamente estos “monstruos” no existían, en definitivamente vivieron pero ya no aparecían en la naturaleza y que por alguna razón murieron todos sus representantes, la explicación la encontró nuevamente en la definición catástrofes de magnitudes planetarias, y un ejemplo o asociación que hacía era con el diluvio universal, además estas catástrofes y “cataclismos” cambiaban la geografía del planeta y por tal razón todos los organismos morían sin dejar rastro de algún ejemplar vivo, fue así como esta noción de cambio, aunque muy sesgada por la teoría religiosa ya se fundamentaba, se estructuraba y cobraba forma definida, procesos por los cuales la naturaleza eliminaba la vida para crear nueva. (Buffetaut, 1987)

Algo básico en el pensamiento de Cuvier y que logró determinar con lo que se conocería a futuro como anatomía comparada; era la posibilidad de encontrar un resto o una parte de un ser vivo que existía actualmente, como un fémur o trozo de cadera, utilizando sus principios de correlación, en ocasiones le eran traídos restos y fragmentos de esqueletos que con esos principios fácilmente se ajustaban a la descripción de organismos que se encontraban vivos en la naturaleza, el problema era que los restos eran de gran tamaño, subsecuentemente pertenecían a una forma gigantesca de este mismo ser, la pregunta era ¿Dónde se encontraba este ser tan monstruosamente gigante? Esto llevó a pensar Cuvier la imposibilidad de no encontrarlo a simple vista en la naturaleza, a un ser de tan bárbaras proporciones no le sería tan fácil pasar desapercibido para la ciencia, la única posibilidad que existía, era que de alguna manera este organismo no viviera, él y todos sus ejemplares ya no existieran, todos estarían muertos y lo único que se pudiera reconocer de ellos son los esqueletos que se encontraban en los sedimentos, esta noción de desaparición total sería lo que posteriormente constituiría el concepto de extinción. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

Durante el siglo XIX las ciencias de la tierra estaban en función de incrementar los conocimientos científicos sobre los seres vivos, por esta razón los naturalistas vieron la importancia y la necesidad de reconstruir una sucesión temporal de los organismos, que estos tienen una relación con la tierra, los sedimentos y su historia; quien más aportó en

este sentido fue William Smith, sus trabajos se enfocaron en el ordenamiento y clasificación de fósiles, estos estudios fueron claves para formular una ley que fortalecería el planteamiento propuesto en el sistema estratal paleontológico (SEP) un esfuerzo por tratar de zonificar las edades de la tierra y en este sistema fueron aplicados los “principios de sucesión faunística” que explican por qué se han encontrado los mismos fósiles particulares en el mismo orden en el que se encuentran en los estratos y ciertos restos fósiles que están estrechamente relacionados a estas capas. (Fernandez, 1988) Posterior a ello Amons Gressly y Constant Prevost (1838) hicieron estudios que determinaron que los materiales sedimentarios y líticos pueden no ser de la misma época, ya que en cada época puede existir un tipo de sedimento, aunque existan depósitos de estos del mismo carácter lítico y estos tengan fósiles similares, pero de distinta edad, lo cual causo confusión en lo establecido hasta el momento.

Al empezar a reconocer que la tierra no era lo que se creía y que su edad era mucho más antigua empezaron trabajos sobre la estratificación y zonificación de ciertas edades que hubiese tenido la tierra; luego de esta división de la edades de la tierra aparecería lo propuesto por el francés Alcide D’orbigny (1855) quien en sus escritos propuso lo conocido como los periodos o “terrains” y los pisos “etages”, estas divisiones fueron pioneras porque D’orbigny fue el primero en utilizar criterios de la paleontología para justificar la clasificación de los estratos y las capas de la tierra, él se refería a los pisos que según su clasificación eran alrededor de 27, los denotaba como una expresión o división que la naturaleza ha hecho de la tierra, son lo que el llamaría isocrónicas, donde los animales están repartidos en estos pisos según su época de aparición, algo que detectó fue que los finales de los pisos son marcas de eventos catastróficos o lo que llamaba “revoluciones geológicas”; por su parte los evolucionistas desde Darwin, contradecían las ideas catastrofistas, dando explicación a los supuestos fenómenos de extinción como imperfecciones o vacíos en el propio registro fósil, ya que sus ideas eran apoyadas en las teorías propuestas por Hutton y Lyell que proponían que los cambios que se daban en la tierra eran graduales, lentos y continuos. (Fernandez, 1988)

Aunque Charles Lyell sería quien redimensionaría la idea de la desaparición de los organismos y dándole un vuelco a la historia sería el primero que propondría la noción

de extinción, tratando de buscar evidencias para debatir ideas creacionistas que fueron infundidas por su profesor William Auckland quien era bastante excéntrico; realizando trabajos cerca al monte Edna, Lyell encontraría la respuesta al dilema del porqué los organismos fósiles se encontraban en zonas distintas donde usualmente se podían encontrar en vida, como encontrar conchas en las montañas altas, estas evidencias le llevaron a pensar que las revoluciones que tanto se hablaban no ocurrían en periodos cortos de tiempo si no en millones de años y no solo eso sino que la cronología que proponía la biblia estaba equivocada, además de ello la idea de que existían ciertos distintos tipos de capas terrestres con distintas formas de organismos que no se encontraban en la actualidad le permitió deducir que no solo ocurrió un evento tipo cataclismo de destrucción masiva de la vida, sino varios en distintas épocas de la tierra, y todas estas conclusiones las logró consignar en su libro “principios de la geología”, (Cabezas-Olmo, 2003) sería Lyell quien después de mucho tiempo se atrevió a debatir, a ir más allá y a proponer algo nuevo de lo que sus predecesores no lo hicieron, además de ello afrontó la visión de cruzar esa barrera que muchos de los naturalistas no habían hecho, rompió esquemas impuestos y lo logró hacer con fuertes evidencias, lo que inspiró trabajos de naturalistas posteriores a él y ayudar a ideas como la evolución propuestas por Darwin y Wallace en años siguientes, la idea de que la tierra era más antigua, de que los organismos no son los mismos, ayudó mucho a fundamentar esa idea de transformación, de “cambio” en los seres vivos. (Cabezas-Olmo, 2003).

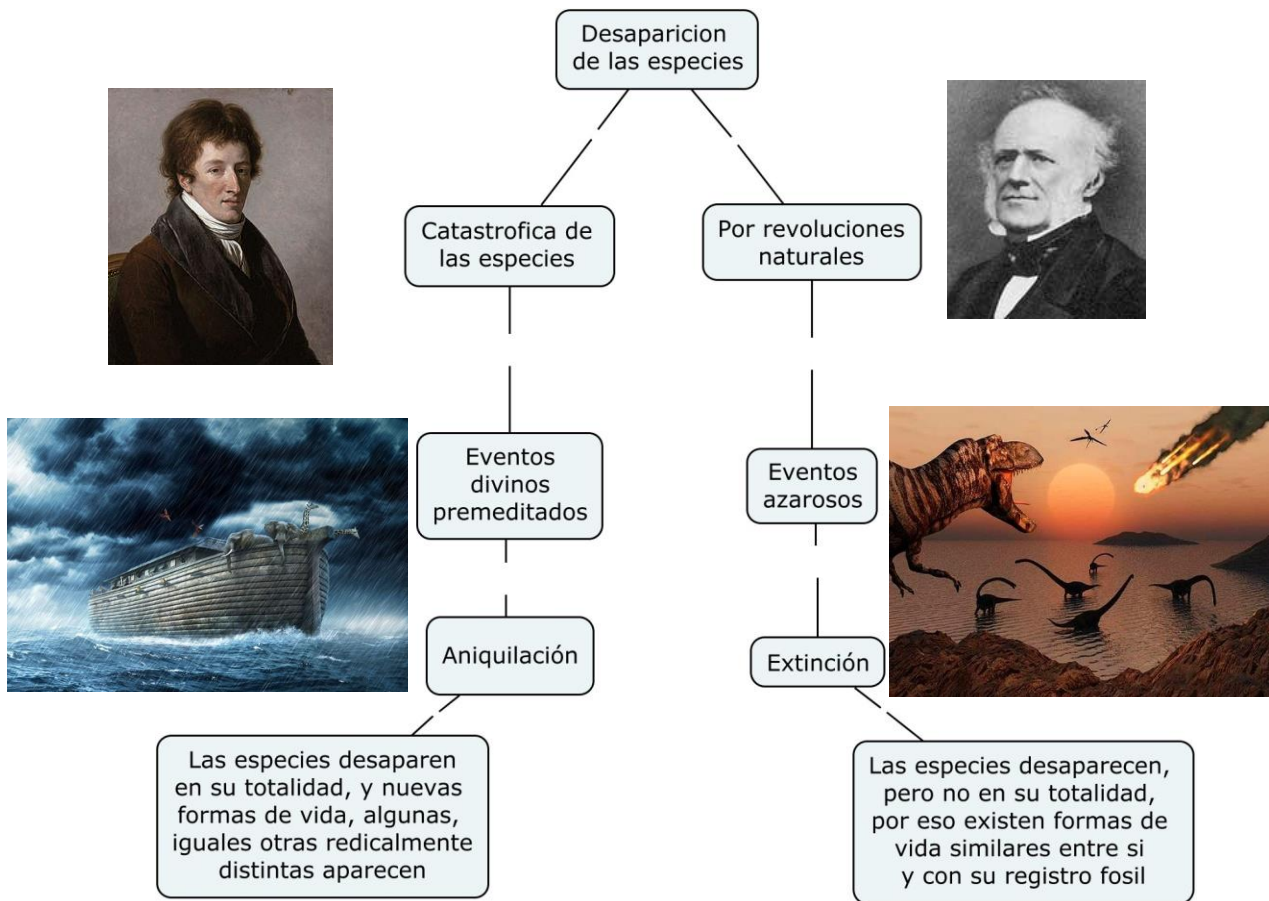
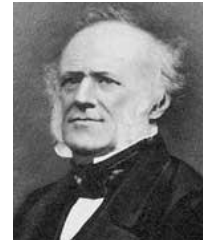
Se concluye que para poder pensar el fósil, fue necesario acuñar una idea de extinción que vinculara aspectos como la desaparición por eventos catastróficos en la tierra, eventos que no eran premeditados sino aleatorios, además de una noción de desaparición definitiva de los organismos, donde ningún ejemplar de un grupo en particular queda vivo para dar cuenta de él, lo único que quedan son sus restos y aunque sobrevivan algunos, estos con el tiempo y su constante lucha por sobrevivir al cambio de los ambientes, sufren transformaciones sustanciales que les permiten relacionarlos con sus predecesores. (Cabezas-Olmo, 2003)

Figura 10. Comparativo entre Cuvier y Lyell

George Cuvier



Charles Lyell



Fuente: elaboración propia

Transformaciones en los organismos: Darwin y Wallace, la estocada final y muerte del pensamiento hegemónico

Las ideas de Lyell fueron revolucionarias y pusieron en la época cuestiones que serían estructurantes en el cambio de pensamiento que se daría años después, y preguntas como ¿son los mismos animales los que han vivido en el pasado? ¿Qué es lo que ha sucedido para que tales bestias tan asombrosas no existan ahora? ¿Qué fue lo que ocurrió en el pasado?; estas ideas de transformación aparecerían sino hasta el siglo XVIII con los planteamientos de George Lecler, quien empieza a introducir la idea de tiempo en la historia de la tierra, aspecto que ya se ha desarrollado en los apartados anteriores, la idea de que la tierra no es estática, sería la primera noción de transformación que empezaría a aparecer, pero sería Jean Batispte Lamarck el primero en sentar la idea de transformación⁴ en la historia natural, para él las especies no eran estáticas, estas se transformaban, iban de lo simple a lo complejo en un proceso de mejoramiento y perfeccionamiento, en lo cual se empezaba a ver que la vida tenía una linealidad y una direccionalidad, estos cambios y variaciones en las especies se daban por una necesidad explicita dada por el entorno, y todas sus consignas las compilo en el “*philosophie zoologic*” la cual en su época fue mal recibida por esas propuestas de pensamiento revolucionarias, la cual también fue mal recibida y criticada entre la comunidad científica de la época por la falta de evidencia y pruebas fuertes que demostraran lo que el proponía. (Thackray, Briggs, & Crowther, 1990)

En ese marco de pensamiento que él empezó a impulsar ya señalaba un movimiento en el tiempo y para clasificar estos grandes cambios que tenían las especies no solo era necesario tener en cuenta el entorno como espacio sino también era fundamental el tiempo; aunque él sentó las bases de este pensamiento transformacionista, se le agregarían muchas cosas más que él no tuvo en cuenta, Cuvier no estaría muy de acuerdo con las ideas de Lamarck y señalaría que las variaciones

⁴ La noción de transformación que se describe en este apartado se refiere a la forma de cambio que sufren los organismos, que se empieza a introducir en las teorías planteadas por Lamarck en primer lugar y posteriormente por Darwin y Wallace en sus respectivos planteamientos, fundamentales para la biología, muy distinto al concepto de transformismo propuesto desde la antigüedad, visto desde una perspectiva mística

pueden darse azarosamente sin necesidad que dependan de un requerimiento dado por el entorno, en este sentido el estudio de los fósiles que él realizó, le permitieron deducir que la vida pasada no era la misma que la actual, cuando el mencionaba que los restos eran “*jalones en el tiempo*” de la vida o “*monumentos de las revoluciones pasadas*” señalaban una historia de la naturaleza la cual era contada por las rocas y los fósiles se convertirían en evidencia que permitiría deducir que la tierra no ha tenido la misma envoltura en el tiempo de su existencia, de ahí surge la idea de los cataclismos o revoluciones catastróficas que cambiaban la forma y estructura del globo, los fósiles le demostraban fácilmente que los animales de hoy no eran los mismos de ayer y que “*no hay nada en común entre lo de hoy y lo de ayer*”. (Fernandez, 1988)

Las ideas de Cuvier iban dirigidas a pensar que la transformación no se podía dar sin una variación gradual de las características, que no se daban por una presión del entorno sino de forma “gratuita”, pero en sus deducciones habían dos problemas que resolver, la dispersión de las formas de vida y las interrupciones temporales que diferenciaban los seres del pasado con los actuales; (Fernandez, 1988) aunque con estas dificultades, estas ideas serían tenidas en cuenta para dos futuros naturalistas como Darwin y Wallace en donde la contingencia sería fundamental para sus propuestas, pero antes habría alguien que sumaría más elementos a sus teorías y serían de influencia, Charles Lyell daría más bases empíricas para explicar la transformación, empezando por explicar las revoluciones de las cuales hablaba Cuvier, como eventos violentos que han cambiado la morfología del planeta; Lyell empezaría explicando sus ideas teniendo en cuenta todo el trabajo de campo que había realizado en el cual deduciría que habían especies que han coexistido, pero en las transformaciones terrestres que han pasado, se convertiría en un impedimento para el desarrollo natural de las especies, cuando examinaba los lugares donde encontraba sus muestras, señalaba que los restos están en zonas localizadas al igual que lo hacen las especies vivas, donde los seres que se encuentran ahí son similares pero esta localización específica empieza a demostrar que hay diferencias entre los organismos ubicados en estas localizaciones. (Cabezas-Olmo, 2003)

La geología distribuye los seres de otras épocas en zonas, localidades o provincias, repartidas en distintas profundidades; por este motivo es que el geólogo empieza a pensar que la tierra no parece haber tenido una cadena única de transformaciones y que a raíz de ello debía haber una introducción ocasional de nuevas plantas y animales, son los organismos quienes deben ajustarse y adaptarse para lograr afrontar esas transformaciones del globo, cuando Lyell se refiere al registro fósil, menciona que es un libro incompleto de páginas y fragmentos faltantes por leer, para explicar lo que dice se hace necesario relacionar lo que vive actualmente con lo que vivió en el pasado. (Cabezas-Olmo, 2003)

El trabajo de campo que realizó el geólogo fue fundamental, así como lo hizo Darwin, la exploración les ayudo a reunir suficiente evidencia empírica que permitiría comprobar sus planteamientos; la historia de varios de estos conceptos tratados nos permite evidenciar cómo se transforma el conocimiento, además del agotamiento del mismo para dar explicación a un determinado fenómeno natural, y las crisis respecto a los problemas del conocimiento que generó el mismo, en lo siguiente se expone cómo termina de cambiar un pensamiento hegemónico o paradigma, y se pasa a uno nuevo que pudo dar respuestas a esos problemas. (Bowler, 1999) Los trabajos que hizo Lyell servirían de inspiración a dos de los grandes naturalistas de la historia, Alfred Russell Wallace y Charles Darwin, ellos quienes hicieron trabajos paralelos y llegaron a las mismas deducciones, fueron los que determinaron cuál era el mecanismo por el cual la vida se había transformado, y por la que actualmente se podía encontrar gran diversidad de especies de plantas y animales, sin mencionar que el propio pensamiento hegemónico de la religión les impedía pensar que las especies se transformaban con el tiempo, eran creaciones fijas, eternas e inmutables; Lecler había descrito la idea de transformación años atrás, pero en su afán de no contradecir el relato bíblico, decidió no exponer esto, adicional a ello las primeras nociones de transformación que había propuesto Lamarck ya denotaban que había un amplio conocimiento sobre el tema pero no resolvían la duda de cómo existían tantas formas de vida. (Bowler, 1999)

Para Wallace y Darwin la vida se transformaba en algo que los dos y sobre todo el último denominaría la selección natural, una constante lucha entre la naturaleza y los organismos, en la cual la naturaleza de manera ciega y sin propósito “selecciona” a los seres más aptos, lo que querían decir ellos es que los organismos tienen ciertas características que puede resultar aptas o propicias para sobrevivir en un determinado ambiente, y con el tiempo estas características se acentúan más y más, las especies que no poseen estas características, no pueden sobrevivir en el ambiente y por tanto mueren, pierden en esta constante lucha, lo que se denominara “la supervivencia del más apto” y respecto a los que sobreviven, la propia reproducción de los organismos seleccionará las mejores características para que los descendientes pueden sobrevivir en el ambiente, el asentamiento de ciertas características entre los organismos es lo que empieza a generar las distintas variedades y empieza a atomizar las especies.

