



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Diseño y construcción de un material de enseñanza
por comprensión sobre los tópicos día-noche, eclipses
y fases lunares para quinto grado

Augusto Lema Villegas

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ingeniería y Administración
Maestría en Enseñanza en Ciencias Exactas y Naturales
Julio de 2020

Diseño y construcción de un material de enseñanza sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares para quinto grado

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:
Magister en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales.

Augusto Lema Villegas

Directores:

PhD Ana Cecilia Agudelo Henao

MSc Boris Fernando Candela Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ingeniería y Administración

Maestría en Enseñanza en Ciencias Exactas y Naturales

Julio de 2020

Dedico este trabajo a toda mi familia

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

Augusto Lema Villegas

Fecha 04/02/2021

Agradecimientos

Agradezco en primer lugar, al profesor Boris Fernando Candela Rodríguez, quien además de ser un excelente director, mostró su nobleza y calidades humanas, a través de todo el tiempo de construcción de la tesis. También agradezco a las profesoras Ana Cecilia Agudelo Henao y Teresa Pontón Ladino, quienes constantemente me brindaron su apoyo. Mi reconocimiento también, a todos los profesores y compañeros de la maestría, especialmente a Yamileth Sandoval Ocampo y a Marco Emilio Correa Repizo. Finalmente, inmensa gratitud para toda mi familia, por su constante motivación para que este cometido llegara a un final feliz.

Resumen

Se empleó la enseñanza por comprensión como fundamento epistemológico para la enseñanza de la astronomía básica en quinto grado. Se utilizó la técnica de la revisión de literatura con el propósito de construir un acervo de teorías de dominio específico sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases de la Luna.

El trabajo está transversalizado por la coherencia curricular, la cual sirvió como atadura entre contenidos disciplinares, metas de aprendizaje, pedagogía general, referentes curriculares, enfoques de evaluación formativa, teorías del diseño, aportes de la literatura de educación en ciencias y teorías del aprendizaje, en un escenario llamado "instrumento metodológico para la comprensión". Cabe señalar que las citadas teorías, iluminaron la construcción de actividades educativas sobre los citados tres tópicos, los cuales han sido puestos en una plataforma digital para que sea descargada por cualquier persona en el mundo.

Palabras clave: enseñanza por comprensión, coherencia curricular, diseño de materiales de aprendizaje, día-noche, eclipses, fases de la Luna.

Abstract

Teaching by understanding was used as an epistemological foundation for the teaching of astronomy. The literature review technique was used in order to build a collection of domain-specific theories on the topics day-night, eclipses and phases of the Moon.

The work is mainstreamed by curricular coherence, which served as a link between disciplinary contents, learning goals, general pedagogy, curricular references, formative assessment approaches, design theories, contributions from the science education literature and learning theories. in a scenario called " methodological instrument for understanding ". It should be noted that the aforementioned theories illuminated the construction of educational activities on the topics day-night, eclipses and lunar phases, intended for fifth grade.

Keywords:

Teaching by understanding, curriculum coherence, design of learning materials, day-night, eclipses, phases of the Moon.

Contenido

Capítulo 1.....	5
ANTECEDENTES	5
Capítulo 2.....	13
PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	13
2.1. JUSTIFICACIÓN	13
2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	17
Capítulo 3.....	29
MARCO TEÓRICO.....	29
3.1. El diseño educativo.....	30
3.2. Teorías del aprendizaje	32
3.2.1. Las teorías de la cognición situada.....	33
3.2.2. Las teorías de Vygotsky.....	35
3.2.3. Las teorías de Ausubel.....	38
3.3. PEDAGOGÍA GENERAL	41
3.3.1. Rutinas.....	42
3.4. TEORÍAS DE LA ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN DE PERKINS.....	47
3.5. DISEÑO DESDE LA ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN.....	51
3.6 COHERENCIA CURRICULAR.....	53
3.7. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO.....	56
3.8. APORTES DE LA LITERATURA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS.....	58
3.9. MODELOS GEOCÉNTRICO Y HELIOCÉNTRICO.....	60
3.9.1. El modelo geocéntrico.....	61
3.9.2. El modelo heliocéntrico.....	63
3.10. COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	66
3.11. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ESFERA CELESTE.....	68
3.12. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DÍA-NOCHE.....	71
3.13. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DE LOS ECLIPSES.....	75
3.13.2. Conceptualización del fenómeno del eclipse de Luna.....	77
3.14. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DE LAS FASES LUNARES.....	79
3.15. LAS LEYES DE KEPLER.....	81
3.15.1. Primera ley de Kepler.....	81
3.15.2. Segunda Ley de Kepler.....	82
3.15.3 Tercera Ley de Kepler.....	83

3.16. LA LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL.....	84
Capítulo 4.	85
OBJETIVOS	85
4.1. Objetivo general.	85
4.2. Objetivos específicos.	85
Capítulo 5.	87
DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.	87
5.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.	88
5.2. TÉCNICA DE REVISIÓN DE LITERATURA.	91
5.3. EL INSTRUMENTO METODOLÓGICO PARA LA COMPRESIÓN.	93
5.3.1. Primer principio.....	95
5.3.2. Segundo principio.	96
5.3.3. Tercer principio.	98
5.3.4. Cuarto principio.	100
5.3.5. Quinto principio.....	101
5.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS FUNDAMENTALES.....	102
Capítulo 6.	106
RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	106
6.1. FORMULACIÓN DE TEORÍAS HUMILDES O TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO.....	106
6.1.1. Resultados del primer principio.	107
6.1.2. RESULTADOS DEL SEGUNDO PRINCIPIO.....	113
6.1.3. RESULTADOS DEL TERCER PRINCIPIO.....	123
6.1.4. RESULTADOS DEL CUARTO PRINCIPIO.	134
6.1.5. RESULTADOS DEL QUINTO PRINCIPIO.....	149
6.2. MATERIALIZACIÓN DE LAS TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO EN UN FORMATO DIGITAL.....	155
Capítulo 7.	159
Conclusiones y recomendaciones	159
Capítulo 8.	166
BIBLIOGRAFÍA	

Lista de figuras

Figura 3. 1. Facsímil de una página de las "Tablas Alfonsinas", en las que fueron consignadas diferentes ubicaciones de los astros en el cielo, por parte de los astrónomos de Alfonso X, "el sabio", rey de Castilla y León (siglo XIII).	61
Figura 3-2. El sistema del mundo de Aristóteles. Nótese el orden propuesto para los "siete planetas antiguos": Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno.	62
Figura 3	62
Figura 3.3. El sistema del mundo desde la visión de Ptolomeo	62
Figura 3.4. Facsímil de una página del libro "De Revolutionibus Orbium Coelestium", edición de 1543.	64
Figura 4Figura 3.5. Facsímil de anotaciones sobre las distintas ubicaciones de cuatro de las lunas de Júpiter.	65
Figura 3.6. Se muestra un dibujo de las fases del planeta Venus, observadas por primera vez por Galileo Galilei en el año 1610.	66
Figura 3.8. Imagen que muestra como la longitud terrestre y la latitud geográfica son ángulos que se miden respectivamente con respecto a Greenwich y al ecuador terrestre. Para ilustrar el caso, se han tomado las coordenadas de Puebla (México)	67
Figura 3.9. Imagen de un observador levantando los ojos a la esfera celeste imaginaria	68
Figura 3.10. Imagen de la esfera armilar, como portada del libro "Comentarios sobre la esfera celeste", del clérigo alemán Christophorus Clavius, publicado en 1585	69
Figura 3.11. Imagen que muestra los polos norte y sur celestes; el zenit y el nadir; además del ecuador celeste.	70
Figura 3.12. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 0 grados de latitud (en el ecuador terrestre).	72
Figura 3.13. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 19.5 grados latitud norte, en México D.F	72
Figura 3.14. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 41 grados latitud norte, en New York	73
Figura 5. 15. Trayectoria del Sol para un observador que se encuentra ubicado en Sidney Australia (33 grados sur).	74
Figura 3.16. Fotografía del eclipse total de Sol ocurrido e21 de agosto de 2017, tomado desde una estación espacial de la NASA	76
Figura 3.17. Imagen que ilustra el ángulo de inclinación entre el plano de la eclíptica y el plano de la trayectoria de la Luna	77

Figura 3.18. Se ilustra el caso de un eclipse de Luna, evento cósmico en que la Tierra obstaculiza la luz del Sol sobre la Luna y esta se encuentra en el nodo ascendente.	78
Figura 3.19. Gráfica de la Luna presentando ocho fases en su giro alrededor de la Tierra. Obsérvese que la Luna siempre muestra la misma cara iluminada por parte de los rayos del Sol	81
Figura 3.20. Se muestra la trayectoria de los planetas alrededor del Sol.	82
Figura 3.21. Áreas iguales en tiempos iguales	83
Figura 3.22. Las elipses tienen un eje mayor y un eje menor. La tercera ley de Kepler relaciona los períodos tomados por los planetas para dar su giro alrededor del Sol y los semiejes de la elipse que es su trayectoria.	84
Figura 3.23. Ley de Gravitación Universal presentada en el libro <i>Philosophiae Naturalis Principia Mathematica</i> , publicado en 1687 (144 años después de que Copérnico presentara su propuesta heliocéntrica).	84

Lista de tablas

Tabla 3.1. Algunas funciones de la mente superior e inferior del ser humano	36
Tabla 3.2. Características de los niveles de comprensión, según Hetland y colaboradores.	49
Tabla 3.3. Los cuatro pilares epistemológicos de la enseñanza por comprensión de Perkins	52
Figura 3. 1. Facsímil de una página de las "Tablas Alfonsinas", en las que fueron consignadas diferentes ubicaciones de los astros en el cielo, por parte de los astrónomos de Alfonso X, "el sabio", rey de Castilla y León (siglo XIII).	61
Figura 3-2. El sistema del mundo de Aristóteles. Nótese el orden propuesto para los "siete planetas antiguos": Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno.	62
Figura 3	62
Figura 3.3. El sistema del mundo desde la visión de Ptolomeo	62
Figura 3.4. Facsímil de una página del libro "De Revolutionibus Orbium Coelestium", edición de 1543.	64
Figura 4Figura 3.5. Facsímil de anotaciones sobre las distintas ubicaciones de cuatro de las lunas de Júpiter.	65
Figura 3.6. Se muestra un dibujo de las fases del planeta Venus, observadas por primera vez por Galileo Galilei en el año 1610.	66
Figura 3.8. Imagen que muestra como la longitud terrestre y la latitud geográfica son ángulos que se miden respectivamente con respecto a Greenwich y al ecuador terrestre. Para ilustrar el caso, se han tomado las coordenadas de Puebla (México)	67
Figura 3.9. Imagen de un observador levantando los ojos a la esfera celeste imaginaria	68
Figura 3.10. Imagen de la esfera armilar, como portada del libro "Comentarios sobre la esfera celeste", del clérigo alemán Christophorus Clavius, publicado en 1585	69
Figura 3.11. Imagen que muestra los polos norte y sur celestes; el zenit y el nadir; además del ecuador celeste.	70
Figura 3.12. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 0 grados de latitud (en el ecuador terrestre).	72
Figura 3.13. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 19.5 grados latitud norte, en México D.F	72
Figura 3.14. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 41 grados latitud norte, en New York	73
Figura 5. 15. Trayectoria del Sol para un observador que se encuentra ubicado en Sidney Australia (33 grados sur).	74