De esta manera unos organismos que en un entonces eran hermanos, con el pasar de las generaciones y el acentuamiento de distintas características terminan siendo separados, así es que se puede explicar y es la razón de que existan tantas formas distintas de vida en el planeta; con el tiempo un reducido número de seres parecidos darían origen a un gran número de descendientes distintos, los grupos variables tienen la posibilidad de colonizar nuevos entornos y si no lo logran, la extinción es una inminente posibilidad, lo que explica la desaparición de los organismos intermedios, pero a pesar de ello se puede demostrar que todos los seres tienen un grado de parentesco y están unidos por una comunidad de descendencia, estas transformaciones que han pasado y que diferencian esta gran familia no han sido preconcebidas, no hay un plan y la contingencia es un gran factor que ha contribuido a ello. (Bowler, 1999)

Lo que haría diferente el discurso de la transformación propuesto por Darwin era mencionar que las variaciones no se daban en forma individual sino en forma poblacional, son las poblaciones, no los individuos los que cambian y la fuerza que impulsa esos cambios es una “selección” hecha por las condiciones del entorno, donde las poblaciones que puedan adaptarse y sobrevivir a los cambios paulatinos o violentos que sufra el ambiente, son las que podrán continuar, esta “selección natural” es lenta y

por etapas pero además de ello la temporalidad se añadiría de un elemento crucial que es la linealidad, el tiempo ya no se vería desde la visión de la física clásica newtoniana, el tiempo tiene una direccionalidad y es irreversible tiene un sentido único siempre prosigue y se transforma, hace que los seres cambien o definitivamente desaparezcan. (Bowler, 1999)

Estas ideas fueron revolucionarias, tanto que no encajaban en ese paradigma, fue cuestión de calurosos debates en la Royal Society de Londres, porque eran ideas que contradecían lo expuesto en el relato bíblico y el pensamiento hegemónico de la época, con el pasar del tiempo las evidencias encontradas empezaron a demostrar que estos postulados eran ciertos y el libro “El origen de las especies por selección natural” terminaría siendo el pilar y el surgimiento de la biología como una ciencia independiente y el fin de la Historia Natural conocida desde el sentido que se le daba en aquella época. (Bowler, 1999)

Una historia del tiempo, de cómo una tierra joven se transformó en antigua

Tratar de asignar una temporalidad a los fenómenos naturales, ha sido un aspecto principal a resolver en la historia de las ciencias, lo que ha conllevado a que desde tiempos antiguos existen dudas como: ¿Qué tan antigua es la tierra? ¿Cuál es su verdadera edad? ¿Qué ha pasado en el planeta antes de la aparición del hombre?; si bien las respuestas a estas incógnitas se han tratado de resolver desde distintos ámbitos de las ciencias; muchas son dadas por un concepto que es crucial en el campo de la geología, pues define con criterio de “verdad” los cambios que marcan el curso de la historia del planeta, lo cual permite determinar los acontecimientos geológicos a través de inmensos periodos de tiempo. En la mayor parte el orden correcto de los eventos que han sucedido puede ser determinado sin conocer la edad real, pero en la necesidad de ser precisos en términos temporales, nace **La datación**, que es un proceso que determina una cronología o calendario en la historia de la tierra. Cuando la generación de sucesos se determina relativa a otros sucesos, se denomina datación relativa. Así,

para datar sucesos del pasado, procesos, formaciones y organismos fósiles, los geólogos de campo emplean una variedad de técnicas observacionales y de laboratorio que producen una cronología relativa. Hasta principios del s. XX no hubo otra forma de datación. (Fernandez, 1988)

Durante el siglo XIX las ciencias de la tierra buscaban incrementar los conocimientos científicos sobre los seres vivos, por esta razón los naturalistas vieron la importancia y la necesidad de reconstruir una sucesión temporal de los organismos, afirmaban que: estos tienen una relación con la tierra, los sedimentos y su historia; quien más aportó en este sentido fue William Smith (1813-1817) en Inglaterra, sus trabajos se enfocaron en el ordenamiento y clasificación de fósiles, estos estudios fueron claves para formular una ley que fortalecería al SEP conocida como “principios de sucesión faunística” que explica por qué se han encontrado fósiles particulares en el mismo orden en el que se encuentran en los estratos. (Fernandez, 1988)

El orden relativo de los sucesos geológicos puede establecerse en la mayor parte de los casos aplicando alguno de los siguientes principios: (Fernandez, 1988)

1) El principio de horizontalidad establece que las rocas sedimentarias son depositadas en capas casi horizontales. Cada desviación de la horizontal indica algún movimiento o deformación posterior.

2) El principio de superposición (Steno, 1669) establece que, en una sucesión vertical de rocas sedimentarias, la capa del fondo es la más antigua, y sucesivamente hacia arriba son más jóvenes.

3) El principio de continuidad lateral: Dos capas separadas por la erosión o discontinuidades, pero limitadas por la misma capa en la base (muro) y en el techo suelen tener la misma edad y composición.

4) El principio de las relaciones de corte (Hutton, 1788): Los hechos como fallas, intrusiones ígneas, metamorfismo o superficies erosivas que cortan deben ser más jóvenes que las capas atravesadas.

5) El principio de inclusión: Las rocas o fragmentos que están dentro de una capa de roca, deben ser más viejos que la que los incluye.

6) Ley de Walther o de la sucesión de las facies: La sucesión de facies en la horizontal es la misma que se encuentra en la vertical.

Aunque se tenían en cuenta todos estos principios y postulados, aún era muy ambiguo tratar de realizar una clasificación que arrojara fechas exactas de la separación de todos estos estratos, los restos encontrados, y los sucesos relacionados con ello y no sería sino hasta finales de siglo XIX y principios de siglo XX que entraría una nueva forma de medir el tiempo de las rocas, ayudado de métodos fisicoquímicos, la radiometría se convertiría en la forma de dar la edad actual de las rocas, de los sucesos, una cronología hacia atrás; que se llamaría datación absoluta, una aproximación complementaria que permitirá mejorar el método de temporización de los eventos terrestre. Antes de 1905, la mejor y más aceptada edad de la Tierra fue la propuesta por Lord Kelvin en base a la cantidad de tiempo necesario para que la Tierra se enfríe a la temperatura actual a partir de un estado inicial líquido. (Garcia, 1998)

Aunque las edades relativas pueden ser establecidas a nivel local, los sucesos reflejados en rocas de diferentes localidades sólo pueden ser integrados a nivel regional o global si la cronología puede ser establecida. Desde que ciertos minerales se formaron determinaron gracias a pequeñas cantidades de átomos radioactivos su estructura. El uso de fósiles para la datación relativa tiene unos 300 años de antigüedad; la radioactividad fue descubierta hasta finales del s. XIX, y no fue usada extensamente para datar unidades de rocas hasta 1950. Con el pasar del tiempo los métodos de medida de isótopos siguen refinándose y se han implementado métodos que contribuyen a la baja contaminación química. (Fernandez, 1988)

H Williams (1893) propuso la unidad conocida como “biocron” basada en datos estratigráficos y paleontológicos, con el descubrimiento de la radioactividad se empezaron a hacer la primeras pruebas radiométricas con trabajos destacados por Artur Holmes (1911) quien fue el pionero en utilizarlas y con estos estudios se formalizó lo que se conocería como la geocronología, la cual ofrecía un sistema de referencia que brindaba una mayor precisión en la datación la cual era aplicable a muchas

investigaciones geológicas, en este sentido ahora se podía expresar en una escala numérica con cierto grado de exactitud el tiempo geológico de la tierra. (Fernandez, 1988)

En el sistema radiométrico utilizado en la datación absoluta cada unidad de rocas datada pertenece respectivamente a una determinada unidad de medida. La edad calculada no puede ser mas precisa que esa unidad. Los isótopos hijos pueden desaparecer de la roca por altas temperaturas, por tanto las edades obtenidas por métodos isotópicos sólo pueden medir el tiempo transcurrido desde que comenzó el enfriamiento. De ahí, la interdependencia entre los sucesos geológicos y la geocronología absoluta. (Aznar, 2016) Estudiando el movimiento o distribución de ciertos isótopos puede proporcionar conocimiento de los procesos geológicos, es decir a pesar de la exactitud que brinda este metodo, hay algunas rocas que no arrojan una informacion exacta, ni todo los isotopos que se utilizan, funcionan de la mejor manera, por esa razon actualmente se utilizan los sistemas de medida, que se apoyan el uno al otro para arrojar mayor exactitud en los datos y asi lograr obtener una medicion de los eventos historicos de la tierra lo mas exacto posible. (Cervera, 2010)

¡Y los huesos se transformaron en roca!

Cuándo se encontraban fósiles siempre surgía la duda si ¿estos realmente estuvieron vivos?, ¿Cómo hacemos para saber si eso que se encuentra es natural o artificial?, ahora si aquello que encontramos con los restos realmente y alguna vez estuvo con vida ¿Cómo es que una concha o un hueso hicieron para transformarse en roca? Entre los primeros que trataron de responderse estas dudas y tratar de solucionar un asunto tan enigmático podemos encontrar pocos trabajos que se iniciaron en épocas pasadas y se conocen los primeros avances que se hicieron en el campo de estudio de los **procesos de la fosilización** se remontan a la edad media y el renacimiento. (Gomez & Gio, 2009) Leonardo Da Vinci sería de los científicos pioneros en realizar estudios sobre los fósiles, con las detalladas observaciones de bivalvos *in situ* en lo que hoy es el *Monferrato* en

Italia; para el asombro de este filósofo natural, estos especímenes se encontraban en un muy buen estado de preservación, de lo que podía concluir que la única manera de explicar el yacimiento de los restos en ese lugar alto y apartado del océano, tendría que ver muy seguramente con cambios en el ambiente durante mucho tiempo, para Da Vinci, el monte alguna vez se tuvo que encontrar cubierto por el mar, que con el pasar del tiempo y las transformaciones del ambiente, este cambió y las montañas se elevaron, dejando en ellas los restos de organismos que evidentemente eran acuáticos; lo cual ya se empezaba a señalar que existían procesos que duraban largos periodos de tiempo en ocurrir, para que estos objetos quedaran en ese estado y aunque Da Vinci no menciona nada sobre alguna relación de los organismos, ya hay indicios de una correlación entre el tiempo y los cambios físicos de los restos.

En el siglo XVII Nicolás Steno en sus primeros trabajos trató de responder a preguntas relacionadas con los procesos de transformación en roca y haciendo ciertos avances; realizó meticulosas comparaciones de las *glossopetrae* “lenguas de piedra” con dientes de tiburones vivientes con lo que publicaría *intra Solidum naturaliter Dissertationis Prodrromus (1669)* “el discurso preliminar sobre los cuerpos solidos contenidos de manera natural en un sólido”, en este escrito, Steno dio a conocer los resultados de sus estudios hechos con las *lenguas de piedra*, por esta publicación es que muchos en la comunidad científica lo consideran el padre de la geología y la estratigrafía; desde este entonces los avances no fueron representativos hasta llegado el siglo XX donde surge la bioestratinómia como nueva rama de estudio, que contribuiría al juntar un conglomerado de técnicas para estudiar la transformación de los restos orgánicos en roca, luego en 1940 la tafonomía tomaría forma propia gracias a los estudios de quien es considerado el padre de este mismo campo de estudios, el paleontólogo ruso I.A. Efremov quien acuñaría el nuevo termino derivado del griego que significa ciencia de las leyes del enterramiento haciendo deferencia a su antecesora la bioestratinómia. (Gomez & Gio, 2009)

Desde el planteamiento de Efremov la tafonomía es el estudio de la transición de los restos orgánicos de la biosfera a la litosfera lo que incluye restos de plantas y animales, los procesos físicos, químicos, orgánicos e inorgánicos; los planteamientos del

paleontólogo ruso fueron revolucionarios en el sentido que hay una asociación de transformación y tiempo, vista en los fósiles como restos que pasan de algo vivo a algo rocoso, para lo cual se deben tener en cuenta los procesos de las primeras etapas de transformación como la muerte y descomposición de los organismos, el enterramiento que estos sufren y de ahí se desprende lo que se llama litificación que es ya el propio proceso de fosilización. En la segunda mitad del siglo, los estudios bioestratigráficos pasaron a preocuparse de una parte específica de los procesos de fosilización, que comienza con la muerte de un organismo y termina con el enterramiento final y la ordenación del animal muerto o moribundo, o de sus restos desarticulados, en estos trabajos Müller (1963) y Lawrence (1968; 1979) propondrían el término "fosildiagénesis" para la disciplina que explora la historia postenterramiento de los restos orgánicos. (Fernandez, 2000)

“la divergencia de objetivos (básicos y aplicados), así como la heterogeneidad de los objetos estudiados contribuyeron a multiplicar las disciplinas científicas que de alguna manera se ocupaban de los procesos de alteración y enterramiento de entidades biológicas (históricas y/o actuales). Contra esta tendencia fue propuesta una nueva clasificación que unificaba los diferentes estudios relativos a la fosilización en una sola disciplina científica llamada Tafonomía” (Fernandez, 2000)

Levin (1996), describe con gran precisión las formas en las cuales los restos de organismos vivos se transforman en roca; comienza mencionando que el término fósil generalmente se debe relacionar con petrificación, literalmente la transformación en piedra. Después de la muerte de un organismo los tejidos blandos son consumidos por descomponedores y bacterias. En un ejemplo la concha vacía de un caracol o una almeja puede quedar atrás y si son lo suficientemente resistente a la disolución puede permanecer básicamente igual por un largo período de tiempo. En algunos casos se ha conocido de conchas intactas de invertebrados marinos procedentes de depósitos que datan de más de 100 millones de años de antigüedad. Esto sucede porque en muchas criaturas marinas el esqueleto está compuesto de una variedad de mineral de carbonato de calcio denominado aragonito. (Levin, 1996)

Pese a que éste último tiene la misma composición que la calcita, posee una forma cristalina diferente, la cual es relativamente inestable, cambiando en el tiempo más que la calcita. Muchos otros procesos pueden alterar la concha de una almeja o un caracol reforzando su probabilidad de preservación. El agua conteniendo sílice, calcio, carbonato disuelto o hierro puede circular a través del sedimento y depositarse en cavidades tales como la del centro de los huesos (espacio de la médula) o en los canales haversianos. En tales casos la composición original del hueso o la concha permanece, pero el fósil se endurece, tornándose mucho más durable. Esta adición de una sustancia dentro de los espacios porosos se denomina permineralización. (Levin, 1996)

La petrificación puede también involucrar un intercambio simultáneo de la sustancia original de la planta o el animal muerto por materia mineral de diferente composición. Este proceso se denomina reemplazamiento o sustitución debido a que las soluciones han disuelto el material original y reemplazado éste con un volumen igual de la nueva sustancia. El reemplazo puede ser un proceso preciso tanto que los detalles de ornamentación de la concha, anillos de crecimiento en la madera y delicadas estructuras de los huesos resultan preservadas nítidamente. (Levin, 1996)

Otro tipo de fosilización, conocido como carbonización, se da cuando los tejidos blandos son preservados con películas de carbón. Hojas y tejidos de organismos de cuerpo blando, como medusas o gusanos pueden acumularse, luego enterrados y comprimidos, perdiendo sus componentes volátiles. Sin embargo, el carbón permanece como una silueta ennegrecida y nítida del organismo carbonizado. (Levin, 1996).

Aunque se sabe que la posesión de partes duras aumenta las posibilidades de preservación, los organismos que poseen tejidos y órganos blandos también resultan ocasionalmente preservados. Insectos e incluso pequeños invertebrados han sido encontrados preservados en la resina endurecida de coníferas (ámbar) y algunos otros árboles. Exámenes de rayos X de astillas delgadas de roca, muestran con el tiempo restos indetectables de tentáculos, tubos digestivos, y órganos visuales de una variedad de criaturas marinas. Partes blandas incluyendo piel, pelo y vísceras de mamuts de la edad del hielo han sido preservadas en el suelo congelado (permafrost) o en los manantiales de alquitrán de pozos de petróleo. (Levin, 1996)

Los fósiles pueden también tomar la forma de moldes, impresiones y vaciados. Cualquier estructura orgánica puede dejar una impresión de sí misma al ser presionada sobre un material blando y si dicho material es capaz de retener la impresión. Si las características externas (líneas de crecimiento y ornamentación) de los fósiles resultan visibles, se trata de un molde externo. Contrariamente el molde interno muestra las características del interior de una concha, tales como puntos rugosos de inserción muscular o superficies de apoyo para órganos internos. Muchas conchas de invertebrados encierran un espacio hueco que podría estar vacío o lleno de sedimento. El relleno se denomina un steinkern (Levin, 1996)

La evidencia de vida antigua, no consiste solamente de petrificaciones, moldes y vaciados. Algunas veces los paleontólogos pueden obtener pistas de la forma de un animal y de su estilo de vida examinando huellas, rastros, madrigueras o perforaciones. Tales marcas se denominan fósiles traza y su estudio se denomina icnología. (Levin, 1996)

“Las huellas de un antiguo animal vertebrado pueden llegar a indicarnos si el animal que las hizo era bípedo (caminaba en dos patas), o si era cuadrúpedo (caminaba en cuatro patas), digitígrado (caminaba sobre los dedos) o plantígrado (caminaba sobre la planta de las patas), también si éste tenía cuerpo alargado o corto, si fue liviano o pesado, y algunas veces si fue acuático acuático (con dedos palmeados) o posiblemente depredador carnívoro (con uñas afiladas)”. (Levin, 1996)

Los fósiles traza de animales invertebrados se encuentran con mayores posibilidades que los de vertebrados y son también indicadores útiles de los hábitats de las antiguas criaturas. Uno podría deducir si la traza fue realizada mientras el animal se arrastraba, reposaba, ramoneaba, se alimentaba o simplemente pernoctaba dentro de una morada permanente. (Levin, 1996)

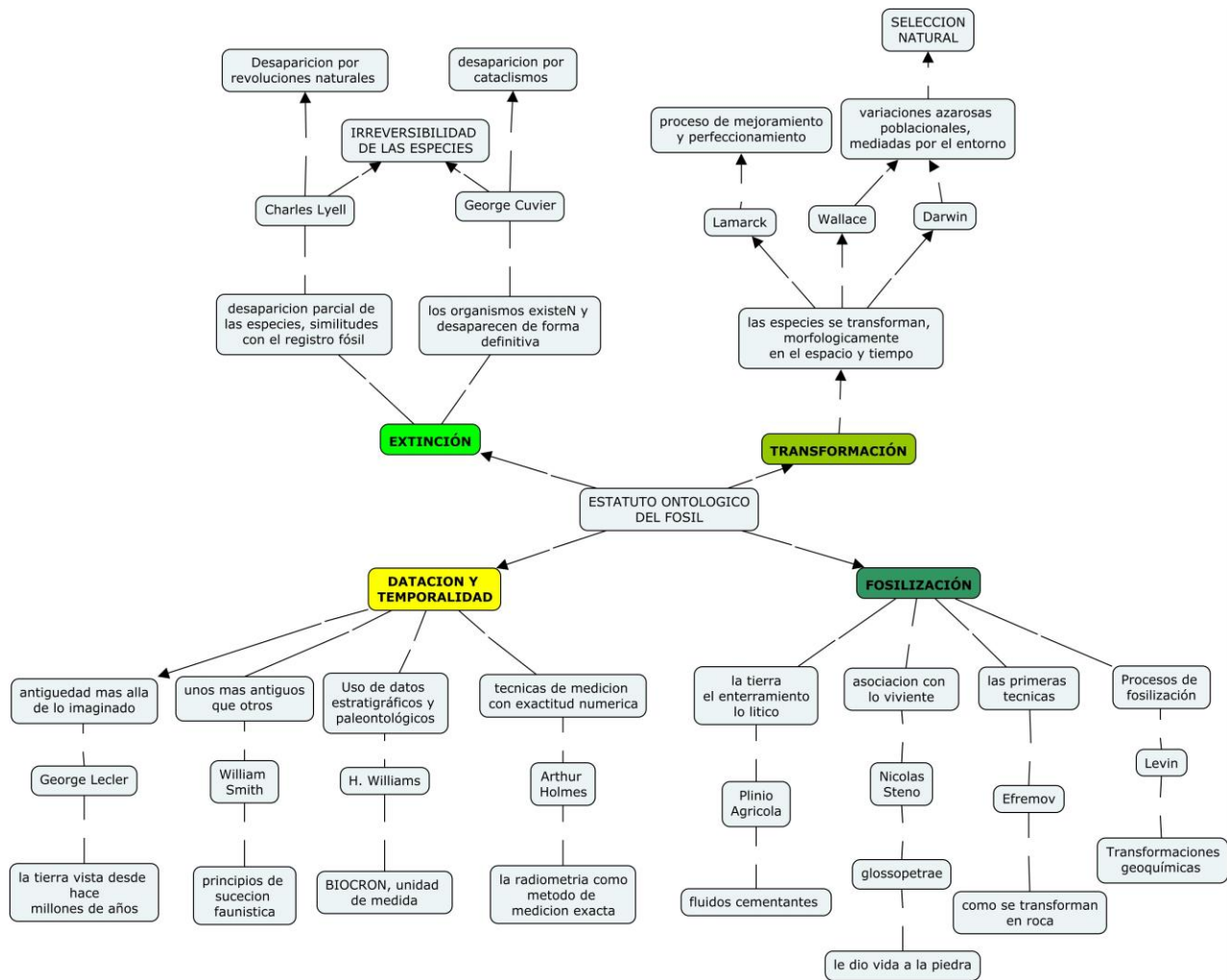


Figura 11: Estatuto ontológico del fósil

Fuente: elaboración propia

El sentido de la enseñanza de las ciencias en la educación básica: el caso de la enseñanza de la evolución y los fósiles

El saber cómo se empieza a abordar el fósil y la paleontología en la escuela, es decir, la enseñanza de estos temas en los distintos ámbitos educativos, es una de las principales preocupaciones por las que se genera e impulsa la construcción del problema de estudio de este trabajo, donde el fósil no solo se puede constituir en un objeto de estudio sino también en un objeto de enseñanza. En este sentido, se revisaron las experiencias que anteriormente se han desarrollado respecto a esta temática y en las que se pueden ver ciertas perspectivas desde donde partir.

Y pese a que la perspectiva del problema de estudio es compleja, la revisión de autores que han tratado el tema, y el análisis de estos, amplían y logran dar un mejor panorama, desde donde se conciben las ausencias y falencias, hasta los grandes aportes que se han hecho y sirven como suministro a este documento

Hallazgos excavados en la enseñanza, lo que se descubre de los trabajos hechos con fósiles

Dentro de lo que se quiere encontrar en los trabajos revisados, es el estatus del problema y como lo abordaron anteriores autores, tratando de identificar si el fósil es un problema, un objeto de conocimiento y enseñanza; teniendo en cuenta las dificultades falencias y/o ausencias que encontraron en la enseñanza del mismo y cuáles fueron los aportes más significativos que hicieron con respecto a esos hallazgos, dentro de lo consultado se encuentran documentos a nivel internacional y a su vez nacional, esto en miras de colocar en el contexto colombiano el problema de estudio tratado, mencionado lo anterior algunos de los autores que se trataron y lo encontrado fue lo siguiente

En el trabajo que realizó Zegarra M (2002), quien aplicó una estrategia que buscó mostrar la importancia del estudio de la paleontología en los estudios de la geología, consideró importante plantear una estrategia de enseñanza y aprendizaje diferente que

influyera en la aceptación, interés y estudio por esta disciplina científica. Esta investigación se realizó con 35 estudiantes de la carrera de geología de la Universidad Industrial de Santander (Bucaramanga, Colombia) entre 1999 y 2000. La investigación constó de tres etapas, la primera se basó en la recolección de información acerca de las ideas previas que tenían los estudiantes acerca de los procesos de fosilización, lo que era un fósil y con qué organismos podían asociarlos; luego de esto, se realizó un ejercicio expositivo, donde se complementó la información que tenían los estudiantes acerca de lo indagado, se procedió a hacer un ejercicio de papel y lápiz sobre el análisis de las capas estratigráficas de una cuenca; y la última etapa se trató de reforzar a los estudiantes que tenían dificultad en comprender los conceptos explicados. Todos estos ejercicios llevaron a una fase de evaluación para las que se les pidió un ensayo sobre el fósil, un esquema conceptual de la paleontología y un examen de preguntas abiertas sobre los temas que se habían visto. Durante esta fase se encontró que la mayoría de los estudiantes mencionaron los cambios químicos y mineralógicos involucrados en la fosildiagénesis (transformación en fósil). La mayoría de los estudiantes señalaron diferentes tipos de fósiles, aunque algunos los identificaron como animales o simplemente como seres vivos.

Las conclusiones de este trabajo fueron que los cambios conceptuales que se dieron en los estudiantes fueron grandes, sin embargo, hay que seguir revisando el empleo de las herramientas didácticas con las cuales se trabajan estos temas, y un factor importante que dejó al análisis de otras investigaciones es profundizar en la incidencia del clima escolar y la relación maestro estudiante. En este proyecto se observa cómo indagar acerca de las ideas previas que tiene un grupo de estudiantes de educación superior, en cierto nivel académico y enfocado hacia un campo específico de conocimiento que es la geología, la parte de la transformación de los restos de organismos cuenta como parte clave del ejercicio que hace esta investigadora, y el cambio que menciona en las nociones de los estudiantes va dirigido a este ámbito de la transformación y preservación, en un sentido químico, de cómo con el tiempo se transforman las sustancias. Aunque se toma un pilar fuerte del área de los estudios paleontológicos, se dejan de lado otros aspectos relevantes para entender el fósil como resto de un organismo, no solo del sentido lítico que imprime el estudio de la geología.

Gonçalves R y Machado María (2005) realizaron un estudio llamado “Cómics: investigación de conceptos y de términos paleontológicos, y uso como recurso didáctico en la educación primaria”, en el que resaltan el poco tratamiento que se le ha dado al estudio de la enseñanza de la paleontología como un elemento importante para el aprendizaje de temas relacionados con evolución, y la relación de este tema con los medios de comunicación, un ambiente externo donde también se realizan procesos de aprendizaje. Ellos realizaron una revisión bibliográfica especializada para encontrar las categorías de análisis, y otra revisión en las revistas de circulación pública. Una vez hecho esto, se encontró referencia a quince conceptos dentro de los temas de paleodiversidad, evolución biológica y escala de tiempo geológico; dentro de ellos, los dinosaurios y su relación contemporánea con el humano fue algo que se evidenció en mayor porcentaje, acompañado por otros organismos representativos del pasado. Otro concepto que se encontró en gran porcentaje fue la evolución, la selección natural y en forma gradual, la referencia a su relación con el tema de las eras geológicas, más exactamente a lo que se llamaba “prehistoria”. Dentro del análisis que se les hizo a estas categorías se enfatizó en los errores encontrados como la mala representación de los nombres de los organismos y su morfología, además de detectar una concepción antropocentrista representada en la contemporaneidad del humano, mamíferos prehistóricos y los dinosaurios.

A partir de estas afirmaciones, se plantea que los comics pueden ser una herramienta útil para la enseñanza siempre y cuando el maestro los utilice de manera correcta, generando discusiones y conflictos de conocimiento en torno a la veracidad de los errores. En una consideración final se deduce que los comics pueden ser una gran herramienta para la enseñanza de conceptos paleontológicos pero que depende de la forma en la que estos sean empleados. Estas afirmaciones son un ejemplo de los distintos recursos y los distintos modos a los que los estudiantes actualmente llegan a la información, hay que reconocer que en este momento debido a la internet y la tecnología cualquier persona tiene acceso a todo tipo de información: desde las noticias de periódico, pasando por series, cintas cinematográficas y los comics.

Los organismos prehistóricos generan fascinación y empiezan a ser parte de la cultura popular, películas como “Jurassic Park” y series como “Los Picapiedras” tratan de recrear desde una visión carente de conceptos que nutren erróneamente el imaginario que se tiene de los organismos que existieron millones de años atrás, y aunque algunas de las cosas que muestran estas historias no hacen parte de lo que corresponde a los estudios científicos y cómo estos han logrado recrear el modo en que vivían los seres del pasado, en este punto, la información que arrojan estos medios puede ser útil en la medida que el maestro aparezca como el mediador en todo este mundo de datos y logre enfocarlos haciendo discusiones en donde la información no solo sea una conjunción de elementos correctos e incorrectos, sino que se transforme en conocimiento que ayude a comprender cómo se dieron los fenómenos en el pasado. Un aspecto relevante que se trata en este estudio es la temporalidad y el lograr entender que muchos organismos han tenido un tiempo diferente de existencia en el planeta, lo cual es básico para entender la historia de la tierra, más allá de la visión de unos pocos miles de años o de la coexistencia o no de seres prehistóricos como los dinosaurios y los mismos humanos.

Por último, un trabajo que aborda un aspecto diferente y enriquecedor es el realizado por Gonzales, E y colaboradores (2011), “paleontología social: una experiencia educativa sobre ciencia, patrimonio e identidad” construido con niños y jóvenes del sur del país de Chile, tenía como objetivo invitar al ciudadano a conocer el patrimonio de miles de años, a través de la Ciencia para que logran comprender mejor su origen cultural. Para realizarlo, la metodología que se utilizó hizo énfasis en el trabajo de tres ejes de acción: individuos y colectivo, proximidad física, y trabajo con grupos reducidos. Luego de esto llegaron a concluir que las personas entienden mejor su origen cultural, se lograron incluir temas de paisaje actual que permiten hacer nociones del fenómeno actual de cambio climático, además de ello se incorporan conceptos como valor patrimonial, que permiten fomentar el respeto a la naturaleza. Un último apartado importante de trabajar en la enseñanza del fósil y la paleontología, es la relación de los restos con el desarrollo de la cultura de las poblaciones donde se encuentran estos organismos, y por tanto, generan una relación intrínseca sobre su conservación para dar cuenta de las explicaciones de las cosmovisiones de los pueblos que nos precedieron, las percepciones de las culturas respecto a estos restos orgánicos como patrimonio, es

decir, que su conservación es fundamental no solo por su importancia biológica sino también su importancia cultural.

Teniendo en cuenta lo anterior, se pueden observar y determinar varios elementos que resultan enriquecedores al iniciar una discusión sobre la enseñanza de la paleontología, de cómo se debe abordar, qué temas se deben tratar y qué actividades se deberían realizar; algunos de los puntos en común respecto a las temáticas es la construcción de estrategias que influyan en la aceptación y acercamiento al interés de los temas paleontológicos, es importante resaltar que la innovación en actividades que permitan identificar puntos clave en la enseñanza de los fósiles, pueden ser la puerta de entrada y discusión en temas de la biología; también se puede resaltar la utilización de recursos técnicos y tecnológicos, incluyendo medios de información masiva y elaboraciones gráficas, televisivas y cinematográficas, relacionadas con el tema, puestas en debate desde distintos puntos de vista, teniendo en cuenta que la imaginación de los distintos creadores de historias impresas y filmadas juegan un papel inspirador en el desarrollo de la ciencia, es necesario realizar discusiones que permitan discernir en qué puede ser factible y qué puede impulsar desarrollos desde lo que se conoce en la ciencia moderna, y que es lo que ya hace parte de la fantasía y puede generar ideas erróneas en relación con los restos fósiles. Además de la importancia cultural de la paleontología y la construcción y preservación del patrimonio que algunos de estos restos constituyen en las comunidades donde se encuentran, los cuales han influido en su desarrollo, y las prácticas que los grupos sociales puedan tener alrededor de estos restos.

Algunos de los puntos más importantes como la importancia de la comprensión del concepto fósil y los procesos de fosilización, el papel que juegan los medios de comunicación y la importancia de ser un guía para utilizar esto a favor de la explicación científica; y la importancia del trabajo y el valor social que se le da al fósil; todos estos aspectos anteriormente mencionados jugaran un papel clave a la hora de saber cuáles pueden ser las temáticas necesarias o puntos principales al tomar la enseñanza del fósil y como se deben abordar las actividades que se diseñaran para realizar esto.