Figura 3.16. Fotografía del eclipse total de Sol ocurrido e21 de agosto de 2017, tomado desde una estación espacial de la NASA	76
Figura 3.17. Imagen que ilustra el ángulo de inclinación entre el plano de la eclíptica y el plano de la trayectoria de la Luna	77
Figura 3.18. Se ilustra el caso de un eclipse de Luna, evento cósmico en que la Tierra obstaculiza la luz del Sol sobre la Luna y esta se encuentra en el nodo ascendente.	78
Figura 3.19. Gráfica de la Luna presentando ocho fases en su giro alrededor de la Tierra. Obsérvese que la Luna siempre muestra la misma cara iluminada por parte de los rayos del Sol	81
Figura 3.20. Se muestra la trayectoria de los planetas alrededor del Sol.	82
Figura 3.21. Áreas iguales en tiempos iguales	83
Figura 3.22. Las elipses tienen un eje mayor y un eje menor. La tercera ley de Kepler relaciona los períodos tomados por los planetas para dar su giro alrededor del Sol y los semiejes de la elipse que es su trayectoria.	84
Figura 3.23. Ley de Gravitación Universal presentada en el libro <i>Philosophiae Naturalis Principia Mathematica</i> , publicado en 1687 (144 años después de que Copérnico presentara su propuesta heliocéntrica).	84
Tabla 5.1. Amalgama de las tres fases del diseño y las tres etapas de los estudios de caso.	90
Tabla 1Tabla 5. 2. Sistematización de la información a partir de la revisión de literatura.	92
Tabla 5.3. Primer principio del instrumento metodológico para la comprensión.	96
Tabla 5.4. Segundo principio del instrumento metodológico para la comprensión.	97
Figura 5.1. Plan de integración de un estándar de competencias, derechos básicos de aprendizaje, acciones de pensamiento. y matriz de referencia, en torno al desarrollo de la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares	98
Tabla 5.5. Tercer principio del instrumento metodológico para la comprensión.	99
Tabla 5.7. Cuarto principio del instrumento metodológico para la comprensión.	101
Tabla 5.8. Quinto principio del instrumento metodológico para la comprensión.	102
Tabla 6.1. Desarrollo del primer principio del instrumento metodológico para la comprensión.	108
Tabla 6.2. Resultados del segundo principio del instrumento metodológico para la comprensión	113
Figura 6.1. Plan de integración de un estándar de competencias, derechos básicos de aprendizaje, acciones de pensamiento y matriz de referencia, en torno al desarrollo de la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares.	119
Tabla 6.3. Plan de integración de contenidos curriculares fenómeno día-noche	120
Tabla 6.4. Plan de integración de componentes curriculares (eclipses).	121
Tabla 6.5. Plan de integración de componentes curriculares (fases lunares).	122
Tabla 6.6. Resultados del tercer principio	123
Tabla 6.7. Relación entre las fases del ciclo de aprendizaje y los cuatro niveles de comprensión.	124
Fuente: elaboración propia.	124
Tabla 6.8. Resultados del cuarto principio	135
Tabla 6.9. Quinto principio. Evaluación formativa.	150

Tabla 6.10. Criterios de evaluación formativa fenómeno día-noche.	152
Tabla 6. 11. Criterios de evaluación formativa fenómeno eclipses.	153
Tabla 6. 12. Criterios de evaluación formativa fenómeno fases lunares.	154

Introducción

Alzar la vista al cielo, ha sido un ejercicio que el ser humano ha hecho desde milenios atrás, fascinado por la belleza del firmamento. Así mismo, esa fascinación ha sido crisol para que se fragüen preguntas como: ¿por qué hay día y noche? ¿por qué se producen los eclipses? ¿qué son las fases de la Luna? Además, en el intento de resolver estos y muchos otros interrogantes, diferentes disciplinas han surgido desde el seno de la astronomía y se han nutrido prolijamente de esta, como en el caso de la filosofía, las matemáticas, la astronáutica, la informática, la física, la cosmología, la biología, la química...

Para construir ese inmenso acervo de conocimientos que hoy constituye la ciencia, ha sido necesario diseñar complejos sistemas simbólicos. Cabe señalar, que el conjunto de representaciones semióticas y los significados que estas contienen, no se pueden comprender fuera de una sociedad humana, porque ellas son su creación y, además, porque emergen de un momento histórico específico, que ubica ese conglomerado en un espacio-tiempo dado para concretar su realidad

(Restrepo Arcila, 1998). Así, todo el quehacer humano, constituye la cultura específica de un pueblo, la cual nace de la recreación y operación de esos simbolismos, como camino para generar la realidad. Es allí donde aparece la conexión con el Cosmos. No es posible construir una sociedad sostenible, si está desconectada de lo cósmico. Inevitablemente se reformula la visión del universo, cuando alguien se entera de que los átomos de su cuerpo, también han sido átomos de una estrella en otra ocasión.

Contradictoriamente, un sector de la tecnología tan importante como la electricidad, la cual, como todos los constructos es resultado del ejercicio de imágenes mentales, es responsable de que la sociedad actual haya perdido el buen hábito de mirar al cielo. Conviene aclarar que, debido principalmente a la contaminación lumínica, en las noches no es posible ver las estrellas en las ciudades, a lo sumo la Luna, lo que ha implicado que las personas estén desconectadas del firmamento. En ese sentido, se ha creado una especie de "burbuja aislante" en la que, a pesar de que la humanidad viaja en una nave espacial, que es el planeta Tierra, y que, a su vez, también pertenece al espacio sideral, esté desconectada de los astros, generando una sociedad cuyo sistema de símbolos no toma en cuenta el Cosmos y lo desconoce cómo su casa. En efecto, desde esa cosmovisión, la patria del hombre no es un país específico, tampoco lo es el planeta Tierra, sino el universo.

Consecuentemente, ante la realidad, de que la mayoría de las personas viven en centros urbanos, y que, la "separación del hombre con la esfera celeste", seguirá presente, es necesario hacer propuestas para "reconectar" a los niños con su condición cósmica y recordar que el ser humano es polvo de estrellas. En ese sentido, este trabajo pretende hacer un aporte a la enseñanza de la astronomía en la primaria y en el bachillerato colombiano, como una herramienta para alcanzar las competencias básicas en ciencias, las cuales están expuestas en los lineamientos básicos del Ministerio de Educación, y responden a la premisa: "Formar gente de ciencia desde el comienzo, desde la niñez". Además, desde el postulado de que los niños son los constructores de la nueva sociedad, y que desde

la primaria se les enseñe a recordar que el ser humano pertenece al infinito, y que el infinito también es aquí, seguramente serán capaces de construir una sociedad con un sistema de símbolos que tome en cuenta el lugar que habitan: el Cosmos.

Capítulo 1

ANTECEDENTES

En la búsqueda de antecedentes que contribuyan al presente trabajo, se ha evidenciado que son pocos los estudios que simultáneamente se apoyan en el diseño educativo y la enseñanza por comprensión. Como resultado, se encontraron varios textos que analizan las concepciones alternativas, presentes tanto entre estudiantes como entre profesores; dos experiencias en las que se ha implementado la enseñanza por comprensión de Perkins; una propuesta de currículum a partir de análisis de documentos de otros países; y otros en los que se examina la coherencia curricular de textos de ciencias naturales en primaria.

Sadler, investiga desde la pregunta: ¿por qué los conceptos fundamentales de los fenómenos cósmicos, son difíciles para nuestros estudiantes? Y plantea dos hipótesis a saber: a) los aprendices no reciben una adecuada formación en los primeros cursos de astronomía y, b) los profesores tienen un bajo nivel, porque carecen de conocimientos científicos. Cabe resaltar que, para resolver estos interrogantes, se realizó una encuesta con una población objetivo constituida por estudiantes de los grados octavo a duodécimo pertenecientes a cursos de astronomía y de ciencias de la Tierra, de un colegio de Estados Unidos. El número de entrevistados fue de 1200 alumnos, quienes enfrentaron un test al empezar y al terminar el curso.

En este escenario, se evidenció principalmente que las hipótesis de Sadler eran ciertas, si se tiene en cuenta que las conclusiones fueron: los estudiantes no reciben una buena formación en los primeros cursos de astronomía, y además no superan las ideas preconcebidas. Incluso, si los temas fundamentales son enseñados, las bases nunca se dominan porque el paso por la instrucción es muy rápido. Añadido a esto, los profesores presentan un bajo nivel, porque carecen de conocimientos científicos y, tienden a enseñar a sus alumnos sin atender a sus concepciones previas. Refiriéndose a esto, Sadler dice: "la experiencia ha mostrado que los esquemas adquiridos con anterioridad, pueden ser cambiados o generar una convivencia con las ideas científicas. En esa dirección, los docentes por lo menos deberán intentar conocerlas" (p. 46).

De manera análoga, García, Martínez, Mondelo y Vega (1997), hacen un análisis exhaustivo de los contenidos que, sobre astronomía son tomados en cuenta en 30 textos españoles de educación primaria. Es preciso señalar que, en esta indagación se examinaron aspectos como la cercanía o el alejamiento del contenido, con respecto al Diseño Curricular Básico (equivalente de los Estándares Básicos de competencias en Colombia) y la forma como se construyó la secuenciación de lecciones en cada libro. También se auscultó acerca de las conexiones existentes entre el concepto astronómico tratado y algunos aspectos

cotidianos, además de las referencias a científicos relevantes y a significados mitológicos relacionados con el cielo. En cuanto al diseño de actividades, se escudriñó sobre las que implicaban observación directa del cielo; o contenían propuestas encaminadas a desarrollar la orientación de una persona tanto de día, como de noche, y complementariamente el desarrollo de la destreza de ubicarse frente a mapas y planos sencillos. De la misma manera, se orientó la investigación a descubrir el uso de modelos físicos para explicar fenómenos; o a ejercicios que le permitieran al estudiante apreciar regularidades rítmicas del Cosmos (diarias, semanales, mensuales).

Este análisis, arrojó, entre otros, los siguientes resultados: se incurre en la sobrevaloración de aspectos teóricos, generándose una exagerada carga conceptual que, en vez de ayudar a los niños a acceder a la comprensión, los confunden. En el aspecto del ejercicio de la contemplación del cielo, se hace poco hincapié en actividades que impliquen observación “a ojo desnudo”, o de orientación en el espacio, y agregado a esto, no se propone el uso de modelos concretos. Finalmente, cabe anotar que todas las editoriales incluyen los movimientos de rotación y de traslación terrestres, en tercero y cuarto de primaria, acompañando las actividades con preguntas abiertas, que como se sabe, permiten a los niños formular hipótesis científicas a su nivel.

García Barros y sus colaboradores, hacen énfasis en la necesidad de trabajar el pensamiento espacial, refiriéndose a que la observación a “ojo desnudo”, además de ser muy motivante para los chicos en cuanto a la conexión que ellos hacen con el cosmos, favorece el desarrollo de la tridimensionalidad. No se debe olvidar que la enseñanza tradicional, algunas veces incurre en una exagerada penetración sobre lo conceptual y abstracto, desestimando las capacidades de ejercicios que incluyen lo evidente, vivencial y cotidiano para aportar a la estructuración mental del niño, desde las ideas científicas (García y cols., 1997). Así mismo, en cuanto al aspecto de los movimientos traslacional alrededor del Sol, y de rotación sobre el eje por parte de la Tierra, los autores se refieren a que es imprescindible averiguar

si los estudiantes tienen claro el carácter esférico de los astros, si se toma en consideración que, de allí se deriva la comprensión de los fenómenos día-noche, los eclipses solar y lunar, además de las fases de la Luna.

De la misma manera, (Langhi y Nardi, 2010), revelan que las principales concepciones alternativas que se encuentran en la enseñanza básica de la astronomía, en instituciones educativas de Brasil, son: las fases de la luna se asimilan a eclipses lunares que se dan con una periodicidad de una semana; las cuatro estaciones son el resultado del recorrido elíptico de la Tierra, y se generan si el planeta está en el afelio o el perihelio. En cuanto al acceso a la concepción copernicana del sistema solar, persiste la concepción geocéntrica, y se asocia la presencia de la Luna únicamente a la noche, desconociéndola durante el día. Agregado a esto, existe el convencimiento de que las estrellas permanecen fijas en el firmamento y que la fuerza de gravedad, es consecuencia del peso de la atmósfera.

Similarmente, (Jiménez, 2011), investigó sobre las concepciones previas de los estudiantes del Colegio “Antonio Nariño” de Cajicá (Cundinamarca), y específicamente sobre los temas del zodiaco y de la eclíptica, a partir de una metodología que consistió en realizar cuatro talleres de indagación, a grupos de 25 y 26 niños del citado colegio. Como resultado, se obtuvo la siguiente información: los niños ubican más de una estrella dentro del sistema solar; creen que la causa de las estaciones en las zonas templadas de la Tierra, es el acercamiento o el alejamiento de este planeta con respecto al Sol (al igual que niños brasileños); interpretan las fases de la Luna como interferencia de un planeta entre ella y la luz que la alumbra; persiste la visión geocéntrica del universo y desconocen que las estrellas, cambian de posición a lo largo de la noche. Es importante recalcar, que estas concepciones, constituyen un importante insumo para ser usado en el diseño de las actividades de este trabajo, respondiendo al postulado de que hay que averiguar lo que el estudiante ya sabe, y partir de allí, para el ejercicio de la enseñanza (Ausubel, 2005).