El sentido de la enseñanza de las ciencias en la educación básica y para el caso de la enseñanza del fósil, se hace necesario mostrar la ausencia de los contenidos en relación

al tema descrito, que en el currículo de ciencias naturales colombiano y su marco legislativo educativo, que incluye, lineamientos curriculares, estándares de competencias y derechos básicos de aprendizaje es totalmente inexistente y eventualmente aparece y se enseña en el área de ciencias sociales y específicamente en el grado sexto; específicamente cuando se aborda el tema de las eras geológicas, tema que inicialmente debería aparecer en los lineamientos curriculares de ciencias naturales; y esto se pudo corroborar también con la revisión de los lineamientos, estándares de competencias y DBA del área de ciencias naturales:

“Reconozco redes complejas de relaciones entre eventos históricos, sus causas, sus consecuencias y su incidencia en la vida de los diferentes agentes involucrados.” (MEN, 2004)

“Comprende que existen diversas explicaciones y teorías sobre el origen del universo en nuestra búsqueda por entender que hacemos parte de un mundo más amplio... ...Interpreta diferentes teorías científicas sobre el origen del universo (Big Bang, inflacionaria, multiuniversos), que le permiten reconocer cómo surgimos, cuándo y por qué.

- *Explica los elementos que componen nuestro sistema solar: planetas, estrellas, asteroides, cometas y su relación con la vida en la Tierra.*
- *Compara teorías científicas, religiosas y mitos de culturas ancestrales sobre el origen del universo.*
- *Expresa la importancia de explorar el universo como una posibilidad para entender el origen y el cambio de las formas de vida en la Tierra.” (MEN M. d., 2016).*

Es por eso que trabajos como los desarrollados, apoyados y enriquecidos por los espacios de formación de la Maestría en Docencia en Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional, muestran la necesidad de incorporar en los planes de estudios, en términos locales y nacionales, problemas, situaciones y actividades en relación con la enseñanza de los fósiles, dada la importancia que este tiene para poder tener una comprensión del fenómeno de lo viviente, tanto en sus aspectos históricos, como evolutivos y su relación con la perspectiva de la vida en general; en ese sentido

resaltar la importancia de que si bien es cierto esta temática ya se comprobó no está en el currículo colombiano; es posible desarrollar propuestas alternativas y actividades que permitan incluir estas temáticas dentro de las prácticas de la enseñanza de las ciencias naturales.

Cabe mencionar que uno de los intereses de este trabajo es aportar elementos para la comprensión de la historia de lo viviente y como se ha visto a través del rastreo historiográfico y la reformulación epistemológica, se han detectado una serie de conceptos estructurantes que permiten demostrar que el fósil se ha constituido como un objeto de conocimiento y a su vez para que el fenómeno de la vida y su historia se puedan enseñar en la escuela; el fósil debe volverse un objeto de enseñanza, y en lo encontrado en el recorrido teórico de la escuela colombiana y su marco legislativo educativo, este tema **no se trata ni como un objeto de estudio y mucho menos de enseñanza.**

Este tipo de situaciones de estudio propicia que los estudiantes pueden hacer de ellas *problemas de conocimiento*, que transforman y reconstruyen la mirada del mundo, de la naturaleza y de la vida, además de ofrecer la posibilidad de proponer cambios al interior de las instituciones educativas y si es posible, se pudiera escalar a más altas esferas en términos de la legislación educativa, como en los DBA y estándares curriculares ; tal como describe (Valencia, Mendez, Orozco, Jimenez, & Garzon, 2003):

“Asumir la enseñanza de las ciencias desde la perspectiva de los Problemas de Conocimiento, implica transcender la mirada del programa como el desarrollo de contenidos, hacia su comprensión como un proceso que se construye a partir de unas intenciones iniciales que se concretan y transforman en el devenir de las prácticas escolares.

Tales intenciones se expresan en la construcción de espacios para el cuestionamiento de las representaciones de profesores y estudiantes, en el interés por formular problemas, en el apoyo al desarrollo de proyectos, en la necesidad de documentar preguntas, en fin, se expresan en la construcción de formas de abordar y formular soluciones alternativas a problemáticas del entorno natural y social. Así, preguntas como ¿Qué reacción tiene el sol sobre las plantas? ¿Por qué flotan los barcos? ¿Cómo descontaminar un caño?, que en otros contextos

pueden resultar obvias, se constituyen en experiencias que desencadenan procesos alternativos para la enseñanza de las ciencias y llevan al desarrollo de procesos de conocimiento.” (Valencia, Mendez, Orozco, Jimenez, & Garzon, 2003)

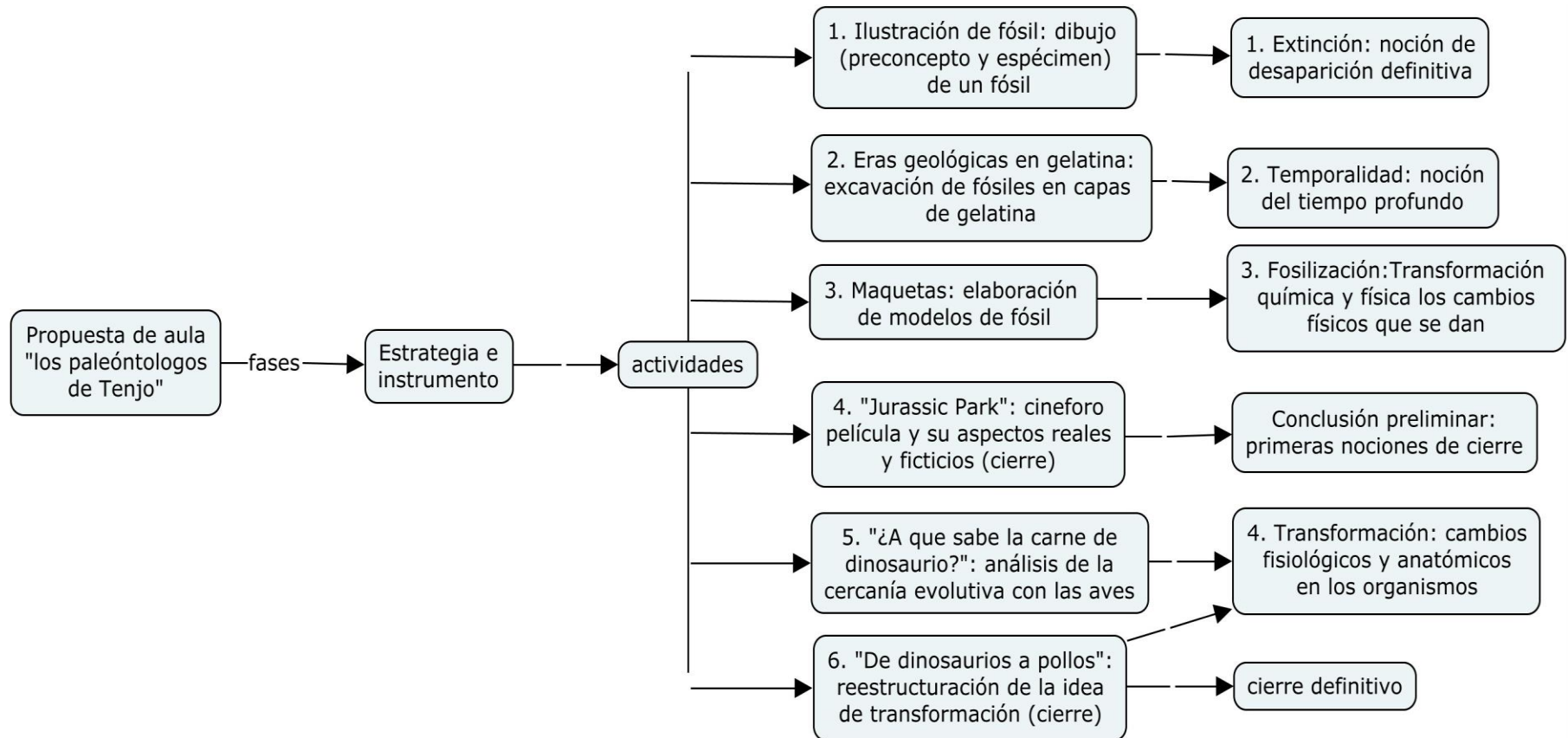
Y como lo descrito anteriormente y lo hecho en el trabajo, preguntas como las siguientes fueron fundamentales para el desarrollo del trabajo, tales como ¿esta roca tuvo vida? ¿Cuánto tiempo tiene esa cosa? ¿esa concha como llegó a la montaña? ¿Qué piensas si estas comiendo carne de dinosaurio en vez de pollo?

“DEL MUSEO A LA ESCUELA: DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN EN EL AULA

La propuesta de intervención en el aula surge del ejercicio de profundización, reformulación teórica y las indagaciones de experiencias previas, que se ha descrito en los anteriores apartados del documento, gracias a este contexto previo descrito, se realizan unas reflexiones en el ejercicio educativo y se reconocen unas dificultades en el ámbito disciplinar y pedagógico de las practicas relacionadas con la enseñanza de la biología y la paleontología, en específico para el caso del registro fósil y la evolución biológica en básica secundaria.

Es por ello que, durante este recorrido epistemológico e historiográfico desarrollado en esta propuesta, se logró aplicar y analizar en su totalidad, contribuyó a cuestionarnos cómo el docente realiza su ejercicio y cómo está concibiendo la enseñanza de las ciencias y la biología en específico. Teniendo en cuenta esto, se elaboró la propuesta “los paleontólogos de Tenjo” y se desarrollaron una serie de actividades que recogen los elementos y conceptos necesarios para comprender y entender al fósil como evidencia tangible de un hecho que es la evolución biológica, siendo este un objeto de estudio para los niños y jóvenes y un objeto de enseñanza para los maestros, en el siguiente esquema se muestra cómo se construyó.

Figura 12: Esquema de desarrollo de la propuesta de aula "los paleontólogos de Tenjo"



Fuente: Elaboración propia

De “Jurassic Park” a las eras geológicas, Los Paleontólogos de Tenjo – Una Descripción de la Propuesta De Aula

La profundización teórica y la reformulación de los conceptos han arrojado resultados que se ven reflejados en la definición de los conceptos claves para abordar la enseñanza del fósil, teniendo en cuenta que a través de este panorama observado, se pueden tener distintas perspectivas de lo que se quiere obtener en esta parte del trabajo, en este sentido se toma ya no al fósil como un objeto de estudio, si no como un objeto de enseñanza, fundamental para explicar otros conceptos básicos en biología y ciencias en general; teniendo en cuenta lo anterior y utilizando lo obtenido en la revisión teórica, se plantean una serie de actividades en las cuales se pretendió observar las perspectivas iniciales que tenían cierto grupo de estudiantes acerca de cada una de las temáticas abordadas, además de ello un plus de cada actividad fue tratar de realizar cambios significativos en dichas nociones que tenían estos estudiantes, ya que cambiar la comprensión del concepto como tal, es un trabajo arduo que incluso requeriría un curso entero y hasta varios; pero el propósito del trabajo no es ese, en ese sentido el trabajo solo abordó la percepción inicial de los estudiantes respecto a las nociones de los conceptos y qué cambios se pudieron dar en estas mismas con el pasar de los ejercicios realizados; cabe recordar que las actividades estuvieron enfocadas en los conceptos anteriormente descritos y en el orden dictado: la extinción, la datación-temporalidad, los procesos de fosilización (la transformación física y química de los restos) y la transformación de los organismos (fisiológica y anatómica).

Antes de describir las actividades que se desarrollaron en la propuesta, hay que hacer una aclaración, en la cual esta tuvo un tiempo de desarrollo, posteriormente y un tiempo después de la aplicación de las actividades que inicialmente se plantearon y posterior al proceso de sistematización y por circunstancias aleatorias; se decidió realizar unas actividades adicionales debido a la aparición de una información que se consideró de gran importancia para el desarrollo del mismo y tiene que ver con una nueva clasificación sistemática y taxonomía de las aves.

Nebreda y su grupo de investigación (Nebreda, y otros, 2020) realizan una publicación en la cual exponen una serie de comparaciones anatómicas exponiendo el desarrollo y transformación de las estructuras de las patas anteriores en un grupo de animales raptos, específicamente explican que el desarrollo y transformación de los dedos en estos animales son extremadamente similares a las formas de las aves actuales, señalando su parentesco directo, lo cual resulta como una evidencia más para afirmar que las aves ya no se clasificaran como un grupo mono filético independiente de los vertebrados, sino que estarían incluidas dentro del grupo de los terópodos (dinosaurios carnívoros) y por tanto estarían clasificadas como un subgrupo dentro de los dinosaurios (Nebreda, y otros, 2020)

Debido a que esta información aparece posterior a un primer análisis que se hace del trabajo y cuando está cercano a culminarse, dada la importancia que tiene esto para la propuesta desde el punto de vista del investigador; se decide organizar unas actividades adicionales con los estudiantes, con base en esta información anteriormente descrita, la cual será discutida más ampliamente en la producción discursiva.

A continuación, se hace una breve descripción de las actividades desarrolladas, siendo específico con el concepto estructurante tratado y la dinámica específica para desarrollar el mismo, teniendo en cuenta las nociones que los estudiantes tienen sobre la temática y como esta se pudo ir modificando.

FASE	CONCEPTO ESTRUCTURANTE ABORDADO	DESCRIPCIÓN	MATERIALES
Actividad 1: reconociendo el pasado (nociones del fósil)	La extinción: noción de desaparición definitiva de los organismos	Realizar un primer acercamiento a las nociones básicas e ideas preliminares acerca del concepto fósil que tienen los estudiantes	Realización de un gráfico en cartulina del imaginario de fósil
Actividad 1 (parte 2): reconociendo el pasado (reconocimiento del fósil como resto de los organismos.)	La extinción: noción de desaparición definitiva de los organismos	realizar una exposición de la teoría de la evolución mediante la comparación física de especímenes fósiles, con organismos actuales; Indagando las nociones de desaparición de los organismos, y diferencia entre restos biológicos petrificados y restos normales	Realización de ilustración científica de especímenes fósiles de distintas formas
Actividad 2: el tiempo en y de la vida en la tierra (ideas acerca de la biocronología)	Datación y temporalidad (biocronología): noción del tiempo profundo	Se aborda el cómo se elabora la idea de temporalidad en los estudiantes, de cómo ellos construyen una noción de tiempo, o de cronología del tiempo profundo, si realmente existe o se llega a tener una leve noción de esta, a través de un ejercicio extrapolado de estratigrafía de manera didáctica	“Excavación” de moldes de Gelatina de distintos colores, gomas de animales, en vasos plásticos transparentes
Actividad 3: revivamos a los dinosaurios “parte 1”, (una re construcción de seres del pasado)	Fosilización (transformación física y química)	Utilizando algunos de los elementos de la actividad anterior los estudiantes realizan reconstrucciones de los “fósiles” encontrados en el ejercicio de estratigrafía, en el cual utilizan varios materiales para representar los organismos en un estado similar en vida	Galería fotográfica virtual, arcilla, plastilina, Elementos reciclables, cajas de cartón, botellas

Actividad 3: revivamos a los dinosaurios “parte 2”	Fosilización (transformación física y química)	Empleando materiales más especializados de artes y recopilando información documentada, los estudiantes reconstruyen el modelo realizado anteriormente, haciendo mejoras respectivas, y una perspectiva diferente del animal extinto, pasando de lo empírico a lo especializado	Modelo de fósil con plastilina, arcilla y materiales de artes
Actividad 4: de la ficción a la realidad, una reflexión de Jurassic Park	Reflexiones finales y nociones después de las actividades (cierre preliminar)	Utilizando la película de Jurassic Park, se realiza un cine foro de donde se extraen unas reflexiones finales teniendo en cuenta unas preguntas orientadoras y todos los elementos teóricos discutidos en las sesiones anteriores	Película (Jurassic Park dir: (Spielberg, 1993)
Actividad 5: ¿a qué sabe la carne de dinosaurio?	Transformación de los organismos (fisiológica y anatómica)	Un alimento como el pollo entra como elemento orientador y recopilador de las actividades anteriores, buscando el parentesco y las relaciones estrechamente evolutivas entre las aves y sus ancestros, los dinosaurios	Descripción y caracterización de un ala de pollo cocinada
Actividad 6: “de dinosaurios a pollos”	Fosilización (transformación física y química), cierre de las actividades	Reconstrucción y comparación de un modelo de dinosaurio transformándolo en un ave agregando los elementos necesarios o pertinentes para realizar la transformación.	Utilización de modelo en plastilina y modelo gráfico en papel

Tabla 3: Fases de desarrollo de la propuesta de aula “los paleontólogos de Tenjo”

Fuente: Elaboración propia

Actividad 1: conociendo nuestro pasado (Reconocimiento del fósil como restos de la vida.)

Objetivo: realizar una indagación de las ideas o nociones previas que se tiene acerca del concepto fósil

Materiales: octavos de cartulina, colores y lápices

En esta actividad preliminar se pretendió indagar acerca de las nociones que tenían los estudiantes, sin suministrarles ningún tipo de información o realizar algún tipo de exposición sobre el tema, para ello se les hizo dos preguntas orientadoras en relación al fósil, ¿para ellos qué es? y ¿Cómo se lo imaginan? y dibujar el imaginario que tienen respecto a él; para ello se les pidió a los estudiantes elaborar un dibujo de la imagen que mentalmente tienen, esto en la mitad de un octavo de cartulina, anexo a ello la descripción de su respuesta acerca de lo que saben de manera empírica y lo escribieron al respaldo del dibujo, explicando lo que entendían o de dónde provenía esta información que ellos tenían.