En cuanto a las teorías de la enseñanza por comprensión, (Leguizamón y Pastorelli, 2011), investigadoras de la Universidad Tecnológica de Santafé (Argentina), trabajaron sobre la construcción de unos indicadores para la evaluación de diferentes niveles de comprensión alcanzados por los niños de la Escuela José de San Martín de Santo Domingo. Para tal labor, se elaboró una herramienta constituida por una serie de interrogantes que estaban contruidos desde los cuatro niveles de comprensión de Perkins (1999), -véase el marco teórico-. A manera de conclusión, afirman: hay que alejar al niño de la pasividad y proponerle actividades que lo inviten a expandir activamente sus mentes a través de la escritura, el raciocinio, y la asociación de los conceptos con elementos de la vida cotidiana. Adicionalmente, la motivación debe estar presente en las clases, si se tiene en cuenta que esta juega un papel muy importante como fuente para la generación del aprendizaje significativo, escenario en el que un niño asocia un conocimiento nuevo, con uno antiguo (véase Ausubel, marco teórico).

(Camino, Nardi, Pedreros, García y Castiblanco, 2016), plantean un recorte de contenidos para construir una didáctica de la astronomía desde la observación del cielo a “ojo desnudo”. En efecto, estos autores, se refieren a que estas actividades se deben desarrollar en tiempos reales, no solo para niños de primaria y bachillerato, sino incluyendo también el nivel de primera infancia y los adultos. En esa dirección, aporta ejemplos de proyectos de enseñanza exitosos implementados en los últimos años y que desarrollan aprendizaje a partir de problemas específicos, respetando los tiempos de desarrollo del fenómeno. Por ejemplo, para enseñar las fases lunares, explican que es necesario realizar repetidas observaciones durante el desarrollo de las cuatro etapas, ejercicio que genera una identificación con el fenómeno cósmico, al acercarse a los registros obtenidos desde el análisis y el disfrute de la observación. De ese modo, el trabajo didáctico toma la forma de “proyectos de larga duración”, con fuerte carga identificatoria con el cielo real.

Igualmente, (Solbes y Palomar Fons, 2011), estudian dos temas: el primero es ¿cómo se enseña la astronomía? y el segundo es una pesquisa sobre las dificultades de acceso que los niños presentan a los conceptos de esta ciencia, tanto en la escuela primaria como en la escuela secundaria. En tal sentido, plantean dos hipótesis: a) los alumnos presentan dificultades para comprender los enunciados básicos, porque la enseñanza de esta disciplina se realiza de manera muy teórica, b) a partir de apoyarse en la historia de la ciencia, es posible superar las dificultades de los estudiantes en la comprensión de los conceptos. Para tales fines, se utilizó una malla de análisis de textos, la cual estuvo conformada por 15 ítems, y se aplicó a 14 libros de la asignatura “Ciencias para el mundo contemporáneo”, de los más usados en España. En el caso de los profesores, se les presentó un cuestionario a 27 de ellos, el cual constaba de seis ítems, los mismos que inquirieron sobre métodos, dificultades y objetivos. Para investigar las dificultades de aprendizaje se diseñó un cuestionario a 113 estudiantes de bachillerato, constituido por 12 ítems, sobre temas básicos de esta ciencia.

Conviene señalar, que la investigación confirmó la hipótesis de que la mayoría de los estudiantes no comprenden aspectos básicos de la astronomía, porque su enseñanza se realiza de manera muy teórica. Además de esto, se evidenció que hay desconocimiento acerca de cómo se orienta una persona tanto de día como de noche; así mismo ocurre con el fenómeno de las estaciones; también se presentan vacíos en lo referente a las fases de la Luna; solo un pequeño porcentaje cuestiona el modelo geocéntrico y, además, los aprendices tienen una visión ingenua sobre el uso de modelos en la ciencia. En cuanto al apoyo que pueda ofrecer conocer la historia del fenómeno estudiado, la segunda hipótesis, también se confirmó, si se tiene en cuenta que el estudiantado demostró acceder a una mejor comprensión de conceptos, cuando se le contextualizó en el momento histórico del contenido en cuestión.

(Rodríguez, 2011), hace un análisis de los planes de estudio que se han implementado en España y Uruguay (países donde se contempla la astronomía

como asignatura), y presenta una propuesta para Colombia, la cual está estructurada desde acciones de pensamiento, relación con estándares, estrategias y recursos web. De acuerdo con esto, los documentos gravitan sobre la idea de que el Sol y la Luna, son los astros más importantes para los habitantes de la Tierra, razón por la cual, las herramientas diseñadas hacen énfasis en que los estudiantes deben conocer las principales características de estos cuerpos celestes. Adicionalmente, se han tenido en cuenta cosmogonías americanas como las de los pueblos mayas, aztecas, incas y muiscas.

Otro documento que hizo importantes contribuciones a este diseño, es el de Urbano y Rivas (2017), el cual fue construido desde la Enseñanza por Comprensión. En esta investigación como instrumento metodológico, se utilizó una matriz en la que sus ítems, a partir de interrogantes, ampliaron las capacidades de acción de los principios epistemológicos de Perkins (1999). Cabe señalar que este escenario sirvió para generar interacciones que articularon los citados principios con teorías de grano grueso y grano fino, conduciendo a la estructuración unas teorías de dominio específico, las cuales informaron las actividades del material de enseñanza sobre los estados de la materia. Como conclusiones de este trabajo, se afirma: a) hay grandes afinidades entre las teorías de la Enseñanza por Comprensión de Perkins (ibídem) y las teorías del diseño educativo; b) así mismo, las actividades diseñadas se construyen a partir de las teorías de dominio específico surgidas de la matriz de principios; c) este diseño de material de enseñanza, es potenciado por las tecnologías de naturaleza digital.

Capítulo 2

PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

2.1. JUSTIFICACIÓN

Esta sección tiene como propósito argumentar el por qué es importante llevar a cabo el estudio en cuestión. En este sentido, el escritor representa de forma jerárquica un conjunto de ideas principales expresadas de forma coherente con el fin de convencer al potencial lector de la importancia de realizar esta clase de estudios en el campo de la educación en ciencias o en matemáticas.

La astronomía es una de las gnoseologías más antiguas. En ese sentido, también se considera madre de muchas disciplinas. Por ejemplo, en el apoyo a otras ciencias, los cálculos astronómicos han estimulado el desarrollo de ramas de las matemáticas tales como la trigonometría, los logaritmos y el cálculo; genera curiosidad, estimula la imaginación y el sentido de exploración y descubrimiento; proporciona ejemplos de enfoques alternativos de métodos científicos, a través de la observación, la modelación y la simulación, enriqueciendo procedimientos de experimentación y enfoques teóricos. De la misma manera, en el salón de clase

puede ser usada para explicar muchos conceptos tales como la gravitación, la rotación de los planetas, las cónicas, la naturaleza de la luz, el espectro electromagnético (Percy, 1996).

Así mismo, en las ciencias sociales, la astronomía desde la idea de que su ejercicio requiere observaciones durante meses, años, décadas e incluso centurias, construye lazos entre diferentes generaciones y culturas en diferentes tiempos; además que ha promovido el pensamiento racional y la comprensión de la naturaleza de la ciencia a través de los diferentes momentos históricos de la humanidad. En cuanto a la estimulación del pensamiento espacial, abre la mente en el sentido de que conecta a los estudiantes con dimensiones gigantescas (infinitas) lo que implica estimular el pensamiento abstracto acerca de tamaños, distancias, tiempo y formas. Finalmente, es posible afirmar que la ciencia de los astros es un sujeto absolutamente interdisciplinario, con características integrativas, que produce conexiones transversalizantes, las cuales han contribuido a incrementar la cantidad y la calidad de importantes conceptos en la evolución de los currículos (ibidem).

De manera semejante (Zuluaga, 2016), se refiere a que, en todas las épocas “hemos estado mirando el cielo”: la curiosidad natural de parte de los alumnos de hoy acerca de la astrofísica, es la misma que ha hecho parte del deseo del ser humano de descubrir los secretos del firmamento desde milenios atrás. Cada vez que se hace un descubrimiento, se reinterpreta el mundo y se replantea el papel del ser humano en el Universo. La curiosidad por los astros es una disciplina que ha estado ligada a todas las culturas humanas desde el principio de los tiempos.

Además de eso, todas las especies de la Tierra, pertenecen al Universo; cada una de ellas, es polvo de estrellas, los elementos químicos de los que están hechos, son los mismos de los que está hecha la Tierra; es posible comprender el origen y la evolución del Sol y de los planetas, mediante el estudio del origen y evolución de los soles en otros lugares (Camino, 2011). La astronomía es una disciplina que

permite relacionarse con el cielo como individuos y como sociedades, y ayuda a resignificarse como seres cósmicos, dándonos un mensaje de unidad y de diversidad simultáneo: somos Kosmos.

Al mismo tiempo se reconoce, que el escenario de la enseñanza de conceptos básicos de la astronomía, no está exento de los defectos de su práctica. En efecto, los estudiosos de este campo coinciden en afirmar que uno de los grandes retos de este ejercicio, es el de disminuir la ausencia de coherencia curricular. Conviene mencionar que la palabra “coherencia” proviene del latín y significa conexión o relación entre una cosa y otra (RAE, 2019). En ese sentido (National Research Council, 1999), la define como: el grado de conexión y desarrollo de contenidos nucleares a través de las distintas unidades didácticas, y, por ende, de los textos y las clases realizadas a lo largo de los diferentes grados de escolaridad.

Haciendo referencia a este vacío, (Candela, 2016), en su libro “La Ciencia del Diseño Educativo” plantea que existe carencia de coherencia curricular en la mayoría de los textos usados en las aulas. Se refiere este autor, a que muchos de los diseños existentes no se construyeron desde la base de una amalgama entre el currículo prescrito, las teorías psicopedagógicas y la pedagogía general, con la literatura específica de la materia. Así pues, en estas condiciones, los materiales de enseñanza y, por ende, las clases basadas en estos, ofrecen débiles oportunidades para el desarrollo de la comprensión de los conceptos científicos, lo que ha impulsado a los estudiantes a acceder a prácticas memorísticas.

En esa misma dirección Sadler (1992), afirma: “las ideas fuertes en la ciencia son jerárquicas y se construyen una sobre otra” (p. 46). Esto significa que, los estudiantes que no recibieron unas buenas bases en los conceptos fundamentales, pueden tener dificultades en el enfrentamiento futuro con ideas subsiguientes de la ciencia, si se tiene en cuenta que han usado ambientes de aprendizaje que no están articulados con las teorías de diseño educativo. Así mismo es posible afirmar que los materiales imbuidos por la falta de coherencia curricular, repiten el modelo

de enseñanza fragmentada que desarticula la esencia de un contenido específico, característica que ha “arrinconado” los estudiantes en la memorización y ha estado presente durante siglos en la educación. Así pues, el aporte de la coherencia como hilo conductor de los esfuerzos del aprendiz en el aspecto de la profundización en un concepto, es capital.

Visto esto, de frente a los inconvenientes que presentan la falta de coherencia curricular y la consecuente fragmentación de saberes en el aprendizaje de la astronomía básica, se plantea la aplicación de los estudios de diseño, como propuesta solucionadora. En esa dirección, se pretende superar las citadas dificultades construyendo una amalgama entre la pedagogía general, las teorías del aprendizaje, estándares de competencias, derechos básicos de aprendizaje, metas por comprensión, acciones de pensamiento, desempeños por comprensión, evaluación formativa y los aportes de la educación en ciencias. En virtud de esto, se espera elaborar unas teorías de diseño específico que permitan la construcción de unas actividades con la misión de apoyar a los estudiantes de grado quinto, en su deseo de comprender los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares.

Cabe señalar que, este desarrollo permitirá a los aprendices desarrollar capacidades para la formulación de preguntas, la observación, la recolección de datos y, finalmente la interpretación de la información, con la consecuente capacidad para comunicar las comprensiones alcanzadas a través de la apropiación de sistemas de símbolos (Ruiz, Meneses y Maggio, 2014). En otras palabras, se espera estructurar mentes preparadas para la construcción de conocimiento desde la argumentación y el debate, escenario en el que la profundización en los conceptos es solo un medio para avanzar en la alfabetización científica de la sociedad de la información, no es el fin.

Finalmente, es necesario aclarar que, en vista de la complejidad del proceso: diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje, el presente

tratado solo toma en cuenta la primera parte. Esto significa que, las siguientes etapas se materializarán en estudios posgraduales posteriores.

2.2. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

El electrón es un modelo que nosotros utilizamos diariamente; tan útil resulta para comprender el comportamiento de la Naturaleza, que casi podríamos decir que es un objeto real.

Richard Phillips Feynman, premio Nóbel física, 1965.

En concordancia con las palabras de Feynman, y teniendo en cuenta la condición abstracta de la ciencia, es posible generar las siguientes preguntas: ¿cómo allanar el camino a la comprensión de la idea de átomo, si nadie lo ha visto?, ¿cómo explicar la idea de radio atómico, si es la medida de algo invisible?, ¿cómo enseñar el concepto de "masa atómica", si no se pueden poner los átomos en una balanza?, ¿cómo lograr el aprendizaje de las reacciones químicas, diciendo que se combinan dos o más elementos invisibles?

Es evidente que estamos hablando de un mundo artificial. La ciencia es un mundo artificial, el cual se ha estado gestando durante miles de años, y además está conformado por un acervo de ideas validadas por la comunidad científica internacional (MEN., 1999). Así mismo, la manera de construir estos conceptos, se ha apoyado en la disciplina, la observación, la experimentación y sobre todo el amor por esclarecer verdades (ibidem).

En ese marco, en su recorrido en la construcción del andamiaje de la cognición, hace 70.000 años, el Homo Sapiens desarrolló los primeros símbolos con un lenguaje incipiente, y hace cinco siglos comenzó a desarrollar la idea de ciencia, con Galileo Galilei (Harari, 2014). Desde que este astrónomo italiano hiciera sus primeros aportes a la construcción de un método científico, se concibió que todo lo que había que realizar para extraer los secretos de la Naturaleza, era hacer observaciones, recoger datos y de ellos surgiría necesariamente una verdad científica. De hecho, la historia misma se ha encargado de demostrar que esta

aseveración no es cierta, y que, además, es una concepción simplista del acceso al conocimiento.

A partir de los años sesenta del siglo pasado, los filósofos e historiadores de la ciencia empezaron a hacer aportes con nuevas concepciones epistemológicas cuyo común denominador consistía en que el conocimiento científico no se extraía de la realidad, sino que "procedía de la mente de los científicos que elaboraban teorías y modelos en un intento por explicar esa realidad" (Pozo y Gómez, 1998), además de que no existía un solo método científico, sino muchos (Feyerabend, 1971). En esa misma dirección, se aceptó también que los enunciados de la ciencia no son verdades absolutas, sino que son temporales, y responden a lo que se llamó "ciencia normal" (Kuhn, 1962), mientras los paradigmas aceptados por la comunidad científica no se falsearan como resultado del ataque de otros constructos mentales más vigorosos (Popper, 1959).

Dicho de otra manera, a partir de la relación biunívoca entre la realidad y las ideas del científico observador, se produce un diálogo que da origen a conceptos, construcción de modelos, ebullición de ideas verificables, las cuales son simultáneamente falibles, temporales y frágiles en el tiempo (Bunge, 1959), lo que conlleva a que lejos de descubrir el mundo, los científicos lo que hacen es modelarlo en un intento por entender sus misterios. Así mismo, la misión de esos conceptos o leyes, (los cuales tampoco pertenecen a la realidad), es hacer parte de las teorías construidas, de contribuir a soportar su estructura. En otras palabras, el ámbito al que se enfrentan en el aula profesores de ciencias y estudiantes, es el de un escenario que obliga a conectarse con el mundo mental, en tanto, universo abstracto, en el que en los intentos de allanar el camino hacia la comprensión de conceptos, el proceso se puede asimilar al aprendizaje de un nuevo lenguaje, lo que implica que hay necesidad de construir nuevos símbolos, con las consiguientes dificultades para los alumnos acostumbrados al ejercicio operacional concreto.

Si bien, en este momento histórico, la ciencia constituye uno de los pilares de nuestra cultura (Bunge, 1959), y que, en los últimos 100 años, se ha producido más conocimiento que en toda la historia de la humanidad, jamás la enseñanza de esta disciplina, había recibido tantos cuestionamientos como en los últimos treinta años (Carretero, 2002). De hecho, muchos centros de educación básica continúan inmersos en un modelo transmisionista, el cual constituye una barrera para la construcción de mentes críticas, al tiempo que no ha permitido que los aportes de la comunidad de educación en ciencias, permeen el sistema en aras de su mejoría (Tacca, 2011). Igualmente, el anhelo de la construcción de una sociedad del conocimiento, se ha quedado únicamente en esperanzas en algunos sectores del planeta, si tenemos en cuenta que "dar sentido al mundo que nos rodea", es solo un bonito proyecto de la alfabetización científica (Pozo y Gómez, 1998).

En la búsqueda de examinar estas dificultades, los estudiosos de la educación en ciencias, han formulado muchos interrogantes. En ese sentido, (Candela, 2017), recoge el espíritu de algunos de ellos, en las siguientes preguntas: ¿por qué a pesar de que los profesores hacen sus mejores esfuerzos, los aprendices no logran construir caminos de comprensión de los contenidos de las ciencias?, más aún: ¿por qué si este ha sido un problema consuetudinario, no se ha podido superar pese a los aportes de la comunidad de educación en ciencias?, redireccionando la reflexión hacia los elementos de que dispone el docente: ¿qué herramientas necesitan los profesores en formación y en ejercicio en la identificación y solución de los principales problemas en el aula?, por otro lado, intentando hacer uso del poder de las tecnologías, ¿qué aportes pueden hacer las TIC para potencializar posibles soluciones?, y finalmente, recogiendo lo que los niños traen de sus experiencias anteriores a la escuela: ¿cómo sacar el mejor partido de las concepciones alternativas con las que llegan los aprendices a las aulas?

En un intento por responder a los anteriores interrogantes, se han producido diversos constructos y perspectivas metodológicas. En ese sentido, se pueden citar: cambio conceptual, cognición situada, estudios de diseño, trabajos de

laboratorio, epistemología de la ciencia, comunidades de aprendizaje, historia de la ciencia, TIC, enseñanza- aprendizaje, currículo. Desde luego, cada uno de los investigadores sustenta su propuesta desde un determinado marco teórico, lo que significa que esta situación ha conducido a que se origine un escenario cuya principal característica es la heterogeneidad de las respuestas a dichas problemáticas educativas. Cabe anotar que, como consecuencia de esto, se ha producido un cúmulo de información que ha generado un proscenio en el que a los docentes no se les ha formado para que saquen provecho de las bondades de estas teorías y las aprovechen en el aula (Schmidt, Houang y Cogan, 2002).

Como consecuencia, muchas de las propuestas hechas durante más de cuarenta años, no han contribuido a salvar las barreras que han obstruido los intentos de avanzar en los caminos de la comprensión conceptual e integrativa de los fenómenos naturales, y, por lo tanto, hoy es posible decir que estas no han permeado la práctica de la enseñanza en el aula, y tampoco han contribuido a cambiar el pensamiento de los estudiantes (D. B. R. Collective, 2003; Candela, 2016). Al respecto, algunos pensadores creen que la falta de comprensión de los tópicos de la ciencia por parte de los estudiantes, es debida al divorcio existente entre los marcos teóricos de la investigación educativa y el diseño de materiales de enseñanza (Willey, s.f.). Conviene subrayar que se entiende por teorías educativas, al conocimiento que se produce generalmente en las universidades, con el propósito de presentar soluciones a los problemas de la educación, y a la práctica, como la actividad que se desarrolla “cuerpo a cuerpo” por parte de los profesores en las aulas de diferentes niveles: pre escolar, primaria, secundaria y terciaria. En consecuencia, desde allí surge la primera ruptura, porque la universidad y la escuela, trabajan en buena medida, de espaldas entre ellas (Álvarez, 2015). En ambas instituciones hay teorías y prácticas, pero el papel que les ha endilgado la sociedad es diferente, pues sus objetivos son distintos: producir conocimiento científico, por un lado, por parte de las universidades, y por el otro, planificar y ejecutar procesos educativos por parte de la escuela.

Una segunda ruptura existente entre la teoría y la práctica, es que el grueso de los profesores de pre escolar, primaria y secundaria, desconoce o no le interesa la investigación que hace la comunidad de educación en ciencias (Sacristán, 1991). Además, reforzando esa aseveración, los docentes universitarios construyen conocimiento con procedimientos que no siempre garantizan la aplicación de ese saber en la escuela (Rockwell, 2014), con el consiguiente desánimo de parte de los profesores encargados de poner en práctica dichas propuestas. Por último, otro aspecto notable, es que las facultades de educación investigan y generan conocimiento en un ámbito que no es precisamente lo que ellas hacen: enseñar a la infancia y a la adolescencia. En esa misma dirección, con algunas excepciones, a la escuela no le interesa mucho generar conocimiento sobre su quehacer.

Una tercera ruptura es la que se genera desde la base del sistema de creencias y valores de la sociedad: es el caso del encasillamiento en que se inserta al profesorado de cualquier nivel, desde su formación inicial. Conviene subrayar que, la orientación que se da desde un principio a los docentes de educación pre escolar y de primaria, es diferente a la que se les da a los de secundaria y de la universidad (Álvarez, 2015). A estos profesores de educación infantil y de primaria, suele vérselos como meros operarios de la acción educativa, reduciendo su labor únicamente a planificar y a enseñar, desconociendo su potencial como investigadores. Contrariamente, en el caso de los profesores del nivel secundario y terciario, desde las primeras fases de su formación, se le vincula al alumno con una investigación en su campo. Además, los investigadores publican sus escritos en revistas especializadas, de las cuales muchos maestros desconocen su existencia, o simplemente no les interesa leer.

De manera semejante, (Dewey, 1916), aboga por la integración de la teoría y la práctica. En su propuesta educativa, este pensador de la educación plantea que los niños deben ocuparse de actividades prácticas, y así mismo deben recurrir a elementos curriculares a partir de los problemas que puedan surgir de sus ocupaciones. Es importante hacer notar, que en la década de los años veinte del

siglo pasado, cuando aún no existían las grandes teorías propuestas en los últimos cuarenta años, el panorama era el mismo que el de hoy: “Parece que existe un abismo demasiado grande entre las teorías generales en que se formulan las ideas filosóficas y la práctica de la educación” (ibidem, pág.258).

Además de esas brechas existentes entre la teoría y la práctica, otro factor que incide en la falta de comprensión de los conceptos en la ciencia, es que en muchos trabajos no están presentes la coherencia inter curricular, ni la coherencia intra curricular. En esa dirección, es posible decir que la fuente de donde proviene la negación de este recurso integrador, es la estructura misma del aparato educativo (escuelas, colegios, universidades, Estado...), en el sentido de que estos entes, han nacido y crecido en un escenario donde el conocimiento está fragmentado. No existe una cultura de la unidad, del todo, de los sistemas en convivencia, donde cada parte es la que es, porque todas las partes existen simultáneamente (Badilla, 2009). Nuestro aprendizaje está segregado en materias conformadas por hechos desconectados, igualmente los diseños curriculares reproducen ese modelo de construcción, desde elementos dispersos, sin usar las grandes teorías generales y específicas de la educación.

Reforzando lo anterior, se destaca que los intentos por diseñar y desarrollar materiales curriculares, caracterizados por un alto nivel de coherencia, han sido pocos (Candela, 2016). En ese sentido, si bien, esta perspectiva de diseño no es una panacea, sí es posible decir que ella tiene mucho que aportar en la idea de contribuir a solucionar los interrogantes planteados por los miembros de la comunidad de educación en ciencias, expresados con anterioridad. Así mismo, su capacidad es tal, que puede orientar en los siguientes aspectos: a) la construcción de las metas de aprendizaje, b) en los estándares de contenido, c) en las prácticas científicas, d) en la evaluación, e) en el lenguaje, f) en el cuerpo total del documento (ibidem).

Como se afirmó arriba, “las ideas fuertes en ciencia son jerárquicas y se construyen una sobre otra” (Sadler, 1992), p.46. En otras palabras, la ubicación de los contenidos debe responder al postulado de que el sujeto internaliza las grandes ideas del conocimiento, de una manera progresiva y a un ritmo que le es propio, lo que implica construir la comprensión peldaño a peldaño, retomando el concepto una y otra vez cada que se cumple un ciclo, y profundizando en él paulatinamente. De modo que, cuando el alumno ha superado un escalón, ya está listo para enfrentar el segundo, y así sucesivamente. Como resultado de esta espiralidad, los postulados de la ciencia discurren circularmente, lo que implica que están atados a un centro magnético que no los deja escaparse, dibujando una trayectoria jerarquizada, la cual representa en sí misma, la coherencia intercurricular. Por consiguiente, los materiales de enseñanza que recojan las anteriores cualidades, permitirán al estudiante desempeñarse académicamente, con la capacidad de esclarecer relaciones que le aporten elementos para ejercer la observación, predicción y explicación de fenómenos naturales.