Actividad 1 (parte 2): fósiles, evidencia de un organismo pasado (retrato de la transformación)

Objetivo: realizar una exposición de la teoría de la evolución mediante la comparación física de especímenes fósiles, con organismos actuales

Materiales: especímenes fósiles recolectadas previamente por el docente además imágenes de especímenes emparentadas con las especies suministradas para el trabajo, las empleadas son amonitas.

En este ejercicio ya se hizo una inducción al trabajo que se hace con la paleontología y su objeto de estudio, explicando los principios que utiliza esta ciencia, enfocándose en el cambio de los organismos a nivel fisiológico y morfológico, en espacio y a través del tiempo; para ello el trabajo se dividió en tres partes, la primera de reconocimiento y caracterización, en la cual los estudiantes con una serie de preguntas orientadoras en relación a los fósiles, que fueron las siguientes: ¿Qué es lo que se

encuentra en la muestra?, ¿este organismo esta o pudo haber tenido vida?, ¿Cómo fue que llegó al estado donde se encuentra actualmente?, ¿tiene algún parecido con un organismo actual?; los estudiantes compararon los ejemplares colectados suministrados, enfocados en la realización de una parte grafica en la cual elaboraron dibujos detallados al estilo de ejercicios de ilustración científica con las muestras; además de ello las respectivas descripciones de las características de estas muestras, las cuales fueron consignadas en siglas y leyendas respectivas para estos gráficos, describiendo detalladamente color, textura, tamaño del organismo y teniendo de base las preguntas orientadoras, realizaron una comparación, acerca de cuáles de las muestras son similares a organismos actuales.

Con esto en la segunda parte, se desarrolló una socialización acerca del trabajo realizado discutiendo si hubo alguna dificultad al identificar los especímenes o fue fácil de hacer el reconocimiento; con respecto a los resultados encontrados el trabajo anterior se enlazó con una contextualización del trabajo, mostrando a los estudiantes con ayuda de una exposición del tema, haciendo aclaraciones de las relaciones correctas entre organismos, las similitudes diferencias y lazo evolutivo entre los especímenes comparados.

También es importante resaltar el trabajo de exposición y explicación que se hizo previo al trabajo, respecto a la herramienta utilizada para este ejercicio que fue el de la ilustración científica, ya que, aunque por tiempo y experiencia, no se podían hacer elaboraciones a nivel profesional, se trató de hacer lo más cercano posible al ejercicio que hacen los especialistas que utilizan esto

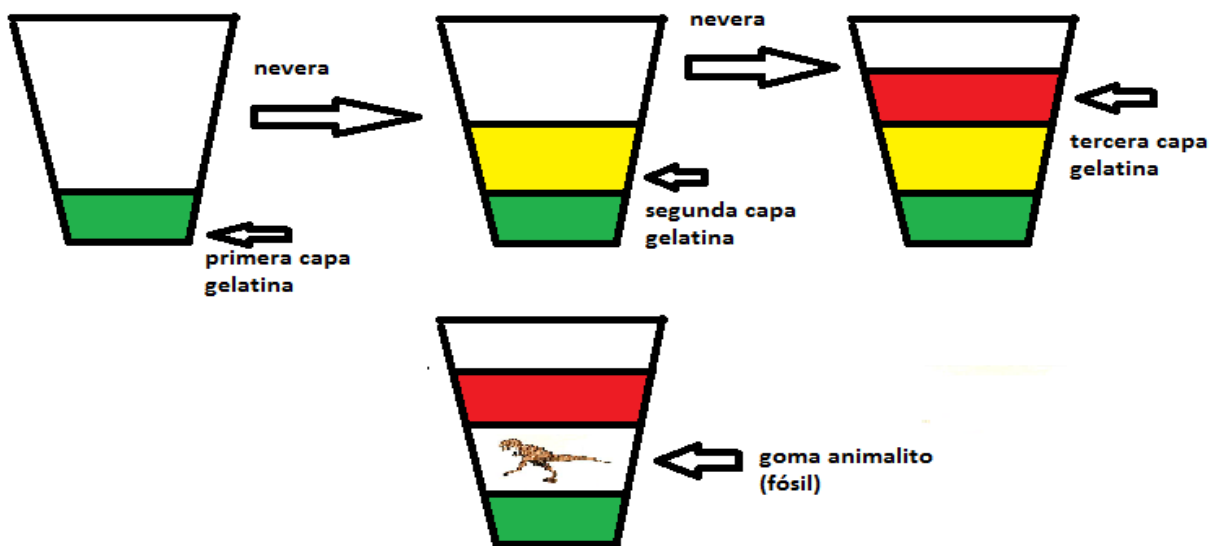
Actividad 2: el tiempo en y de la vida en la tierra (ideas acerca de la biocronología)

Objetivo: realizar un ejercicio preliminar y de acercamiento a la labor desarrollada por los paleontólogos enfocada a como ello realizan trabajo de campo y realizan los hallazgos de especies extintas en la tierra y la estratigrafía y su cronología; indagando en las nociones de tiempo profundo.

Materiales: gelatina de distintos colores, gomas de animales, vasos plásticos transparentes. El trabajo fue desarrollado en tres etapas, en la primera se hizo una exposición breve e introductoria sobre las eras geológicas y el rol que juega el trabajo de los paleontólogos en los yacimientos fosilíferos, incluyendo el cómo se realizan estos tipos de ejercicios en el campo, para esto último se utilizaron videos de excavaciones paleontológicas, con el fin de ilustrar como es que se hace esta labor.⁵

En este punto se hizo claridad de la temática en una presentación, muy breve y sintética mostrando lo más relevante y pertinente, haciendo referencia en las múltiples aplicaciones que le da el humano a la rama de la geología de los estudios estratigráficos, lo que incluye la búsqueda de minerales preciosos y combustibles fósiles (ejemplo de ello se hizo énfasis de la búsqueda de foraminíferos en los yacimientos petrolíferos) luego esto se aplicó el ejercicio didáctico de caracterización y búsqueda paleontológica, utilizando moldes en vasos de capas de gelatina que simulaban estratos de tierra, con fósiles (gomas de animalitos) incrustados en estos, los cuales los estudiantes buscaron; teniendo en cuenta esto.

Figura 13: Esquema de realización de modelo de estratos en gelatina (Guzman, 2013)



⁵ Se utilizaron los videos de youtube <https://www.youtube.com/watch?v=G8z11RwCCxs> y https://www.youtube.com/watch?v=iZwFS_cVzpw

Los estudiantes consignaron las características particulares y las más relevantes que observaron durante el ejercicio, como fue el número de capas, el color la profundidad de la goma fósil y el tipo de goma fósil encontrada y luego de esto se procedió a un análisis y discusión de los resultados obtenidos y de las conclusiones a las que se llegaron por el trabajo realizado.

Para realizar los moldes de gelatina se necesitó gelatina de tres distintos sabores y colores, además de una goma de forma de animal y un vaso o recipiente plástico preferiblemente personal, se preparó la gelatina y formando tres capas diferentes en cada vaso, teniendo en cuenta que para que no se mesclaran, cada una de las capas fue hecha de manera independiente, dejando enfriar en nevera hasta que se solidificara, de la misma manera con cada uno de los colores, para incrustar la goma de animalito que representara los fósiles coloco en una de las capas, teniendo el cuidado de colocarla en la capa antes de que se solidificara en la nevera.

Actividad 3: revivamos a los seres del pasado

Objetivo: realizar un ejercicio práctico que permita afianzar actitudes creativas que reflejen las nociones básicas del concepto fósil, en un modelo a 3D

Materiales: galería fotográfica virtual, arcilla, plastilina, elementos reciclables, cajas de cartón, botellas plásticas y latas de gaseosa, papel reciclable.

El ejercicio que se hizo enlazando la actividad inmediatamente anterior, sirviendo como ejercicio de reconocimiento para indagar si hubo o no una transformación en las nociones de los conceptos trabajados anteriormente; para ello los estudiantes elaboraron unas reconstrucciones artísticas del organismo extinto encontrado en sus moldes de gelatina, utilizando materiales de papelería y en su preferencia, objetos reciclables, en primer medida elaboraron una prototipo o molde del organismo que encontraron, utilizando arcilla y plastilina, papel mache a base de periódico y hojas de papel reciclado; con este trabajo ellos reflejaron sus imaginarios respecto al organismo encontrado.

Actividad 3 (parte 2): revivamos a los seres del pasado

Objetivo: realizar un ejercicio práctico que permita afianzar actitudes creativas que reflejen la configuración de conocimiento respecto a los fósiles, evidenciado en una versión reelaborada del modelo 3D

Materiales: galería fotográfica virtual, arcilla, plastilina, cajas de cartón, pintura, colores y acuarelas, papel reciclado.

Utilizando como base el ejercicio anterior, el docente proporciono el nombre del organismo extinto en cuestión y los estudiantes procedieron ya a buscar información más específica de dicho organismo, para hacer una segunda fase de reconstrucción del modelo fósil hecho previamente, esta reelaboración contó con detalles y especificidad, asemejándose de una manera más fiel al organismo en vida, posterior a ello realizaron una exposición utilizando la información encontrada y resaltando las características más importantes y destacadas del mismo.

Cabe aclarar que los fósiles utilizados son representativos de la fauna prehistórica de nuestro país, esto como parte importante del reconocimiento del patrimonio paleontológico que se encuentra en él, y pone como tema de discusión la diversidad del pasado como un elemento que al igual que la diversidad actual no es continua en el mundo y pone en claro que Colombia tiene sus particularidades evidenciada a través de ella; la siguiente es una lista de los fósiles utilizados en esta actividad: *Kronosaurio*, plesiosaurio, Ictiosaurio, Amonites, Trilobites, Titanoboa, Megatherium, Mastodonte, *Smillodon*, *Archeopterix*, *Tiranosaurio rex*, *Velociraptor*, *Deynonichus*

Actividad 4: de la ficción a la realidad, una reflexión de Jurassic Park

Objetivo: evidenciar las transformaciones en las nociones de los estudiantes de los conceptos trabajados en las actividades anteriores

Materiales: cine foro película “Jurassic Park” (Spielberg, 1993)

Esta actividad se planteó como una actividad de cierre, tratando de aglomerar lo hecho en los ejercicios anteriores, para ello se hizo la proyección y observación de la película

“Jurassic Park” y a partir de esta se realiza un foro de discusión con preguntas claves para el debate en el cual también se puso en juego la posibilidad de los avances científicos y hasta dónde puede llegar la ficción, los estudiantes debatieron defendiendo sus respuestas y acudiendo a argumentos alimentados por lo vivenciado en las experiencias anteriores, preguntas como ¿se podría clonar un dinosaurio?, o ¿Cómo se puede averiguar el sonido que hacían los dinosaurios?, o ¿Qué tan real puede ser el aspecto físico que reflejan los dinosaurios y es expuesto en la película?; estas preguntas sirvieron de base para que hubieran distintos puntos de vista en la discusión y se hablara de que puede ser ciencia real en la película y que hace parte de la ficción.

Actividad 5: ¿a qué sabe la carne de dinosaurio?

Objetivo: visualizar cuáles son las nociones que tienen los estudiantes, respecto a la transformación de los organismos a lo largo del tiempo profundo

Materiales: cuaderno de apuntes, Nuggets y alitas de pollo

En esta actividad que se realizó con los estudiantes, la cual surgió de ciertas nociones de un repaso sobre el tema de evolución, era observar lo que inicialmente pensaban acerca de las transformaciones que sufren las especies, con mecanismos como la selección natural y otros, bajo esa premisa se procede a suministrar Nuggets y alitas de pollo a los estudiantes, previamente cocidos y se les pidió hacer una descripción detallada del alimento que ellos comían, el sabor la consistencia de la carne, el color de la misma por dentro, el tipo y la forma del hueso, y teniendo en cuenta ello se realizó una pregunta orientadora para que ellos respondieran, que fue ¿Qué pensarían ellos si se les dijera que están comiendo carne de dinosaurios?

Actividad 6: “de dinosaurios a pollos” la noción final de transformación (actividad de cierre definitivo)

Objetivo: visualizar las evidencias respecto a la transformación de los organismos y poner en juego los conceptos anteriormente vistos

Materiales: galería fotográfica, plastilina de distintos colores

Para la actividad y utilizando elementos del ejercicio anterior; los estudiantes hicieron en primera medida una reconstrucción de un dinosaurio perteneciente a la suborden de los terópodos, la mayoría hicieron un modelo reconstrucción artística de un Deinonychus, o mal llamado Velociraptor, y dinosaurios carnosaurios como allosaurio, carnotauros y tiranosaurio, una vez hecho el modelo en 3D del dinosaurio se pidió transformarlo lo más posible en un ave, y una vez terminado el trabajo de modificación, se hizo la pregunta orientadora ¿fue fácil o complicada la transformación del animal a lo que se pidió?, una vez hecho esto los estudiantes realizaron los análisis respectivos respondiendo a la interrogante. Esta actividad resumía lo visto anteriormente y permitía reflejar si se realizó una interiorización de los elementos vistos en los ejercicios anteriores

¿Siguen siendo piedras, o hay algo más? Un análisis de la propuesta de aula

Descripción de la institución

Para dar inicio al análisis de las actividades, las cuales fueron realizadas con estudiantes del grado octavo en edades entre los 13 y 16 años de la Institución Educativa Enrique Santos Montejo, localizada en Tenjo, Cundinamarca, un municipio ubicado a 45 minutos del distrito capital, que en la actualidad se encuentra en un proceso de expansión urbana, se caracteriza por alojar gran cantidad de actividad agrícola; Tenjo es importante por alojar gran cantidad de rastros precolombinos de las culturas indígenas que habitaban la zona; las pinturas rupestres de los pobladores muiscas son de los hallazgos más importantes que se pueden encontrar en las distintas cuevas que se ubican en la región montañosa de Churuquaco y Juaica , para los pobladores actuales estos elementos representan un patrimonio cultural muy importante, no solo para ellos sino en general para la nación, ya que representa una parte relevante de la historia del país, sin embargo como lo mencionan los cuidadores y grupos encargados de preservar y difundir la información, el conocimiento de este patrimonio se está perdiendo y los territorios están siendo deteriorados, por este motivo se hacen jornadas de sensibilización en las instituciones educativas para divulgar esta información dentro de los más jóvenes.

Uno de esos semilleros se encuentra en la institución educativa, esta institución que cuenta con alrededor de 1500 estudiantes distribuidos en sus distintas sedes, las cuales son 5 distribuidas a lo largo del municipio, una de preescolar y 3 de primaria; la sede principal de secundaria y media académica, que es la más cercana al casco urbano, cuenta con una cantidad de 890 estudiantes y en ella. Hay que mencionar que algo importante para la institución es su actual modificación de PEI el cual se titula “*pedagogía con identidad cultural*”, esta pretende formar a los estudiantes en las distintas ramas del conocimiento desde una visión tendiente a conservar el patrimonio del municipio y a reconocer todos los distintos elementos culturales de los cuales hacen parte y de esta

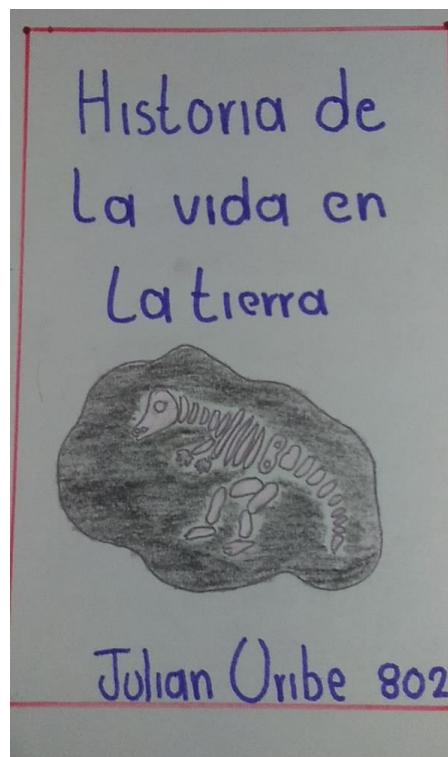
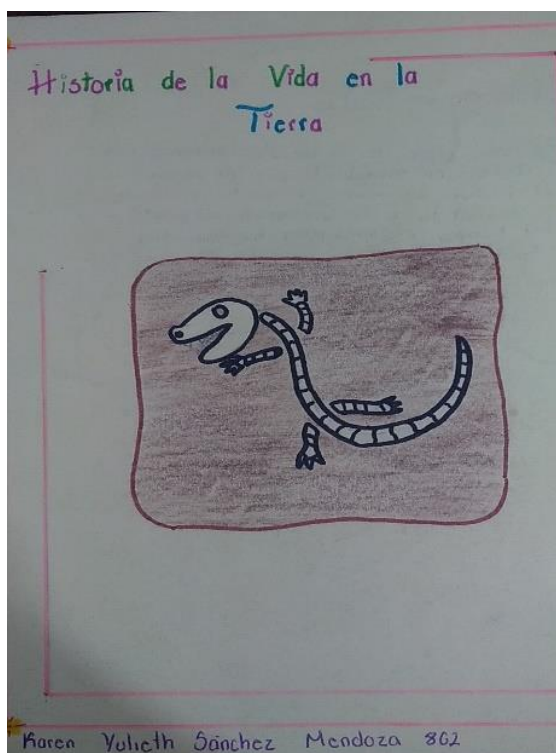
manera aportar al desarrollo de los hogares, del municipio y así contribuir con la generación de ciudadanos críticos ante las distintas problemáticas del país, siendo mediadores de problemáticas sociales, culturales, económicas y naturales, a nivel local y nacional. De ahí la importancia del trabajo con los semilleros del patrimonio que desde estos grupos se realiza con los estudiantes de los grados octavo y noveno de secundaria.