Si bien la capacidad interdisciplinaria de la astronomía le concede capacidades integradoras, lo que le permite amalgamarse con otras disciplinas científicas, también puede ser un inconveniente si las relaciones entre las unidades didácticas no son las pertinentes, con la consecuente ausencia de coherencia inter curricular (García y cols., 1997). Con relación a esta secuenciación coherente de contenidos, se indica que los conceptos deben ser enfrentados durante varios cursos, apoyándose en la metáfora de la “espiral”, lo que significa que en cada ciclo se vuelve a retomar el concepto, cada vez con más profundidad, privilegiando el acceso a la comprensión de este, afirmándolo a lo largo de varios grados de escolaridad, diferente al tratamiento que se le puede dar a datos que constituyen información pura.

Adicionalmente, hay otro tipo de coherencia que debe estar presente desde que se gestan las primeras células del embrión de un ambiente de aprendizaje: es la coherencia intra curricular. Cabe señalar, que este elemento del diseño, tiene la

misión de alinear estándares de competencias, derechos básicos de aprendizaje, metas de aprendizaje, actividades y evaluación formativa, desde el mismo momento en que se elige el tópico generativo (Candela, 2016), en otras palabras, los elementos al interior de la lección, están atados por relaciones de causa-efecto, lo que hace que hacia donde vaya uno de ellos, afectará o beneficiará a los otros y por lo tanto al sistema como unidad. Haciendo un símil con la biología, es posible decir que el material de enseñanza a diseñar, es un organismo formado por cinco sistemas, cada uno de los cuales corresponde a los ítems anteriormente citados. En efecto, en el caso de los seres vivos y sus estructuras, la principal característica que les concierne, es que cada una de sus células constitutivas, aunque pertenezcan a órganos distintos, y cumplan funciones diferentes, tienen la misma conformación y propiedades, lo cual intrínsecamente, garantiza la unicidad como ente vivo. El organismo del que aquí se habla metafóricamente, es una lección, o una unidad didáctica y las células, son las palabras y oraciones que encarnan el espíritu del concepto a comprender, las cuales, bien hilvanadas, constituyen la coherencia en el lenguaje, componente sumamente importante para garantizar la integralidad del material de enseñanza.

En este sentido, la coherencia intra curricular, comienza desde las dos o tres palabras que constituyen el tópico generativo y se va expandiendo, sin perder ninguna de las cualidades o fortalezas que la animan. De la misma manera, en esa ampliación de su campo de acción, ella ejerce la capacidad de permear cada uno de los cinco componentes del organismo, garantizando la integralidad de la lección que se está construyendo desde los principios del diseño educativo. Además, esta cohesión interna, es la simiente para que el sujeto pueda establecer relaciones entre las ideas científicas, desmenuzándolas, fusionándolas y organizándolas para construir discursos que contengan explicaciones válidas del fenómeno natural que se estudia en ese momento. Así pues, el diseño de un material de enseñanza que esté transversalizado por las coherencias inter curricular e intra curricular, permite decir que conduce al niño hacia formas de pensamiento cada vez más sofisticadas,

y de mayor profundidad (ibidem), en una ilación que genera un camino sin tropiezos, en el avance en el dominio de temas de la ciencia.

A manera de colofón, es necesario recalcar, que los dos tipos de coherencia, deben complementarse entre sí para producir un sistema superior de conexiones (ibidem). Ciertamente, esta simbiosis, crea un escenario armonioso para que se construya un ambiente de aprendizaje atractivo al interior de las lecciones, y entre ellas a lo largo de los diferentes grados de escolaridad. Además, esta posibilidad constituye un atrayente desafío para los profesores-diseñadores, misión que espera cumplir el presente trabajo, al enfrentar los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares.

Ahora bien, en algunos sectores de la enseñanza de la ciencia, es más fácil construir documentos con coherencia, que en otros. Por ejemplo, en el caso específico de la enseñanza de la astronomía en la escuela primaria, hay dificultades en cuanto al desarrollo del pensamiento espacial: para algunos niños es difícil entender que sus pies están apoyados en una esfera que está flotando en el espacio, y que el universo se expande infinitamente hacia arriba, hacia abajo, hacia la derecha y hacia la izquierda. Algo semejante ocurre con los movimientos de la Tierra: a pesar de que ella se mueve, el aprendiz tiene la sensación de quietud, porque todos nos movemos inercialmente con el planeta. Así mismo, por la condición de infinito que tiene el universo, en algunos casos los modelos concebidos para explicar fenómenos cósmicos, no tienen la capacidad de generar explicaciones categóricas, lo que implica que hay una incapacidad del lenguaje para explicar algunos fenómenos de los que no hay experimentos cruciales (García y cols. 1997).

Por otra parte, teniendo en cuenta que la interacción de los seres vivos de la Tierra, con el Sol y con la Luna, demarcan los principales procesos de su existencia, la enseñanza en primaria de aspectos básicos de la astronomía, cobra mucha importancia. Por ejemplo, los rayos solares constituyen la principal fuente de energía para la producción de alimentos, además, la medida del tiempo está

condicionada por el giro de la Tierra sobre su eje (duración del día); cada uno de los cuatro ciclos de la Luna (duración de la semana) y el giro del planeta alrededor del Sol (duración del año). Finalmente, esta ciencia contribuye a formar en el niño la conciencia de que él es un ser cósmico, en el sentido de que su patria no es Colombia, ni la Tierra, sino el universo.

En la búsqueda de la superación de las dificultades generadas por la ruptura entre la teoría y la práctica, y de la construcción de materiales de enseñanza con vacíos en cuanto a las coherencias inter e intra curricular, surge desde la interdisciplinariedad, la línea de indagación basada en el diseño. En efecto, esta es una metodología de investigación que ha emergido para generar simbiosis entre teorías educativas, teorías de aprendizaje, currículum estatal y la práctica (D. B. R. Collective, 2003). Así que, la propuesta gravita alrededor de esfuerzos mancomunados entre diferentes epistemologías, con el propósito de crear conocimiento utilizable y ponerlo a disposición de los educadores. Además, esta perspectiva tiene numerosas virtudes, entre las cuales se puede mencionar la capacidad de generar teorías de dominio específico, las mismas que informan el diseño del material de enseñanza a construir, con el fin de implementarlo en auténticos contextos de aprendizaje. Cabe anotar que, las teorías de diseño específico son un acervo de premisas teórico-metodológicas, es decir, teorías prácticas, las cuales por su origen (como se dijo anteriormente, surgen de la simbiosis entre la epistemología y la praxis), tienen la competencia de coadyuvar en el proceso de aprendizaje de determinado tópico, facilitando el acceso a la comprensión por parte de los estudiantes.

En la misma dirección, y ante la necesidad de diseñar un material de enseñanza con coherencia curricular sobre la astronomía en la escuela primaria, y con el propósito de disminuir la ruptura antes mencionada, también aparece la teoría instruccional para la enseñanza por comprensión, propuesta por los profesores Perkins y Unger. En efecto, esta potente iniciativa, además de privilegiar el ejercicio de la comprensión, estimula al estudiante a ejercer las cualidades superiores de la mente, vale decir: reflexionar, asociar, explicar, predecir, planear, entre otras (Flore

y Leymonié, 2007). Cabe resaltar que, la comprensión, constituye un nivel más alto que simplemente conocer un concepto. Eso significa, que hay que tener la capacidad de hablar de él, de ejemplificarlo, generalizarlo, aplicarlo en situaciones de la cotidianidad, presentar analogías, “voltarlo” para mostrarlo de maneras nuevas y con las propias palabras del estudiante (Blythe, 1999b). Por ejemplo, si un estudiante es capaz de resolver preguntas cuyas respuestas implican contestar con verdadero o falso, sobre las leyes de Newton, no estamos seguros de que haya comprendido. Por el contrario, si él puede hacerse preguntas sobre aspectos de la vida diaria, por ejemplo: ¿Por qué los ciclistas de mayor contextura física son mejores para “esprintar” al final de la competencia? Porque su inercia es mayor. O, además de eso, si el estudiante está en capacidad de establecer hipótesis, sobre algunas de las citadas leyes, por ejemplo: Un ser humano terrestre está en Júpiter, y necesita tomar su desayuno. ¿Para llevar la tasa de chocolate desde la mesa a su boca, tendrá que hacer un esfuerzo mayor que cuando está en la Tierra? Sí, porque tiene que vencer una gravedad mayor que la terrestre. En consecuencia, en la medida en que un estudiante se desempeñe dentro de una variedad de actividades inherentes al concepto estudiado, podremos decir que ha comprendido más profundamente. Así que, teniendo en cuenta sus inmensas cualidades, esta estrategia ha sido elegida para delinear el presente trabajo.

Los pilares epistemológicos de esta teoría instruccional, surgen de las siguientes preguntas: ¿Cómo deberían ser seleccionados los conceptos para apoyar a los estudiantes en el aprendizaje por comprensión? O, una vez hecha la selección, ¿qué vale la pena comprender? Y otra no menos importante: ¿cómo involucrar a los estudiantes para que sean seducidos por la comprensión? Y finalmente: ¿Cómo saben tanto alumnos como profesores que el proceso ha generado escenarios de comprensión? (Blythe, 1999). Como respuestas a estos interrogantes, emergen los cuatro pilares de esta metodología:

- Definición del tópico generativo.
- Definición de metas hasta donde se pretende que el niño comprenda.
- Definición de actividades que permitan evaluar el desempeño.

- Ejercicio de una evaluación formativa, corrigiendo; apoyándose en los errores cometidos como escalones para mejorar; volviendo sobre el tópico; construyéndolo de otra manera.

En consecuencia, un escenario pedagógico conformado por teorías de orden general del campo de educación en ciencias (currículo estatal, teorías del aprendizaje, pedagogía general), y por teorías de orden específico (coherencia curricular, diseño de materiales de enseñanza, metodología de la enseñanza por comprensión, enseñanza y aprendizaje de la astronomía), genera un ambiente propicio para que emerjan de su seno un conjunto de teorías de dominio específico, sobre los tópicos: día-noche, eclipses y fases lunares, las cuales informan el corpus del material de enseñanza previsto para construir en este trabajo. Es posible entonces, a partir de los anteriores presupuestos, plantear la siguiente pregunta de indagación:

¿Cómo diseñar un material de enseñanza desde las teorías instruccionales para la comprensión, con el fin de asistir a los estudiantes en el acceso al discernimiento de los fenómenos día-noche, eclipses y fases de la Luna?

Capítulo 3

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presenta un conjunto de teorías y postulados que, por afinidad han sido elegidos para conformar el marco teórico que soporta la presente investigación. Es preciso señalar, que estos mecanismos gnoseológicos, están dirigidos a orientar el diseño de un material de enseñanza por comprensión de tres tópicos de la astronomía básica: los fenómenos día-noche, los eclipses y las fases lunares. En ese sentido, cada constructo hace su aporte, nutriendo los pilares epistemológicos de las teorías de la enseñanza por comprensión (Perkins, 1999), generando un ambiente desde donde fluyen geometrías mentales, que han de formular un acervo de teorías de dominio específico las que, a su vez, informarán la construcción de un conjunto de actividades dirigidas a apoyar a los estudiantes en su intención de comprender los tres tópicos motivo de este trabajo.

Las construcciones epistemológicas utilizadas, corresponden en principio, a un orden general (teoría del diseño, teorías del aprendizaje, pedagogía general y teorías de la enseñanza por comprensión de Perkins), y, en segundo lugar, a un orden específico (coherencia inter e intra curricular, el currículum estatal, teorías

de dominio específico y el aporte de la literatura en ciencias, en este último caso, las letras pertenecientes a la astronomía). Hay que mencionar, que la disposición en que han sido enumeradas, es la misma en la que van a ser presentadas en el desarrollo de este capítulo, respondiendo a la idea de que los constructos de grano grueso, contienen a los de grano fino. De modo que, los citados mecanismos pedagógicos han sido elegidos, porque presentan la capacidad suficiente para suponer el alcance de la construcción de un material vigoroso, en el que el estudio de los tres citados contenidos, pueda hacer su aporte como elemento sensibilizador y estructurante de las mentes de los niños de Colombia.

3.1. El diseño educativo.

La investigación en diseño, emerge desde diferentes lugares y con distintos nombres. Cabe destacar, que los títulos: "investigación del diseño", "investigación basada en el diseño", "diseño de experimentos", "diseño de investigación educativa", "diseño de teorías" ..., parten de necesidades plurales, lo que acarrea que tengan a su vez, diversas características (Prediger, Confrey y Gravemeijer, 2017). En ese sentido, la riqueza gnoseológica que le proporciona el hecho de que haya tenido complejos orígenes, y que varios pensadores intentaran constructos parecidos simultáneamente, recogen la potencia que posee como herramienta con inmensa capacidad para aportar al acervo teórico construido por la comunidad de educación en ciencias, en aras de mejorar la práctica al interior de las aulas.