El aspecto principal que trata el semillero es la base del reconocimiento del patrimonio local y para ellos hay un planteamiento importante “*conocer para valorar*”, es una premisa que ayuda a la contextualización y estructuración de las actividades, lo cual ayuda a reconocer la historia y la prehistoria de los organismos en los distintos lugares donde habita actualmente el hombre, lo que permitiría la construcción de una nueva manera de ver el mundo; pero es primordial saber que al hablar de la historia de los organismos debemos conocer el origen de los fósiles, comúnmente el conocimiento suministrado por las escuelas el término “fósil” pierde protagonismo, a raíz de esto podemos evidenciar que los alumnos no se encuentran capacitados en historia, la mayoría de maestros se enfocan en compartir el conocimiento clásico establecido acerca de las teorías de evolución y transformación, entre otras y no van más allá.

Por este motivo se decidió realizar una serie de actividades enfocadas a esta población con el propósito de indagar las ideas iniciales que se tienen sobre el término fósil, y en el transcurso de estas actividades, como la noción pudo haber cambiado, en este sentido se hará una discusión teniendo como base los cuatro conceptos que se han fundamentado en el apartado anterior de reformulación teórica y epistemológica en donde se mencionó la importancia de tener como base ciertas ideas que hacen del fósil un problema de conocimiento, y en el caso de las actividades, un problema de enseñanza, esos criterios serán la idea de extinción, transformación, datación y fosilización y cómo estas pueden o no ir apareciendo a lo largo de lo desarrollado en cada una de las actividades.

1. ¿y qué rayos es un fósil? nociones preliminares de un estudiante

Como ya se ha venido tratando en apartados anteriores donde se especificó el nombre, la temática, el desarrollo y el objetivo que se tenían en estas actividades, se recuerda que para este primer ejercicio se trató de indagar de la noción de fósil, básicamente se les solicito plasmar en un octavo de cartulina un dibujo y una pequeña descripción de dicho termino, sin brindarles ningún tipo de información acerca de la temática planteada al recolectar las muestras se evidencia que la mayoría de colores usados para la representación del fósil según la visión de los alumnos fueron: amarillo café, colores pasteles, y la técnica grafito; en cuanto a las muestras se evidenciaron cuatro categorías básicas, huesos solos o incrustados en un medio, conchas tumbas y un paisaje.

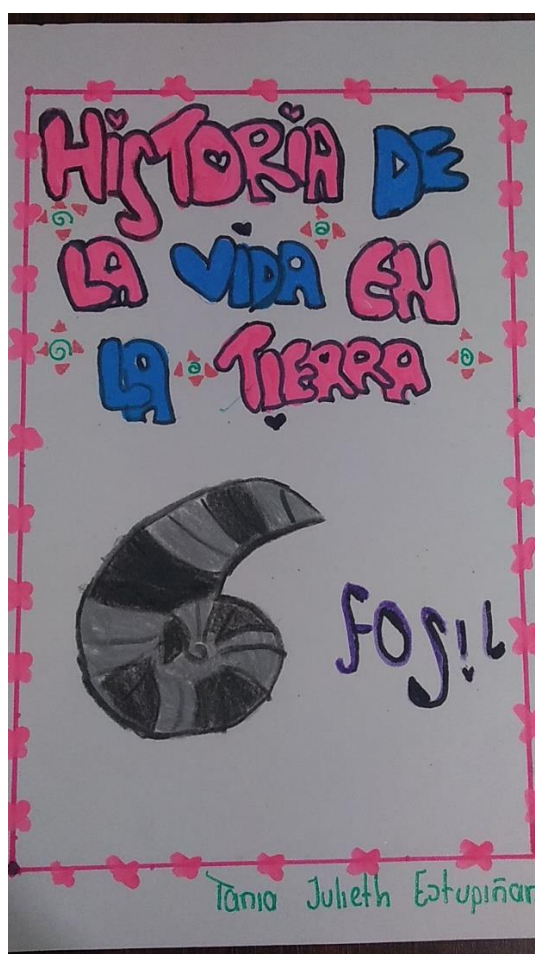


Desde lo expuesto en los dibujos y los párrafos los seres que se observan en lo que se representa el esqueleto evidencia que los fósiles son seres muertos todos, no contienen ningún elemento orgánico o señalan poseer vida, además de eso, todos tienen "huesos", lo cual señala esta capacidad a un grupo específico de seres que son los vertebrados, la mayoría de los dibujos realizados, aunque no con claridad hacen referencia a esqueletos

parecidos con los dinosaurios, los cuales son organismos de los que no queda ningún representante y esta gran mayoría también se muestra que están contenidos en lo que se podría asemejar a una roca, esto puede señalar que hay nociones de que se entiende la desaparición con el estado inerte y propiamente con que se deje evidencia de algún tipo de actividad biológica; dentro de los dibujos que se realizaron los cuales la mayoría muestra que un esqueleto está contenido en un elemento similar a una roca, se puede decir que empieza a notarse una noción que el ser que alguna vez estuvo vivo, tiene su lugar ahora en la roca, los organismos tuvieron que pasar por cambios que los dejaron en el lugar donde los encuentran, aunque no se tenga mucha claridad del cómo sucedió este proceso lo cual puede ser indicio de una leve comprensión de que existe algún tipo de transformación, pero más allá de cómo se lleva el proceso es lo que no queda totalmente claro además si existe alguna diferencia entre el tipo de materiales que componen los restos, sin estas claridades no se puede arrojar afirmaciones de si existe algún tipo de conceptualización del proceso de fosilización. Otro elemento importante que se observa ya en los párrafos es la noción de “paso un tiempo” para que lo encontraran, ya hay una percepción de que existe un lapso de tiempo mientras murió y luego ser encontrado, aunque no de manera técnica, ni en una especificidad de la cantidad de tiempo que pasó, ya hay una noción de que existe un “tiempo” para que los restos de un ser vivo puedan ser encontrados.

Algo similar sucede con lo que se evidencia en los dibujos de las conchas, lo cuales también fueron muy recurrentes con características muy similares a como se podían ver los huesos, estas conchas solas o en algunos casos también contenidas en un medio que parece ser rocoso, lo cual puede representar un estado en el que el organismo no está vivo, además se asemejan a lo que se reconoce en paleontología a las Amonites, debido a las formas del dibujo no es clara la relación y referencia si es un organismo vivo o los restos de un cadáver, estos dibujos no muestran una demarcación clara en la noción de transformación o temporalidad, lo más cercano a ello es la relación de la concha incrustada en la roca y de cómo llegó a ella, lo cual no es clara en el gráfico.

Dentro de los trabajos realizados, una representación que resulta ser muy particular y extendida dentro de varios estudiantes y es la del fósil en un lugar que parece ser una “tumba” o sarcófago egipcio que a pesar de ser de una época pasada y corresponder al lugar donde se hallan los restos de un organismo muerto, lo cual encaja en cierta medida de la noción de extinto, hay que recordar que estos restos a pesar de estar petrificados, pertenecen a una especie que aun sobrevive en el planeta tierra. Por otro lado, el concepto de tiempo es visible al señalar un elemento perteneciente a la edad antigua de la humanidad, más por conocimiento histórico y cultural, que a pesar de ello se reconoce que si hay un entendimiento de que existió un lapso de tiempo desde cuando fue dejado hasta cuando fue encontrado; aunque para lo referente a la transformación y la fosilización no se ha encontrado ningún tipo de relación e indicio de que existe relación de ello al elemento representado en el dibujo.



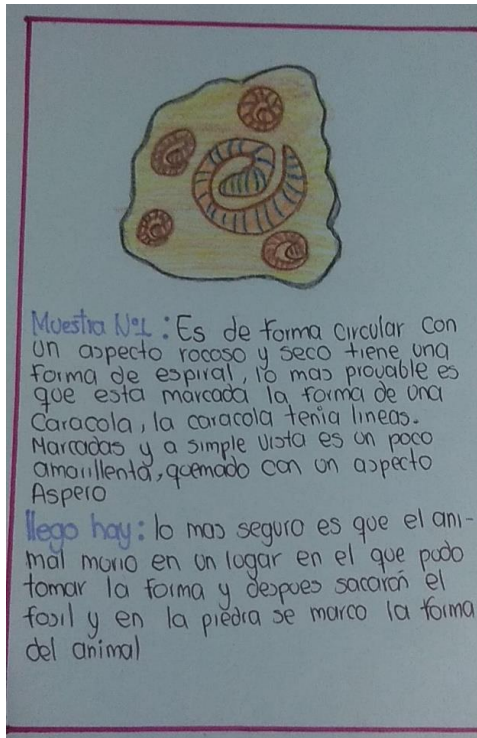
2. los fósiles, la evidencia de un organismo pasado

En esta actividad se hizo el primer acercamiento a un fósil real, los estudiantes tomaron una muestra de un organismos fósil muy común en la región andina, el cual se trataba de amonites, ellos realizaron una descripción detallada de las características de los restos y hacían una comparación de posibles organismos vivos con los restos del ser desaparecido, luego de ello realizaban una explicación de lo que le pudo haber ocurrido al organismo y sus restos para encontrarlos en el estado actual y con las características que le han sido determinadas, en lo cual se identificaron dos categorías como son: muerto e impreso o depositado en una roca y vino del mar y fue endurecido por las capas de tierra y el ambiente.



La noción de la muerte en los organismos fue clara para dar cuenta de lo observado en los restos y la explicación de que fue lo que ocurrió con ellos; aparte de reconocer que esta “muerto”, está en un medio del que no se encuentran conchas usualmente, lo cual indica que no son restos comunes como los que se encuentran en un animal que murió recientemente, o las habituales conchas que se encuentran en las orillas de los cuerpos de agua, lo cual caracteriza un tipo especial de suceso para explicar lo que se tiene en ese momento; la idea de transformación se puede ver reflejada, decir que murió y posteriormente se convirtió en roca demuestra la idea de que se reconoce la existencia

de procesos de litificación, aunque no hay claridades en la explicación de los mismos, como ocurren en forma química y su duración en tiempo.



Frases como " se imprimió" , "se depositó encima de una roca", " ", empiezan a constituir evidencia que si existe una noción de cómo ocurren los procesos de fosilización y pueden ser descritos por los estudiantes, aunque de manera algo vaga e incipiente, ya se puede decir que hay construcción de explicaciones alrededor de cómo la materia orgánica se puede convertir en roca; sin embargo no hay una referencia o noción específica de lo que ocurre allí con el resto, no se identifica idea de temporalidad, solo se señala un tiempo después como una expresión inexacta, no hay referencias de cuánto puede ser ese "tiempo después"

Para el caso de la otra forma de explicación que mencionan los estudiantes " vino del mar y la arena lo volvió roca, se enterró y el clima y el ambiente lo fosilizo y endureció" solo se puede interpretar que el resto del organismo ya está muerto y de alguna manera llegó a las costas, lo que evidencian los escritos es que las conchas, las cuales ya no poseen el ser vivo llegan a lugares donde empieza el proceso de transformación en roca, sin

saber que le pudo pasar al organismo; se señala propiamente que elementos como la arena son los causantes de las transformaciones que sufren los restos de los seres acuáticos, además de los constantes cambios climáticos que hacen que sea encontrados en la tierra, estas son algunas de las explicaciones que generan los estudiantes al reconocer un aspecto principal del resto y su origen en el mar y como este de alguna manera se transportó a la tierra.

Para las explicaciones que empiezan a generar cierto grupo de estudiantes se nota una marcada afinidad con el fenómeno del enterramiento, y las distintas transformaciones de los materiales, al señalar que se entierran por la arena y que suceden cambios ambientales que favorecen el enterramiento, se acerca bastante a lo que un científico puede explicar de los fenómenos de reemplazamiento de materiales. aunque no haya un conocimiento desde una explicación química o geología avanzada, se presentan ideas básicas muy afines a lo que se encuentra en ámbito científico; respecto a la idea de datación, aunque existe una noción de lapsos de tiempo entre lo que sucedió con el resto, el enterramiento y los cambios climáticos, se puede deducir que existe una vaga idea de temporalidad al mencionar este tipo de cambios, por la imprecisión sobre el espacio temporal que se requieren o del que haya pasado.

3. el tiempo en y de la vida en la tierra

Para este caso la actividad se dividió en 3 partes, la primera una reconstrucción de una línea de tiempo, utilizando un material gráfico de uso didáctico (Torres N, 2006) que contiene las eras geológicas y muestra algunos de los eventos y organismos más representativos de cada época, luego de eso un trabajo de simulación de paleontólogos excavando en capas de tierra en búsqueda de fósiles, realizado en moldes de gelatina simulando las capas y con gomas simulando los restos fósiles, terminando con una reconstrucción del alguno de los restos (gomas) encontrados, una vez realizado esto se les solicita la construcción de una explicación que dé cuenta del cómo encontraron al organismo y que pudo haberle sucedido, dentro de las explicaciones que fueron más recurrentes de lo ocurrido con los posibles restos que se encontraba la predominante y técnicamente única opción era la muerte y desaparición de los organismos, los cuales

fueron cubiertos por esas capas donde fueron encontrados, hay una clara definición de que para estar en el lugar donde fueron hallados, primero debieron morir, de ellos solo quedaron los restos, y para la mayoría se les consideró que estaban extintos, y la



referencia era la goma de dinosaurio.

Aquellos que la encontraban ya tenían un sinónimo de la palabra extinción asociado al fenómeno donde los seres vivos desaparecen y no vuelven a aparecer no hay ningún ejemplar de ellos con vida, en este punto ya la noción empieza a sufrir una transformación a nivel general, en donde no solo el estado inerte llega a ser la única característica, sino que empieza a jugar un papel importante en la definición de concepto como la desaparición total y no reaparición, la no perpetuación y la no contemporaneidad respecto a los organismos que están en un determinado espacio, lo que lleva al segundo



concepto presente en estas explicaciones, el desarrollo de la temporalidad y la tecnificación de la noción.

Los estudiantes ya empiezan a realizar asociaciones en donde los dinosaurios no pertenecen a una época igual a la que existen los humanos, el hecho de saber que las capas de material pueden representar tiempos distintos, empieza jugar un papel importante en la construcción de las explicaciones que ellos realizan, tanto así que se lanzan y atreven a arrojar fechas tentativas en términos que van desde unos miles de años hasta 200 y 300 millones de años, ya empieza a notarse una marcada especificidad del lenguaje en el que expresan las cifras del tiempo, se ha pasado de hablar de un “hace mucho tiempo” a “hace millones de años”; y a pesar de que la idea estructural del significado propio y la introspección y el cómo representen “millones de años” para el estudiante realmente no varíe de lo que comúnmente también llame “muchísimo tiempo”, no significa que no haya sucedido una transformación conceptual, porque realmente si la hubo, puede que el significado interno sea el mismo para las dos expresiones, pero el solo gesto técnico ya indica cambios. Esta dualidad entre el significado y la palabra de esta entidad numérica que la comunidad científica ha puesto de acuerdo para medir el tiempo, son conceptos que son explicados de mejor manera como lo hacen Malagón, F y Sandoval, S (2014)

“De esta manera las explicaciones que se construyan no requieren de entes metafísicos o de entidades ocultas más allá de lo que se percibe. Por ende, el fenómeno no oculta nada. Lo que se llama fenómeno no se presenta enmascarado por las cualidades porque no es posible apartar las cualidades para encontrar detrás de ellas la esencia última de los objetos, de lo que se puede dar cuenta es de un conjunto organizado de cualidades... ...De acuerdo con ello, las explicaciones sobre lo que ocurre, sólo se pueden dar en términos de una organización de lo que se percibe.