Surgido de la interdisciplinariedad, y haciendo conexiones desde el escenario de la educación empírica, la investigación basada en el diseño es una metodología que ha emergido para generar simbiosis entre teorías del campo de la educación en ciencias, con la práctica (D.B.R. Collective, 2003). Es preciso mencionar, que esta propuesta gravita alrededor de esfuerzos mancomunados entre diferentes epistemologías, con el propósito de crear conocimiento utilizable por parte de los educadores y ponerlo a disposición de ellos. En efecto, los medios tecnológicos

existentes actualmente, permiten que, una vez puesto el documento diseñado en los medios electrónicos, este pueda ser utilizado por distintos profesores en cualquier parte del mundo.

Ciertamente, el diseño educativo está catalogado como una metodología de investigación, que busca comprender y mejorar la realidad educativa, a través de su ubicación en contextos naturales, con toda la complejidad que esto implica. Hay que mencionar, además, que este constructo tiene la inmensa misión de producir teorías de dominio específico, los cuales constituyen un ingenioso mecanismo para generar materiales de enseñanza aplicables en nuevos ambientes de aprendizaje. Curiosamente, aunque este tipo de diseño siempre se ha asociado con Brown (1992) y Collins (1992), "es una construcción pedagógica, que ha informado teorías de instrucción por más de una centuria" (Cobb, Confrey, di Sessa, Lere y Schauble 2003, pág. 9).

Una investigación bien estructurada, que confluya en un diseño potente, contiene las siguientes cinco cualidades: a) deben construirse fuertes lazos de unión entre las teorías de aprendizaje o proto teorías y el entorno donde se va a desarrollar la nueva propuesta (D.B.R. Collective, 2003); b) es menester implementar el desarrollo a través del modelo de espiral, en el sentido de que se lleve a la práctica a través de ciclos en los que el diseño se escriba, se socialice, se analicen sus debilidades y fortalezas, y nuevamente se acceda a él, para implementar mejoras en una continua reinvencción (Cobb y Gravemeijer, 2008a); c) las teorías de dominio específico obtenidas, implican el compromiso de comunicarse y compartirse, beneficiando a usuarios y a otros diseñadores (Brophy, 2011); d) la pesquisa obligatoriamente contiene explicaciones acerca de ¿por qué hubo éxito o fracaso en la puesta en escena? (B.B.R. Collective, 2003); e) el material de enseñanza obtenido, es compatible con la utilización de plataformas electrónicas de fácil acceso, de tal manera que, cualquier persona en el mundo pueda hacer uso de ella (ibidem).

En resumen, esta mirada investigadora tiene como propósito estudiar el aprendizaje en un entorno real, y conducir a un conocimiento fundamentado en la sabiduría de lo empírico. En efecto, es muy útil a la hora de tomar decisiones curriculares dirigidas a mejorar la práctica educativa (Cobb y Gravemeijer, 2008a), congregando coherentemente una serie de actividades en torno a teorías de orden general y específico, provenientes del campo de la educación en ciencias. Adicionalmente, las simbiosis generadas en el ejercicio de los entrelazamientos entre las proto teorías, y el entorno donde se va a implementar el material de enseñanza, los cuales emergen de la sapiencia experiencial contenida en los diarios de campo del profesor, deben ser genuinos, honestos, ecológicamente válidos y aplicables.

Finalmente, es importante hablar de algunas debilidades de esta propuesta. Es preciso recalcar, que, en la puesta en escena del diseño, al enfrentarse a las circunstancias del mundo real, surgen problemas de coordinación en la recolección de datos, en la dificultad de análisis de la gigantesca información que es recogida y en la complejidad de las comparaciones. No obstante, las dificultades presentes, los profesores-diseñadores saben que la investigación en diseño, constituye un poderoso artefacto para mejorar los ambientes de aprendizaje y que la superación de esas dificultades inherentes, aparece como un importante desafío en aras de mejorar las condiciones al interior de las aulas.

3.2. Teorías del aprendizaje

Saber cómo funcionan los procesos por medio de los cuales el niño aprende, es sumamente importante para el ejercicio de escribir y diseñar materiales educativos. Conviene señalar, que el sector del conocimiento humano encargado de estudiar estos procesos, es la psicología educativa, unida a numerosas propuestas de otras disciplinas. A continuación, se presentan tres constructos educativos que han

contribuido a la construcción de este documento de enseñanza por comprensión, sobre los tres tópicos día-noche, Eclipses y fases lunares.

3.2.1. Las teorías de la cognición situada.

Surgido a finales del siglo XX, la cognición situada, es una metodología educativa que confronta al conocimiento tácito y el explícito, decantándose por este último, lo que significa que se le concede más importancia al saber que al conocer (Brown, Collins y Duguid, 1986). En ese sentido, al producirse el aprendizaje en un escenario ubicado en un contexto y en una cultura específica, el entendimiento de un fenómeno, deja de tener características puramente teóricas, para convertirse en conocimiento asociado con la praxis. Esta aseveración es muy importante, si se tiene en cuenta que, el proceso implica una relación directa con el hacer, y consecuentemente con el saber hacer. Como se sabe, algunos defensores del conocimiento abstracto, tomando en consideración las características de universalidad que este tiene, se refieren a sus grandes capacidades para el ejercicio de la transferibilidad a otros ámbitos disciplinares.

En esa dirección, la cognición situada también goza de estas capacidades, si se tiene en cuenta que esta está atada al contexto y a la cultura, y, en consecuencia, puede transferir un conocimiento más real y conectado con las tareas prácticas. Así que, ambos tipos de saberes pueden ser usados en otros campos de la actividad humana, teniendo en cuenta el origen común de todo tipo de gnoseologías y, en consecuencia, es posible afirmar que no existen jerarquías dentro del campo del ejercicio del razonamiento humano.

El conocimiento es una producción mancomunada entre la mente y el entorno que rodea al pensante (ibidem), al igual que cada célula del corazón, pertenece a él y simultáneamente cumple muchas funciones per se. En gracia de esto, es posible afirmar que el razonamiento individual, aunque es ejercido por un único sujeto, no

es posible separarlo del universo mental, emocional y físico en que este se desempeña. De igual manera, los conceptos de las ciencias a pesar de que son construcciones mentales, no tienen sentido si se les separa del entorno en que habita el científico, pues después de todo, lo que él intenta explicar, son fenómenos del mundo visible, y aunque enfrentara fenómenos del mundo invisible como lo hacen los psicólogos o los matemáticos, por ejemplo, la aplicación de esos razonamientos, se puede dar en ambos ámbitos.

En consecuencia, si no hay una separación entre el saber y su entorno, también se generan conexiones en el aspecto social. Por ejemplo, cuando se trabaja en equipo, se producen soluciones a problemas, las cuales constituyen saberes conjuntos, contruidos a partir de actividades interdisciplinarias integradas. Conviene señalar, que este razonamiento nos permite descubrir conexiones entre la cognición situada y la manera en que Vygotsky plantea el nacimiento del conocimiento. De hecho, la teoría histórico-cultural de este pensador ruso, considera el desempeño humano, como una interacción compleja entre los procesos naturales, el desarrollo biológico y el desarrollo contextual y cultural creado por la interacción de un individuo con otras personas.

Del mismo modo, la propuesta del conocimiento situado, implica acogerse a métodos de aprendizaje que armonicen la actividad, el contexto y la cultura (Brown y cols. 1986), construyendo una estructura geométrica que implica que esta tríada sea indisoluble. Esta formulación educativa, recuerda la propuesta de (Dewey, 1916), la cual ubica al niño en el centro del proceso y lo conecta con la experiencia. Ampliando la visión que este filósofo de la educación tenía, es posible afirmar que su planteamiento articula el conocer con la experticia (el contexto), y también con la democracia, el humanismo y el pragmatismo (la cultura), particularidad que pone este enfoque educativo, en una vinculación directa con la cognición situada.

3.2.2. Las teorías de Vygotsky.

"En los juegos de fantasía, un niño siempre está por encima de su edad promedio, por encima de su edad de comportamiento diario. Esta práctica tiene la virtud de potenciar las capacidades del infante, como "si fuera un cabeza más alto". El juego contiene todos los elementos de desarrollo del niño".

Pasaje de la intervención de Lev Vygotsky en el marco del congreso sobre el juego, realizada en el instituto pedagógico estatal "Herzen" de Leningrado, en 1933.

La biografía científica de Vygotsky cubre un corto lapso de diez años, de 1924 a 1934, década durante la cual produjo una serie de obras ahora consideradas definitivas en los campos que van desde la educación especial, hasta estudios de arte y psicolingüística (Bodrova y Leong, 2015). Cabe anotar, que este psiquiatra ruso, contribuyó a la construcción de objetos conceptuales como: la teoría histórico-cultural, la teoría de la actividad, el concepto de zona de desarrollo próximo y los estudios sobre los juegos de fantasía. Agregado a esto, todas estas investigaciones, aportaron numerosos elementos a la indagación sobre el desarrollo de las funciones superiores de la mente.

En esencia, la teoría histórico-cultural de Vygotsky, considera el desarrollo humano, como el resultado de la conjunción de interacciones entre los procesos naturales, el desarrollo biológicamente determinado y el proceso cultural surgido por la interrelación del individuo con otras personas (ibidem, 2015). El corolario de estas intercomunicaciones, más que la simple adquisición de valores y competencias promovidas por una cultura específica, significa que contiene todo el sistema de funciones mentales determinadas naturalmente (las llamadas "inferiores"). En ese sentido, aparecen los juegos de fantasía, sobre los que Vygotsky y sus colaboradores opinaban que, a partir de los procesos que generan estas prácticas, producen una re estructuración en la memoria, con la consecuencia de que el pensamiento sensorio-motor, origina escenarios de los que emergen las funciones mentales superiores.

Vygotsky definió las funciones mentales superiores, como un proceso gradual que involucra la transición "inter mental" o compartida con otros individuos, y la "intra

mental ", que se origina en el mundo interno del sujeto, desde la idea de que siempre en los procesos de intercomunicación, se produce primero una interacción social, y luego una psicológica (Patiño, 2007). En efecto, para los niños pequeños, la mayoría de las funciones mentales superiores todavía existen solo en su forma interindividual ya que comparten estas funciones con adultos o con otros niños, es decir, no se han individualizado. Así mismo, en este grupo de funciones superiores de la mente, en proceso de gestación en el niño, caben: la atención dirigida (superando la atención reactiva), la memoria deliberada (superando la memoria espontánea), además de la formación de conceptos y el desarrollo de la voluntad (accediendo al pensamiento lógico).

Con el propósito de ilustrar sobre la diferenciación entre las funciones inferiores de la mente, y las superiores, se presenta el siguiente cuadro comparativo

Tabla 3.1. Algunas funciones de la mente superior e inferior del ser humano

Funciones mentales inferiores (Las poseen únicamente los seres humanos y los animales superiores)	Funciones mentales superiores (Las poseen exclusivamente los seres humanos)
Sensación pura	Percepción mediada
Atención reactiva	Atención dirigida
Memoria espontánea	Memoria deliberada
Inteligencia sensorio-motora	Pensamiento lógico

Fuente: adaptación a partir de tabla construida por Elena Bodrova, 2012.

Para Vygotsky, la primera infancia es el período durante el cual, la estructuración de las funciones mentales inferiores atraviesa sus etapas iniciales en el niño. En esa dirección, por primera vez en su vida, empieza a utilizar herramientas culturales para transformar sus habilidades cognitivas, es decir, procesos tales como percepción, atención, memoria y pensamiento. Además, las capacidades socio-emocionales, se transforman de manera similar, permitiendo a los sujetos hacer una transición de ser "esclavos del medio ambiente", a convertirse paulatinamente en "dueños de su propio comportamiento".

Los juegos de fantasía, son definidos por Vygotsky, como exclusivamente aquellos en los que el niño crea una situación imaginaria, define unos roles, y derivadas de allí, surgen unas reglas que todos los participantes deben cumplir. Así mismo, como consecuencia, interactúa con personas, animales u objetos. Ciertamente, esta diferenciación es muy importante porque si bien, en otro tipo de juegos (como, por ejemplo, jugar fútbol), existe la interacción social, estos últimos no tienen todos los elementos necesarios para crear puentes entre las funciones inferiores de la mente, y las superiores. Conviene señalar, que cuando el niño "cabalga" sobre un palo, este útil, es el punto de apoyo con el que el "jinete" construye un puente mental, para concederle una condición real al caballo montado, a partir de otro caballo imaginado, lo cual, a su vez, constituye un momento crucial en su mundo interno, si se tiene en cuenta que la relación del sujeto con el mundo externo, se altera, y remueve sus estructuras psicológicas básicas (Montealegre, 2016).

Ahora bien, de todos los aportes que Vygotsky hizo a la psicología, que fueron muchos, la premisa de la zona de desarrollo próximo, entendida como la distancia que existe entre el nivel de desempeño independiente y el nivel de desempeño asistido, es probablemente el concepto vygotkiano más famoso. Sin embargo, las palabras de este pensador ruso, sobre el caso del niño apoyado por un adulto o un compañero con más conocimientos, se han tomado literalmente, limitando la aplicación de esta idea a situaciones de enseñanza o tutoría exclusivamente (Bodrova y Leong, 2015). Expandir su aplicación, a un escenario plural, en el que la asistencia se hace por un grupo de compañeros, no solo amplía las aplicaciones de la zona de desarrollo próximo, sino que invita a repensar el concepto para participar de las interacciones sociales, en las que, un colectivo, es "aquel referente más informado que el otro".

A través de una serie de experimentos, los investigadores posteriores a Vygotsky, han logrado demostrar, el papel crucial del juego en el desarrollo de las funciones de la mente superior. Del mismo modo, los planteamientos de estos, en el sentido de que la zona de desarrollo próximo, surge a partir de las prácticas de juegos

fantasiosos de los niños, han sentado las bases para gran parte del desarrollo de la psicología en Rusia. En esa dirección, son notables los experimentos de Maniulenko e Istomina (Maniulenko, 1975), quienes descubrieron la brecha entre el rendimiento cuando hay juego y el rendimiento sin juego, en el caso de chicos de cinco años.

3.2.3. Las teorías de Ausubel.

Ausubel publicó su libro: "Psicología del aprendizaje verbal significativo", en 1963, acuñando el término "aprendizaje significativo", con el propósito de contraponerse al modelo educativo reinante en la década de los años sesenta del siglo pasado, el cual era básicamente repetitivo y memorístico.

Aunque la teoría de los conocimientos previos, ya había sido explicitada muchos años atrás, fue Ausubel el primero en impulsar esta idea desde la concepción de que, el aprendizaje puede potenciarse apoyado en las conexiones que el estudiante trae desde antes. Es preciso mencionar, que uno de los propósitos de este psicólogo, era hacer contraposición al aprendizaje por descubrimiento de Jerome Bruner (Weibell, 2011), y al ambiente conductista, reinante en la época. Así que, en el nuevo escenario, el papel del profesor-facilitador, es el de escudriñar en los elementos básicos de una disciplina, para organizarlos y a partir de allí, construir una jerarquía de postulados desde donde debe empezar el proceso de comprensión.

Uno de los pilares de las teorías de Ausubel es: "el factor individual más importante que influye en el aprendizaje, es que el alumno ya sabe" (Ballester, 2014). Por lo tanto, el aprendizaje significativo, ocurre cuando los humanos relacionan nuevos conceptos con otros preexistentes. Del mismo modo, en los cambios producidos en nuestra estructura cognitiva, los postulados se modifican, y se crean nuevos enlaces. Cabe señalar, que esta es una herramienta muy útil, porque permite un

aprendizaje real, genera una mayor comprensión y a partir de las conexiones con otros conceptos, facilita las transferencias a otras situaciones.

Para que la significatividad se produzca, es necesario construir tres escenarios: a) organizar los conceptos a través de una jerarquía, ubicando los más generales en la parte superior, b) tomar en cuenta los conocimientos previos del estudiante para que él haga conexiones entre las ideas nuevas y las antiguas, c) motivar los alumnos para aprender (Novak, 1993). En ese sentido, "si se enseña de una manera conectada y relacionada, la mayoría de los niños, aprenderán correctamente". De lo contrario, si no hace presencia la coherencia, pueden surgir dificultades en el aprendizaje. Es preciso señalar, que la coherencia es un hilo conductor, que está presente siempre en la escritura de un texto, bien sea escrito o multimodal, hilvanando artesanalmente las oraciones, siendo estas a su vez, simientes de los párrafos. Como tal, esta cualidad de la escritura, permite al lector discurrir sin dificultad por el texto.

Como una ampliación de estas propuestas, Novak ha desarrollado una teoría de enseñanza que se basa en los principios de aprendizaje significativos de Ausubel. Es preciso señalar, que sus estudios logran explicar con precisión la construcción del conocimiento. Según ellos, somos realmente capaces de aprender, cuando existen vínculos entre los conceptos (Novak, 1993). En otras palabras, adquirimos conocimiento cuando relacionamos información relevante a nuestra estructura cognitiva de una manera conectada y coherente.

Los mapas conceptuales significativos son la herramienta más efectiva en el logro del aprendizaje a largo plazo. En ese sentido, se generan vinculaciones entre los postulados, de tal manera que exista coherencia entre ellos. Así que, los conceptos se representan de forma jerárquica, ubicando los generales en la parte superior del mapa y los conceptos más específicos, abajo (Novak y Gowin, 1984). Por lo tanto, es importante identificar cuáles son los conceptos básicos y establecer claramente la conexión entre ellos, con el propósito de acercarse a la comprensión.

Es imprescindible utilizar recursos educativos significativos, en la promoción del aprendizaje a largo plazo (Ballester, 2014). Esto implica que, los conceptos y postulados, tienen que estar conectados e integrados dentro de la unidad de aprendizaje, de tal manera que la coherencia interna, haga presencia. En ese marco, los materiales educativos, deben estar relacionados con la estructura conceptual de las tareas del aula.

La afortunada conjunción entre estos dos constructos, genera múltiples ventajas al aplicar el aprendizaje significativo y los mapas conceptuales en el aula. Seguidamente, se nombran algunas: a) se aclara visualmente la presentación de los conceptos y sus conexiones; a partir de esa luminosidad, b) los alumnos tienen claro que aprender, de una manera conectada y organizada; c) el rendimiento escolar, mejora; d) a la vez que beneficia a los alumnos, los profesores también se ven favorecidos, si se tiene en cuenta que, a partir de allí, definen que enseñar; e) se genera un ambiente de trabajo colaborativo, en el que se comparten significados; f) al percibir la información de una manera jerárquica y organizada, los caminos hacia la comprensión, son más fáciles; g) la coherencia está presente a través de los vínculos entre los conceptos clave; h) la significatividad lógica, está presente desde la conectividad de los postulados; i) se aliviana el trabajo de los profesores, pues ya no se enseñan conceptos irrelevantes; j) el ambiente de clase, es más agradable; k) a partir de que la motivación está presente, los alumnos participan más en clase; l) no es necesario repetir exámenes (Ballester, 2014).

La aplicación de la tríada: aprendizaje significativo, uso de mapas conceptuales y trabajo colaborativo, hace que los alumnos adopten un nuevo enfoque en las tareas escolares. En virtud de las cualidades de esta terna, se divierten mientras aprenden, están motivados, les gusta realizar su trabajo, entregan sus materiales y están satisfechos con su experiencia educativa. Complementariamente, la tarea de orientar el aprendizaje, es también notablemente diferente, puesto que los

maestros ahorran mucho esfuerzo al tomar esa nueva dirección, lo que les aleja de la frustración. Antes solían trabajar demasiado y no obtenían ningún resultado.

3.3. PEDAGOGÍA GENERAL

La organización y gestión de procesos pedagógicos en el aula, el logro de objetivos y la calidad de la educación, elementos que a través de conexiones sinérgicas constituyen la pedagogía general, implica garantizar las condiciones óptimas para el desarrollo de la actividad de los estudiantes (Delceva, 2014). En ese sentido, es necesario concederles a ellos, un lugar central dentro del escenario de la clase, y a partir de allí, ejercer el control, el análisis y la evaluación de objetivos, en aras de lograr una administración efectiva de los citados desarrollos, en otras palabras, debe aplicarse un modelo de educación, centrado en el alumno. Conviene señalar, que no se debe caer en el extremo de: "como él es el centro de la clase, hay que evitarle cualquier posibilidad de esfuerzo" (Torres, 2018). Él sí es el centro de la clase, lugar que debe merecer a través de la dedicación a la academia, aprovechando la oportunidad de negociar significados desde el ejercicio del social-constructivismo, y dando lo mejor de sí, en aras de la comprensión de los conceptos de la ciencia (Krista, 2018).

En la teoría de la organización de empresas, la gestión, se considera una de las principales funciones administrativas. Conviene destacar, que uno de los ideólogos de la estructura de la empresa, Henri Fayol, a principios del siglo XX, identificó las principales funciones de la gestión: a) planificación, b) organización, c) gestión, d) coordinación y e) control (Jaramillo, 2002).

La administración del proceso educativo desde una base científica, tiene sus propias características: por ejemplo, como se trata de un trabajo con seres humanos, es necesario ver la gestión del desarrollo pedagógico desde la integralidad; así mismo, este desarrollo educativo es un ente vivo, cuyas partes constituyen un sistema en el que cada subsistema es interdependiente y está

interconectado. En cuanto a la comprensión de los conceptos de la ciencia, los sujetos indican su crecimiento a través del aumento en el nivel de indicadores de asimilación; la solventación de las necesidades e intereses de los estudiantes y el desarrollo de sus habilidades, constituyen el primer objetivo de la educación. Adicionalmente la motivación del estudiante, está atada a un entorno creativo al interior del aula; y la epistemología del docente, es decir, su sistema de creencias, valores y conocimientos, se hace presente cada vez que él guía cualquier elemento del proceso de enseñanza-aprendizaje (Delceva, 2014).

En esa dirección (Candela, 2016), enumera los componentes de la pedagogía general, así: a) rutinas, b) técnicas, c) estrategias y, d) modelos de enseñanza. A continuación, se hace un recorrido por cada una de ellos, si se toma en consideración que, hacen parte de elementos importantes en el diseño de artefactos educativos.

3.3.1. Rutinas.

Este elemento de la cultura del aula, tiene la virtud de dinamizar el ambiente de la clase, lo que significa que el docente debe sacarle el mejor partido, en aras de construir escenarios sinérgicos entre él, los estudiantes y el conocimiento. Teniendo en cuenta su habitual presencia en el recinto de clases, y el acostumbramiento al que se pliegan docentes y estudiantes, muchas veces, estas rutinas pasan por invisibles, lo que puede conducir a la pérdida de calidad de estas. A continuación, se presentan algunas:

3.3.1.1. La rutina de pedir la palabra para intervenir.

Si todos en la clase, hablan al mismo tiempo, incurren en no escuchar al otro, cerrando el camino a la interacción como camino de crecimiento. En consecuencia, es necesario poner orden a la correlación generada por el deseo de expresar las ideas.

La clase es un ente vivo, en donde todas sus partes están articuladas y por lo tanto, generan interacciones. En ese proscenio, cada uno necesita expresar sus pensamientos, sentimientos y hacer su aporte a la construcción de conocimiento. En virtud de esto, el ambiente de conversación debe ser armonioso, e imbuido de respeto y consideración por las ideas que el otro expresa (Wells y Mejía, 2005).

El ritual de levantar la mano para expresar a sus congéneres el deseo de hacer uso de la palabra, tiene entre otras, las siguientes cualidades: a) se ejerce la escucha respetuosa, mientras otro compañero está hablando; b) se genera disciplina social, al respetar el turno c) en el ambiente silencioso reinante, es posible reflexionar sobre lo que está diciendo el hablante, y a la vez, se puede hilvanar lo que se va a decir, construyendo discursos coherentes; d) se fomenta la paciencia como valor constructivo de la espiritualidad de los alumnos; e) desde la escucha consciente, e inmerso en el pensamiento crítico, es posible construir mejores diálogos.