Para algunos pensadores este tipo de elaboraciones son consideradas como meramente descriptivas y con poco carácter explicativo. Aquí no se comparte tal punto de vista por cuanto no se considera, como ya se dijo, que la explicación

deba estar dada en términos de las causas últimas del fenómeno o de las esencias abstractas del mismo.” Pag 204 (Malagón & Sandoval, 2014)



Para lo referente a ideas de fosilización los estudiantes empiezan a hacer asociaciones entre los fenómenos de enterramiento con los procesos de transformación en roca, las sucesiones de capas de tierra empiezan a ser parte importante de las explicaciones que dan sobre la preservación de los restos y la transformación del resto en roca es un elemento que es claro en esas construcciones, además de las distintas asociaciones que dan de la antigüedad de las capas versus los organismos encontrados los cuales también empiezan a ser asignados unos tiempos de aparición y desaparición, mencionando que las causas que dan de la muerte de los restos de los seres suelen ser asociadas con eventos estocásticos como un cambio climático abrupto o el choque de un meteoro en la tierra.

4. revivamos a los dinosaurios, una reconstrucción de los seres del pasado

Para la actividad mencionada se recuerda que utilizando las formas de los restos encontrados en los moldes de gelatina, debían hacer una reconstrucción o modelo de lo que posiblemente hubieran encontrado, teniendo en cuenta las caracterizaciones físicas

que habían hecho del resto y sus similitudes o diferencias con organismos actuales, de esta manera los estudiantes procedieron a realizar una primera reconstrucción de lo que encontraron en el anterior el ejercicio, donde tomaron el papel de ser paleontólogos; luego de ello tomaron las muestras de los restos reconstruidos y realizaban una extensiva búsqueda bibliográfica, comparando lo que habían hecho en el modelo preliminar en 3D, con algún resto de organismo fósil que fuera similar o acorde a su



reconstrucción, de esta manera hicieron una versión mejor elaborada de su reconstrucción y con la bibliografía hicieron una serie de exposiciones, explicando la clase de organismo de la que se trataba y cuáles eran sus características más representativas.

Como se puede observar en las imágenes, la bibliografía y las imágenes de las representaciones hechas a base de los restos fósiles, brindaron elementos para cambiar algunas de las imágenes mentales que se tenían de estos organismos, no solo cambió el sentido de la visualización de los organismos sino también ciertos aspectos en el discurso del ser estudiado y consultado, tanto así que en la categorización fue muy común encontrar la definición de “*resto de organismo muerto*”, en las cuales afirmaciones en tiempo pasado como “alguna vez deambularon” hacen significado de ese sentido de desaparición, de que son seres que ya no existen y no volverán a existir; la palabra extinto empieza a ser más común y se podría decir que empieza a cobrar significado, además de ello, la claridad de que las maquetas de los fósiles, son nada más que simples

REPRESENTACIONES de un organismo, eso quiere decir que es una imagen posiblemente ficticia del organismo que ya está fosilizado y que el ser pueda que sea diferente, pero la evidencia de estos restos es la única arma de defensa para desenmarañar estos tipos de rompecabezas científicos. El discurso de los procesos de



fosilización por recubrimiento por

capas de tierra es más frecuente y el lenguaje técnico en el que se expresan los tiempos donde vivieron los distintos animales que decidieron exponer, son muestra del interés y del tratar de entender el significado de esos conceptos abstractos, los cuales ya se nombran en cientos de miles y millones de años.

5. De la ficción a la realidad, que tan posible es Jurassic Park (actividad preliminar de cierre)

En la actividad se utilizó un debate, en el cual los estudiantes expusieron argumentos a favor y en contra de ciertos cuestionamientos orientadores para tener en cuenta una vez observada la película, para esta actividad se pidió tener un argumento a favor y uno en contra de cierta pregunta que se describirá en el siguiente orden

También, los estudiantes elaboraron un pequeño escrito donde contaron lo más significativo que les sucedió durante el proceso de las actividades y que fue lo que realmente aprendieron sobre el término fósil, para lo cual se encontraron varios

elementos comunes para la gran mayoría de estudiantes, palabra tales como muerto, extinto, desaparecido, la tierra no es la mismas, los animales han evolucionado, millones de años y capas de tierra.

En muchos de los escritos realizados por los estudiantes ya es claro y evidenciable una noción de extinción, donde entraban a definir a un fósil como un organismo ya muerto que dejó sus restos para luego ser encontrado por paleontólogos, la idea de desaparición radical es crucial cuando mencionan frases como *los dinosaurios desaparecieron y por eso no se encuentran con los humanos*; la noción de extinción empieza a ser más argumentada, mientras que la idea que cambia radicalmente es la de transformación, los estudiantes hacen aseveraciones donde explican que la tierra no es la misma que cuando habitaron los dinosaurios, y ejemplos como ellos demuestran que empieza a notarse un cambio en las perspectivas y nociones sobre el fijismo de la tierra, ya no se atreven a decir que la tierra ha sido la mismo en el transcurso de tiempo que lleva el hombre sobre la tierra desde el inicio de las bacterias, comprender que el globo ha sufrido unas transformaciones es un primer indicio para entender cómo se han transformado las especies, lo cual es un elemento clave en las explicaciones que los estudiantes



expresan, haciendo referencia a los procesos de evolución sobre todo el que se dio en los primates, esto muy posiblemente debido a información de los medios de comunicación sobre cómo ha ocurrido la evolución humana.

Para la temporalidad nuevamente se menciona transformación de la noción vaga de tiempo a un lenguaje más técnico como el representado en frase de millones de años, las cuales pueden aportar a otros cambios conceptuales.

La idea de la fosilización por enterramiento ya empieza a ser común en la mayoría de explicaciones, con lo cual se puede decir que lo que se pensaba de tiempo y procesos físicos ya no es lo mismo, y se ha fundamentado más y más con ayuda de las actividades propuestas. Para terminar, se puede hacer evidente que algunas de las nociones que tienen finalmente los estudiantes, pueden indicar que ha habido procesos de transformación de pensamiento que han logrado cambiar algunas de las nociones básicas con las cuales los estudiantes iniciaron las actividades, y con las que posteriormente se van luego de un gran trabajo dispuesto para ello.

Y siendo así entonces ¿a qué sabe la carne de dinosaurio?

Es muy importante resaltar que para describir y hacer la síntesis y descripción de la actividad realizada, ya había pasado un tiempo prudencial de la aplicación de las actividades y se estaba en la etapa de organización sistematización y análisis de lo recolectado aplicada la propuesta, en medio de todo esto surge una nueva información que termina siendo de gran relevancia para el trabajo y podría ofrecer las nuevas perspectivas que se requería para la comprensión y la cohesión de los conceptos estructurantes vistos en las actividades anteriormente descritas y que podría aparecer como elemento aglutinador y redireccionador de los conocimientos y saberes tratados anteriormente; como ya se había hablado en el apartado anterior de la descripción de la propuesta de aula, aparece la información de un grupo de investigación de la universidad autónoma de Madrid y la universidad complutense de Madrid, donde (Nebreda, y otros, 2020) y su grupo de investigación realizan un trabajo que en términos coloquiales y castizos, para el campo de la biología se podría llamar de anatomía comparada, en la

cual realizan el análisis de las estructuras de las pata anteriores de grupos de raptoridos y los comparan con las mismas extremidades de algunas aves modernas, este estudio permite mostrar extremado e intrínseco parecido y similitud de las estructuras entre los grupos de organismos comparados, señalando que las aves provienen directamente de este grupo de dinosaurios. (Nebreda, y otros, 2020)

Este estudio cambia claramente la concepción que se tenía de la filogenia clásica que tenían las aves dentro de la comunidad científica, de manera que se empieza a realizar nuevas clasificaciones, colocando a las aves ya no como un grupo independiente, sino como una subrama del grupo de los terópodos (dinosaurios carnívoros) y más exactamente dentro de los dromeosaurios, lo que básicamente se podría considerar es que las aves bajo esta nueva información y clasificación están catalogadas dentro del grupo de reptiles de los dinosaurios, y por lo que se podría afirmar que los dinosaurios no están totalmente extintos, ya que con esto, aun un grupo de sus descendientes directos aún están con vida.



Esta información juega un papel importante porque cambia los sentidos que se le pueden dar a las actividades realizadas y es por esto que se planean dos actividades anexas a lo planteado inicialmente, en un primer momento se realizó una actividad de los que se conoce como un “compartir” en la cual los estudiantes consumen alitas de pollo, en primer medida se pide a los estudiantes que realicen una detallada descripción de su alimento, el color la forma y pues procedencia o animal de donde venía, por obvias razones la mayoría y totalidad de los estudiantes contestan a esta pregunta claramente

como que el objeto es una alita de pollo, luego de esto se les pregunta cuál es su sabor e impresión del alimento proveniente del ave, la generalidad se refleja en que les gusto el sabor del pollo, *“sabe a pollo”, “con sabor y textura suave”, “un poco salado, muy sabroso,”* y la última pregunta y la que generaría debate e incredulidad dentro del grupo de estudiantes fue la de *¿Qué pasaría si les dijera que estaban comiendo carne de dinosaurio?.*

La pregunta genero bastante inquietud y asombro dentro de los chicos, siendo muy elocuentes con las respuestas que dieron mostrando su mayoría incredulidad ante la incógnita y la posibilidad de que la situación propuesta fuera verdad, contestando con frases sarcásticas como *“usted está fumado profe”, “esa hierba estaba mala”, “mucha vareta”,* otros se limitaba a decir que *“no era posible eso”,* que *“los dinosaurios ya se habían extinto hace millones de años y es imposible conseguir su carne”,* otro estudiantes fueron más sencillos en sus respuestas afirmando que *“si era dinosaurio, era muy sabroso”,* o que *“le hacía falta un poco de salsa BBQ”;* también hacían afirmaciones que *“si los dinosaurios aun vivieran vomitarían al saber su procedencia”* y *“les daría asco saber que esa carne fuera de verdad de dinosaurio”,* y este tipo de respuestas mostraban la incredulidad de los estudiantes frente a la información expuesta, solo unos pocos hicieron la mención de que *“si fuera posible que lo que estuvieran comiendo fuera un dinosaurio, muy posiblemente seria porque los científicos habrían encontrado algún tipo de lazo o relación evolutiva entre los dinosaurios y las aves”* o que se *“había logrado*



determinar que los dinosaurios eran los ancestros de las aves”, y por esta razón se pudiera afirmar que ellos estaba comiendo carne de dinosaurio.

En la siguiente actividad los estudiantes elaboraron un modelo en plastilina de un dinosaurio carnívoro más exactamente de un raptor típico, ellos trajeron su modelo y en clase con materiales artísticos se les pidió que le pusieran plumas al animal y luego de esto describiera que era lo que veían y que tipo de animal estaban armando, ellos automáticamente hicieron la relación con los pollos, a lo cual varios de los estudiantes quedaron en perplejidad y aun no asumían la correlación que se estaba haciendo, algunos solo decían que *si colocaban plumas a cualquier cosa se vería como un pájaro*; otros de los estudiantes hicieron referencia a una actividad anterior que no tenía que ver con la propuesta de aula, es fue la proyección del video titulado *la granja del doctor Frankenstein*⁶ que trata de temas de genética aplicada a la agricultura y en este video se hace una pequeña referencia a una cría especial de pollos que se está haciendo los cuales manipulados genéricamente, no desarrollan plumas, para fines prácticos de crecimiento y producción rápida para consumo humano, y en el mismo video, el narrador hace referencia a que estos animales desemplumados eran la imagen viva de un dinosaurio, teniendo en cuenta esto algunos poco de los estudiantes, hicieron la inmediata correlación confirmado algunas de sus respuestas referentes a la estrecha relación familiar que existe entre las aves y los dinosaurios; poniendo en juego uno de los planteamientos propuestos en esta investigación, y es el cambio de visual que tuvieron algunos de los estudiantes respecto a cómo ven los pollos, ahora claramente emparentados con los dinosaurios.

⁶ Video extraído de <https://www.youtube.com/watch?v=O5MBqRRoovA>; este video no hace parte de las actividades de la propuesta, fue desarrollado anteriormente como parte del plan curricular desarrollado en la institución

DE LAS LENGUAS DE PIEDRA A LA SABROSA CARNE DE DINOSARUIO; REVISUALIZANDO LA VIDA A TRAVÉS DEL FOSIL: reflexiones que nos deja el recorrido de la propuesta

Para comenzar este último tramo de la discusión es necesario tomar elementos que han sido cruciales a lo largo del trabajo y lo han direccionado, esto será lo que brinde claridad a dudas frecuentes que posiblemente no se noten a simple vista en este documento, pero están implícitos en él; estas múltiples inquietudes podrían cobrar factura a la hora de explicar la idea inicial de que la constitución del fósil como un objeto de estudio y de enseñanza redimensiona la historia de lo viviente; aquí se encuentra la primera duda fundamental ¿Para quién se redimensiona o se debe redimensionar? ¿para la ciencia?, ¿Para la sociedad? ¿para los docentes o para los estudiantes?

La respuesta que aparentemente luce tan simple y trivial pero a su vez tan compleja y satisfactoria es que si, la constitución de todos los elementos necesarios para explicar al fósil redimensionan la visión de lo vivo, de la vida para todos; tanto para la ciencia como cuerpo de conocimientos, a la sociedad donde pertenecen esos individuos que llamamos “científicos” y pertenecen a la comunidad científica; sus prácticas, sus costumbres, sus visiones de mundo que de alguna manera resultan permeándose en toda la sociedad, adaptando a esas visiones de mundo ya sea en películas como “jurassic park” o en un simple juego de video como “dinocrisis”; incluso en caricaturas antiguas ya poco conocidas en la actualidad como los “picapiedras”, la constitución de esos elementos empiezan a jugar un papel tan determinante que para un caso vemos a un humano convivir con un ser llamado dino cuyo comportamiento es de perro pero su morfología es de un “dinosaurio” indeterminado; para otro caso vemos cómo la evidencia científica actual hace que se represente un réptil aterrador el cual está cubierto de algunas plumas como mencionan las ultimas teorías.

Es importante mencionar que lo dicho anteriormente está basado en el rastreo de las experiencias previas de los trabajos que se hicieron en otro lugares a nivel nacional e internacional respecto a la enseñanza de la temática, en la cual resaltan la importancia

del maestro como dinamizador de la información y que pueda hacer un dialogo de saberes entre la información que circula a nivel público y lo que es realmente verídico y comprobado por la ciencia, siendo estos trabajos los que permitan aclarar dudas, fortalecer aspectos del conocimiento y poner en juego las cosas que pueden o no ser reales de lo que se ve, en libros, revistas, cine y televisión, tratando de corregir lo que se puede considerar equivocado y resaltar lo que es correcto, ya que estas perspectivas pueden fortalecer o complejizar de una forma errónea la visión histórica que se tiene de la vida

Ahora un aspecto muy importante y desde donde se puede tener el especie de dialogo y discusión de todo esto es la escuela, como un lugar de cambio y transformación de las ideas de los estudiantes y es acá donde se encuentra el primer punto de inflexión, ya que en el rastreo de información legislativa del marco educativo colombiano, es donde la temática se encuentra completamente ausente del currículo de ciencias naturales, no aparece por ningún lado, ni en los lineamientos, ni en los estándares básicos de competencias y apenas se hace un nombramiento de tema en los derechos básicos de aprendizaje; mientras tanto que para el área de ciencias sociales, la temática si aparece en los anteriores documentos descritos solo que para esta área y se especifica en la parte histórica, específicamente reflejada en el tema de las eras geológicas, para lo cual se sugiere que los docentes del área de ciencias naturales y específicamente de biología, deben empezar a realizar cambios curriculares en el plan de estudios de los niveles de básica primaria y secundaria, porque como se verá, el fósil a lo largo de la historia de la ciencias, ha sido un elemento que se constituye como un objeto de saber al ser una de las evidencias que ayuda a explicar los cambios, el desarrollo y evolución de la vida en el planeta, y la mejor forma de transformar la visión que se tiene del fenómeno de lo vivo es tomar el elemento de conocimiento y utilizarlo propiamente en la enseñanza de las ciencias y específicamente, en este caso de la biología.

Ahora el punto más crucial de la discusión se centra primero en el maestro de ciencias el cual con trabajos juiciosos de indagación bibliográfica puede llegar a comprender el trasfondo de la palabra fósil, la cual no ha tenido la misma connotación o la misma significación. Tantos son los cambios que ha sufrido la palabra que pasó de ser un

adverbio en el que tenía la connotación de un lugar enterrado (Fernandez, La materia fósil. Una concepción dinamicista de los fósiles, 1989); luego pasó a ser un verbo y terminó su transformación en un sustantivo. Los cambios por los cuales pasó esta palabra también tienen una carga conceptual en el sentido de que la palabra no era lo mismo para Conrad Gesner quien acuñó el término, no fue el mismo significado para Nicolás Steno o para Cuvier incluso para los mismos Lyell y Darwin; sin mencionar la versión actual que una persona cualquiera incluso un maestro encuentra al leer a Jay-Gould, el cual en sus definiciones tiene una carga histórica bastante amplia. Las reconstrucciones históricas ayudan a determinar en qué puntos hubo cambios y aunque es muy arriesgado decirlo, en que puntos de la historia en los cuales la palabra y su significado estuvieron en un contexto donde sufrió una “revolución”. (Kuhn, 1962)

Haber reconocido esos puntos de inflexión y de transformación del concepto permiten al maestro tener un panorama más amplio para explicar lo referente a la historia de la vida, una vez se reconocen cuáles son los elementos necesarios para explicar esto a los estudiantes y lograr entender qué es lo que sucede con los fenómenos alrededor de los huesos y conchas fosilizadas las cuales no son para nada piedras bonitas o hechas por un intelecto; son el vestigio de la actividad biológica de un ser que habitó en una época pasada. (Gould, 1993) Cuando un estudiante logra visualizar los conceptos claves para entender lo que sucedió con esos rastros, verá que la vida no es inmediata, tiene una historia y posiblemente larga, sus nociones de tiempo y espacio habrán cambiado y en ese punto la constitución del fósil como un objeto de estudio le habrá abierto una nueva manera de ver el mundo.

De este modo la propuesta de aula demuestra que si el fósil es un objeto de estudio, por tanto también desde ser un objeto de enseñanza, esto consecuentemente porque es necesario al ser una evidencia de la evolución; para la constitución de este estado que se menciona fue importante la reconstrucción histórica del concepto y con ella se logró identificar cuatro conceptos estructurantes para comprender el término fósil, la carga teórica y epistemológica para explicar los fenómenos alrededor de él; como son: **La extinción** entendida como la desaparición o exterminio de las especies y de todos sus ejemplares ya sea por cambios en el ambiente o eventos fortuitos de la naturaleza que

en algunos casos no dejan mucha evidencia solo los restos de los organismos; **la transformación** es otra idea estructurante principal en la teoría evolutiva en donde no se consideran a las especies como entes fijos, sino, gracias a factores como la variabilidad genética y la lucha por la supervivencia, las generaciones cambian muchos de sus rasgos sobre todo físicos y explotan nuevas posibilidades dentro de los ambientes.

La fosilización es otra idea estructurante entendida como el proceso de cambio, reemplazamiento de material y transformación de los restos orgánicos en elemento líticos que pueden perdurar por grandes lapsos de tiempo; el último de los conceptos estructurantes es la noción de **datación** y las formas en cómo se mide concepto fundamental que desde las épocas antiguas de la humanidad se ha tratado de hacer incluso de medir la edad de la tierra acudiendo a lo que ofrece la naturaleza como la constitución de las capas de la tierra y en tiempos de la modernidad con ayuda de la tecnología mediante técnicas radiométricas que iniciaron a finales del siglo XIX y a principios del siglo XX. Aunque esto ayudó a obtener una medición del tiempo relativamente exacta, discutir sobre la datación y hablar del tiempo sigue siendo un tema muy complejo tanto para la comunidad científica como también en el ámbito de la enseñanza de manera y cómo se comprende este concepto en los estudiantes.

Lo anterior permite realmente decir que el fósil es un elemento necesario para estudiar la vida, le dota de sentido y de historia, que la vida no ha sido la misma a lo largo del tiempo y por tanto es necesario tratarlo, **es un objeto de estudio y de conocimiento**, tal como lo demostraron los distintos científicos que lo tomaron para hacer sus conjeturas y afirmaciones, Nicolás Steno fue el primero en dotarlo de y relacionarlo con la vida, George Leclerc conde de Buffon fue el primero en darle una historia a ese objeto que alguna vez tuvo vida y decir que era más antiguo de lo que imaginábamos, George Cuvier fue el primero en hacer una correlación entre seres muertos del pasado y los organismos vivos actuales, señalando que las especies podían desaparecer definitivamente, los aportes de Charles Lyell fueron fundamentales al señalar la continuidad que puede tener la vida y guió el camino de Wallace y Darwin que demostraron que la vida se transforma en largos periodos de tiempo, Efremov dio los indicios de cómo los restos se transforman

químicamente dejando las huellas que encontramos hoy en día y por último la teoría revolucionaria del equilibrio puntuado como piedra angular para sustentar el concepto actual del fósil propuesta por Eldredge y Gould. Todo esto demuestra que a lo largo del tiempo **el fósil si se ha logrado constituir como un objeto de estudio y de enseñanza, es decir como UN PROBLEMA DE CONOCIMIENTO**

Realizada esta reformulación teórica se procedió a aplicar las actividades enfocadas a explicar los conceptos anteriormente mencionados para lo cual se entró en detalle en las primeras experiencias de acercamiento y reconocimiento del fósil; y en forma resumida las ideas aunque cercanas a la explicación científica eran vagas refiriéndose a los restos como algo muerto que no tiene nada que ver con un organismo vivo y lo más representativo se observa que en dichas actividades datan y utilizan al tiempo como una unidad indeterminada, saben que es antiguo y que ha pasado tiempo para encontrarlo pero no saben cuánto con exactitud ni qué tipo de transformaciones han sufrido los restos. Con el paso de las actividades empieza a haber una apropiación de algunos términos técnicos en sus explicaciones, ya hablan de extinción y de millones de años, incluso ya asocian el término enterramiento.

Con el paso de los ejercicios, las explicaciones se vuelven más elaboradas, sufren cambios al asumir la extinción no como la simple muerte del ser que están presenciando sino que todos los representantes de ese ejemplar han desaparecido o en el mejor de los casos hay vestigios de estos en algunas especies vivas colocando casos y relacionando aves con los dinosaurios o las caracolas con los amonites; obviamente reconocen que no se trata de los mismos organismos ni de la misma especie pero existe una noción de transformación en el reconocimiento de las características más comunes en los organismos comparados. Para la datación y el tiempo como se habló en el apartado anterior es un caso particular; aunque hay que reconocer que respecto al uso de las palabras hay una apropiación de la forma técnica en la que los estudiantes nombran al tiempo en lo cual se puede asumir que hubo cambios y transformaciones en la noción de este concepto. En este sentido vale hacer la aclaración y que es posible que la magnitud de “millones de años” sea de cierta manera no puede ser dimensionado por los estudiantes pero así mismo el entendimiento del fenómeno que en este caso es la

fosilización no requiere propiamente de la abstracción del concepto metafísico de las unidades de tiempo, de hecho, el mismo (Jacob, 1999) explica su apartado del tiempo basándose en la construcción histórica de fenómenos como los cataclismos, las transformaciones y la evolución dando a entender que logrando la comprensión de estos fenómenos se puede llegar a una noción de tiempo; sin ser ambiciosos y para el caso de las actividades realizadas se visibilizan los cambios en las nociones de extinción transformación y fosilización las cuales permitieron el acercamiento a la noción de tiempo y cómo se puede datar sin hacer mucho énfasis en la profundidad teórica de la magnitud metafísica que incluso en niveles de educación mayores puede ser entendida de manera parcial. (Jacob, 1999)

Es por esto que se puede empezar a decir que la comprensión del fósil si puede redimensionar la perspectiva del fenómeno de lo viviente, que para este caso concreto, se hace más visible y palpable con las actividades anexas que surgen de una información que original e inicialmente no se tenía disponible, que es el pollo como carne de dinosaurio; redimensionar, redibujar, re visibilizar al animal no como solo un pollo sino como un dinosaurio requiere de la comprensión de una carga teórica que ya se ha mencionado anteriormente, pero más allá de eso; de como transformaron concepto entero, es un proceso muy difícil y complejo, se requieren de más actividades y de un trabajo que requiere tiempo.

Acá el tiempo empieza a jugar un papel muy importante para los procesos educativos tanto para los estudiantes, como para los maestros, el reconocimiento de la historicidad de los procesos pedagógicos, los procesos de enseñanza-aprendizaje requieren de tiempo y es con este que las personas logran asimilar, acomodar, reestructurar, organizar ideas, pensamientos y reflexiones que en determinado momento no se dan por condiciones fortuitas, pero el tiempo posibilita generar otras condiciones, otras experiencias, otros conocimientos que terminan aportando a realizar lo que se podría denominar un “*click*”, un vínculo que antes no era posible hacerlo y era el objetivo del trabajo.

De ver como una nueva experiencia, una nueva situación termina generando nuevas organizaciones y construyendo nuevos sentidos que antes no estaban, lo que permite

ampliar la comprensión de un fenómeno natural y complejizar las explicaciones que antes se tenían. Inicialmente el dato sobre la nueva sistemática y taxonomía de las aves no se tenía y si se hubiese contado con esa información, se realiza una actividad que tuviera que ver con ese tema desde el principio del desarrollo de la propuesta y no se sabe que efecto hubiera tenido en su momento sobre los aprendizajes que hubieran tenido los estudiantes, pero una vez se tuvo ese dato se hizo el ajuste, la actividad y género en los estudiantes una perspectiva diferente, se produjo un aprendizaje diferente en tanto que esta nueva situación se inserta en las estructuras cognitivas previamente elaboradas con las actividades anteriores, reorganizando el cuerpo de saberes construido con estas, ofreciendo un nuevo sentido del fósil, su significado y su importancia para explicar y reimaginar el fenómeno de lo viviente.

Hay que reconocer que a pesar de ser un trabajo corto ha tenido unas implicaciones teóricas profundas ya que tratar de cambiar las concepciones que se tienen de estos conceptos en los estudiantes puede llegar a ser bastante ambicioso y definitivamente no se puede lograr hacer en un lapso corto de tiempo, se puede estar satisfecho de que si no se llega a la comprensión total del concepto existieron evidencias para decir que hubo cambios en las nociones y en sus formas de expresión tan importantes no solo para los estudiantes sino para retroalimentar y reestructurar el trabajo y a quien se encarga del proceso educativo que es el maestro.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, E. (1997). La tafonomía Como ciencia: aspectos epistemológicos. *Cuadernos de Geología Ibérica*, N° 23, 37-52.
- Aznar, E. (2016). *Datación Absoluta*. Obtenido de Universidad de Granada, España: http://www.urg.es/~eaznar/mateo/apuntes/datacion_radiometrica.pdf
- Behrensmeyer, A. K. (1984). Taphonomy and the fossil record. *American Scientist*, pp. 558-566.
- Bowler, P. (1999). Darwin to Plate Tectonics. En P. García, *Paleobiología, Lecturas seleccionadas* (págs. 543-547). Blackwell Science Ltd.
- Buffetaut, E. (1987). Cuvier y la Historia Natural. En E. Buffetaut, *Short History of Vertebrate Palaeontology* (págs. 213-223). Paris, Francia.
- Cabezas-Olmo, E. (2003). ¿como llego a convertirse el actualismo en practica habitual de proceder del geologo? *Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas*, 35-55.
- Cervera, J. (2010). Breve reseña sobre métodos para datación arqueológica. *estrat critic – revista d'arqueologia* N° 4, 91-99.
- Eldredge, N., & Gould, S. J. (1972). Punctuated Equilibria: an alternative to phyletic gradualism. En T. Schopf, *Models in Paleobiology* (págs. 82-115). San Francisco, California: Ed. Freeman Cooper & Co.
- Fernandez, S. (1988). *Hisotria de la paleontología, bioestratigrafía y biocronología: su desarrollo histórico* Curso de Conferencias sobre Historia de la Paleontología. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Fernandez, S. (1989). La materia fósil. Una concepción dinamicista de los fósiles. En E. Aguirre, *Nuevas Tendencias: Paleontología*. (págs. 25-45). Madrid, España: Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

- Fernandez, S. (2000). La naturaleza del registro fósil y el análisis de las extinciones. *Coloquios de Paleontología*, 267-280.
- Fernandez, S. (2000). *Temas de tafonomía*. MADRID, ESPAÑA: Departamento de Paleontología Facultad de Ciencias Geológicas Universidad Complutense de Madrid.
- Garcia, C. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: Una aproximación a la enseñanza – aprendizaje de la geología. *enseñanza de las ciencias N° 16 (2)*, 323-330.
- Gomez, E. C., & Gio, R. (2009). Historia de la tafonomía: una ciencia nueva que estudia el pasado geológico. *ciencias 96 octubre – diciembre*, 16-23.
- Goncalves, R., & Machado, D. (2005). Cómics: investigación de conceptos y de términos paleontológicos, y uso como recurso didáctico en la educación primaria. *Enseñanza de las ciencias*, 263–274.
- Gonzalez, E., Pino, M., Recabarren, O., Canales, P. S., Chaves, M., Bustos, C., . . . Jimena, N. (2011). Paleontología social: una experiencia educativa sobre ciencia, patrimonio e identidad. *Calidad en la educación*, 231-245.
- Gould, S. J. (1993). *El libro de la vida*. Barcelona: Crítica, Grupo grijalbo – Mondadori.
- Guzman, M. M. (Marzo de 2013). Paleontología al alcance de todos: Estrategia didáctica para la enseñanza de la paleontología. *Trabajo de grado*. Bogota, Cundinamarca, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- Herrera, D. (2010). Husserl y el mundo de la vida. *FRANCISCANUM, VOLUMEN LII*, 247-274.
- Hoffman, A. (1990). The Past Decade and the Future. *Palaeobiology: a synthesis*. Blackwell Science Ltd, 550-555.
- Jablonski, D., & Raup, D. (1986). Patterns and Processes in the History of Life. *Dahlem Konferenzen*, 7-22.
- Jacob, F. (1999). *La logica de lo viviente*. Barcelona: Tusquets editores.

- Kuhn, T. (1962). *La estructura de las revoluciones científicas*. Chicago, Illinois: The University Chicago Press.
- Levin, H. (1996). *The Earth Through Time.; Introduction to paleobiology*. New York, USA: suanders college publishing.
- Malagón, F., & Sandoval, S. (2014). El lenguaje y la construcción de fenomenologías: el caso del efecto Volta. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 203-213.
- MEN. (7 de junio de 1998). Serie lineamientos curriculares, ciencias naturales y educación ambiental. *Documento institucional*. Santa fe de Bogota, Colombia, Colombia: Ministerio de Educación Nacional -MEN-, República de Colombia.
- MEN. (2004). *Formar en ciencias: ¡el desafío!, lo que necesitamos saber y saber hacer; Estándares básicos de competencias en ciencias naturales y ciencias sociales*. Santa fe de Bogota: Ministerio de Educación Nacional, República de Colombia.
- MEN. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje en Ciencias Naturales volumen 1*. Santa fe de Bogota: Ministerio de educación nacional, República de Colombia.
- MEN, M. d. (2016). *Derechos básicos de aprendizaje en Ciencias sociales volumen 1*. Santa fe de Bogota, D.C.: Ministerio de educación nacional, República de Colombia.
- Nebreda, S., Navalón, G., Menéndez, I., Sigurdson, T., Chiappe, L., & Marugan-Lobón, J. (2020). Disparity and Macroevolutionary Transformation of the Maniraptoran Manus. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 183-203.
- Pardo, A. (1996). Fósiles y fosilización: procesos y resultados de la larga historia subterránea. *revista Bol-SEA*, 31-42.
- Sequeiros, L. (2003). NIELS STENSEN, Pródromo a una Disertación sobre un cuerpo rocoso sólido contenido de forma natural dentro de otro cuerpo rocoso sólido dedicado a Fernando II, el Serenísimo Gran Duque de Toscana Florencia (traducción). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 245-282.

- Sequeiros, L., Berjillos, P., Dieguez, C., Fernandez, S., Goy, A., Linares, A., . . . Tavera, J. (1998). Historia del conocimiento de los ammonites (moluscos fosiles) del jurasico de España. *Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Tecnicas vol 21- N°41*, 517-546.
- Sequeiros, L., Pedrinaci, E., Alvarez, R., & Valdivia, J. (1997). James Hutton y su teoria de la tierra (1795): consideraciones didadcticas para educacion secundaria. *Enseñanza de las ciencias de la tierra, volumen 5.1*, 11-20.
- Spielberg, S. (Dirección). (1993). *Jurassic Park* [Película].
- Thackray, J., Briggs, D., & Crowther, P. (1990). Palaeobiology. A synthesis. *Blackwell Scientific Publications.*, 537-542.
- Torres N, R. (2006). El registro fósil, guia de trabajo. *El registro fósil, guia de trabajo*. Bogota: Universidad Pedagogica Nacional.
- Valencia, S., Mendez, O., Orozco, J., Jimenez, G., & Garzon, P. (2003). Los problemas de conocimiento: una perspectiva compleja parala enseñanza de las ciencias. *TED: Tecne, Episteme, Didaxis*.
- Valentine, J. (1990). Plate Tectonics to Paleobiology. *Palaeobiology: a synthesis*. *Blackwell Science Ltd*, 547-550.
- Zegarra, M. (2002). Una estrategia didáctica para el aprendizaje de la paleontología. *revista GEOS, Unión Geofísica Mexicana, A.C.*, 453-458.