3.3.1.2. La rutina de disposición de las sillas en el recinto.

En el ejercicio de su desempeño profesional, todos los docentes saben que, en cada clase, existe un "ambiente de aula" característico, que es lo que hace que 7-4 sea diferente a 7-6. Conviene señalar, que el citado ambiente, está conformado por todos los elementos que interactúan en el espacio de la clase, entre los cuales, cobra especial importancia la disposición de las sillas en el área (Falout, 2014). Este autor presenta algunas posibilidades de esta distribución:

a) Distribución estilo auditorio: esta disposición de las sillas, condiciona a los estudiantes a replegarse en una actitud de escucha pasiva, en la que el profesor hace su discurso desde la condición de director de la clase a ultranza. Entre otras cosas, esta disposición le permite a él, mirar los rostros de todos los estudiantes en una posición dominante. No sobra decir que, cada estudiante cuando lo desee, puede hacer uso de la palabra levantando la mano.

b) Distribución estilo seminario: es el caso en que las sillas se ubican en forma circular, cuadrada o delineando una "U". Contrariamente a la distribución estilo auditorio, en este caso, todos los estudiantes se pueden ver unos a otros,

mirándose a los ojos, lo que implica una "confrontación argumental" de frente a los demás.

c) Estilo de grupos pequeños: La conformación de grupos menores a cinco personas, es especialmente favorable para aquellos alumnos que se sienten intimidados con el total de la clase y prefieren un ambiente más íntimo. Del mismo modo, el pequeño colectivo, a partir de una combinación de estudiantes adelantados con otros que no lo son, puede generar interacciones con las características de zona de desarrollo próximo propuesto por Vygotsky.

d) Estilo de ubicación cruzada: es el caso en que los niños comparten la mesa en grupos pequeños, con la variante de que ya no están enfrentados. A pesar de que contiene las mismas cualidades la anterior propuesta, se le anota como defecto, que también puede aislar los estudiantes del colectivo grande.

3.3.2. Técnicas.

Todas las actividades humanas usan técnicas, y la enseñanza no es la excepción. Haciendo un parangón, es posible afirmar que no hay acceso a la comprensión, sin pedagogía (Tardif, 2014). Las "maneras de hacer las cosas" surgen de la experiencia, la cual puede ser resultado de un pequeño período o incluso de años o décadas. Por ejemplo, el uso del ábaco para aprender las cuatro operaciones básicas en matemáticas, tiene unos procedimientos que han sido desarrollados durante milenios, y hoy todavía tiene vigencia en China y Japón. Tomando esto en consideración, es posible definir una técnica como un acervo de protocolos, que permiten desarrollar aspectos de una disciplina.

Haciendo referencia nuevamente a Tardif, este profesor canadiense, se refiere a la pedagogía como una tecnología que facilita los procesos de enseñanza-aprendizaje con seres humanos. Él afirma que, a diferencia de las fábricas, ámbito en el cual, los trabajadores hacen uso de sus habilidades para construir objetos, en las ciencias de la educación, se usan saberes dinámicos, flexibles, que obligan al docente a reinventarse constantemente, debido a que las técnicas se aplican a personas que tienen mundo físico, emocional, mental y espiritual, y por lo tanto, se genera una relación diferente, entre profesor-estudiante, obviamente en un plano más elevado. Agregado a esto, a los aprendices hay que motivarlos, alentarlos con

tecnologías a menudo invisibles como el afecto, o el reconocimiento, en aras de que, a través de símbolos, construyan sus esquemas mentales y, por ende, su modelo de visión del mundo. A continuación, se presentan algunas técnicas usadas en el aula:

3.3.2.1. La técnica de hacer preguntas.

Al hablar de este procedimiento hay que referirse necesariamente a la mayéutica, como método que intenta buscar una verdad, a través de la conducción de la interacción dialógica participativa en clase, por parte del profesor. En efecto, un docente al interior del aula, puede iniciar una espiral de conocimiento, sabiendo conducir correctamente una serie de preguntas concatenadas, en la búsqueda de que, en el ambiente del recinto, se construya la comprensión de un concepto (Candela, 2016). Existen las preguntas cerradas, las que implican respuestas cortas, y existen las preguntas abiertas, las mismas que pueden invitar a una discusión enriquecedora, con mayor profundidad y, con la participación de todos los estudiantes.

La técnica de hacer preguntas tiene un elemento concomitante, que se conoce con el nombre de "tiempo de espera". Ciertamente, cuando el profesor indaga sobre un tópico específico y un estudiante está respondiendo, se genera este lapso, en el que los demás aprendices tienen la oportunidad de reflexionar sobre el interrogante, lo cual les permite tomar la palabra posteriormente y presentar otra respuesta más elaborada que la anterior, con el consiguiente enriquecimiento de la conversación. En la misma dirección, el docente puede conducir la clase de la siguiente manera: María, ¿qué opinas tú de lo que dijo Juan?, o posteriormente invitar al uso de la palabra diciendo: ¿Alguien más quiere opinar sobre lo que han dicho María y Juan? Finalmente, el coordinador de la conversación, puede hacer un resumen de las opiniones esbozadas y cerrar la discusión, con un pequeño discurso dirigido a la comprensión del concepto que se está trabajando en ese momento.

3.3.2.2. La técnica de dar instrucciones.

Generalmente se dan cuando es necesario explicar protocolos de utilización de algún instrumento de laboratorio, aclarar aspectos de normativas de seguridad, o informar acerca de procedimientos de búsqueda de información en libros o en línea (Candela, 2016). Tomando esto en consideración, cuando el profesor da estas instrucciones, sus palabras deben ser claras, precisas y sin ambigüedades. Adicionalmente, es importante añadir al discurso oral, unas instrucciones impresas, o videos cortos, con el propósito de asegurar el éxito de la intervención.

3.3.2.3. La estrategia de predecir, observar, explicar.

Es una estrategia que consiste en lo siguiente: 1) al estudiante se le presenta un experimento, y él debe predecir que va a ocurrir, 2) debe practicar la observación, cuando el ensayo se realice, 3) debe registrar toda la información posible, con el propósito de tener suficientes elementos para poder proceder a conciliar lo predicho, con lo ocurrido en la realidad. Conviene tener presente, que esta metodología ha mostrado ser muy eficaz en la confrontación con las ideas alternativas \cite{A11Candelaboris}. En efecto, cuando el aprendiz intenta predecir, se genera un ambiente favorable para el cambio conceptual, si se tiene en cuenta que el observador hace indagaciones mentales que remueven esquemas pretéritos, en aras de acertar la predicción. Adicionalmente, entre las principales virtudes de esta metodología, está el descubrimiento de relaciones entre los componentes de la experiencia, proceso que es la base para el ejercicio de la conciliación final.

3.3.2.4. El modelo ciclo de aprendizaje.

Aunque fue publicado con solo tres principios por Karplus y Thier en 1967, a través del tiempo se han presentado numerosas variables que, aunque transforman la propuesta inicial, siempre conservan la idea genuina de la tríada: exploración, introducción, explicación. A continuación, se presentan algunas características de cada uno de los estadios: a) exploración: es un escenario en el que se pone a todos los estudiantes en igualdad de condiciones, frente al experimento, b) introducción: proporciona la oportunidad a los aprendices, de usar experiencias previas, en aras de relacionarlas con las exploraciones, generando un escenario de procesamiento

de la comprensión, c) aplicación: a través de tomar elementos de experiencias pasadas, el educando aplica y transfiere su conocimiento y habilidades en nuevos contextos (Hanuscin y Lee, 2008). Conviene tener presente que, a través de estas experiencias, el docente puede inducir un proceso metacognitivo a través de preguntas como: ¿cómo lo he aprendido?, o, ¿qué habilidades he mejorado a través de este experimento?

Sin embargo, al estar configurada básicamente por un conjunto de actividades de naturaleza práctica, se puede caer en el extremo de exagerar en la presentación de demasiadas experiencias de laboratorio. En ese sentido, la comunidad de educación en ciencias ha evidenciado que los aprendices no logran relacionarse profundamente con la comprensión conceptual e integrada de las ciencias, cuando el docente usa exclusivamente ejercicios experimentales como recursos de enseñanza (Candela, 2016). De esta manera, aunque aparentemente los educandos estén disfrutando de las actividades prácticas, si este proceso no está conectado con la coherencia curricular (la cual abraza los referentes estatales de calidad), podría negar la construcción de la comprensión colegiada.

3.4. TEORÍAS DE LA ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN DE PERKINS.

Privilegiar la comprensión, constituye el corazón de la propuesta de Perkins. En efecto, esta es una propuesta de corte constructivista, que supera el trasmisionismo y la memorización, además de cuestionar la postura del docente. Adicionalmente, y en concordancia con su nombre, ubica en primer lugar, los esfuerzos del estudiante por penetrar en el núcleo del concepto científico.

Si bien, apropiarse del significado de los conceptos es un anhelo de toda la comunidad de educación en ciencias, esta no es una tarea fácil. Ciertamente, los estudiosos del aprendizaje, han demostrado que "los estudiantes no recuerdan ni comprenden la mayoría de lo que se les enseña" (Stone, 1993). De igual manera,

en opinión de Dewey, y del mismo Perkins, los educandos deben aprender haciendo, si se quiere que ellos comprendan ideas complejas de la ciencia.

El mismo autor en su libro "El contenido, hacia una pedagogía de la comprensión", ilustra acerca de las dificultades que pueda presentar el entendimiento de un texto en un momento dado, y para ello, cita el siguiente cuento, el cual tiene origen sufí (Perkins, 1999).

"Un estudioso de la gramática cayó en un pozo, y a pesar de que hacía esfuerzos ingentes para escalar por las resbaladizas paredes, no lo lograba. Al rato apareció un sufí quien escuchó los gritos de auxilio del hombre. Utilizando un idioma coloquial, el místico le ofreció su generosa ayuda, en aras de sacarlo del pozo, a lo que el gramático le respondió diciendo: "Apreciaría mucho su ayuda. Además, le quiero decir que usted cometió un error al expresarse" (seguidamente, este procedió a explicar desde el fondo del pozo, el error cometido por el desprevenido ciudadano). Así que el asceta replicó: "Es verdad, admito. Será mejor que me vaya a casa a practicar". Y lo hizo, dejando al gramático en el fondo del pozo".

Este cuento, como todos los textos, anhela ser comprendido. Conviene tener presente que cuando alguien lo lee, debe tener la capacidad de descubrir que, por encima de la condición de sufí, o de la gramática o el academicismo, lo importante es elegir prioridades. Y la primera necesidad, cuando el entendimiento se hace presente en el mundo interno del lector, es que, sin dejarse influir por los otros distractores escritos, el gramático debe ser sacado del pozo. En particular, es muy común, que alguien pueda confundirse pensando que la corrección gramatical que hace el académico al místico, sea la idea principal dentro del párrafo de Perkins. Siendo la comprensión un elemento capital en el proceso de aprendizaje, esta le permite al estudiante construir pensamientos y llevar a cabo acciones inteligentes, cuya fuente son los contenidos disciplinares (Candela, 2016). En virtud de esto, en el ejercicio de la docencia, los profesores saben muy bien que con frecuencia algunos estudiantes, aunque hagan un esfuerzo, no logran comprender algunos conceptos básicos. En esa dirección, las investigaciones corroboran esta mirada, principalmente en matemáticas, en ciencias, o cuando se reduce una obra literaria a banalidades (Blythe, 1999^a).

Entonces surge la reflexión: Si esta teoría del aprendizaje se identifica con el constructivismo, entonces, ¿qué construye? Y, además, ¿qué aporta? La respuesta es: se construyen representaciones semióticas que paralelamente están atadas al desempeño (Perkins, 1999). En virtud de esto, el estudiante debe ser capaz de pensar con lo que sabe, de hablar de lo que ha interpretado y de escribir acerca de lo discernido, en un escenario mental en el que el ensamblaje de representaciones, entran y salen alimentando la retórica, la escritura y el pensamiento. Agregado a esto, está el componente implícito del disfrute que la comprensión de un concepto le prodiga.

Es preciso recalcar que el profesor Perkins, considera que la comprensión es un proceso que desarrolla el individuo por niveles de pensamiento, y en ese sentido, hace la siguiente clasificación:

Nivel ingenuo: se da de manera intuitiva, es decir, no hay profundos razonamientos sobre el caso que ocupa al estudiante. Las respuestas del niño al ser preguntado pueden ser: "porque sí", "así lo dijo la profe".

Nivel de principiante: en este nivel, los estudiantes hacen descripciones sencillas de fenómenos que se desarrollan a su alrededor. Se da el caso de repetición mecánica de razonamientos hechos por el maestro o aparecidos en los libros.

Nivel de aprendiz: el estudiante es capaz de relacionar conceptos con elementos de la vida cotidiana.

Nivel de maestría: en este nivel, el estudiante es creativo, crítico, interpreta conceptos y los asocia con aspectos de la cotidianidad.

A continuación, se presenta una tabla que muestra características generales de los cuatro niveles de comprensión. Cabe señalar que esta es una adaptación de un cuadro similar, construido por la profesora Lois Hetland, quien fue una de las colaboradoras del profesor Perkins:

Tabla 3.2. Características de los niveles de comprensión, según Hetland y colaboradores.

NIVEL INGENUO	NIVEL PRINCIPIANTE	NIVEL DE APRENDIZ	NIVEL DE MAESTRÍA
---------------	--------------------	-------------------	-------------------

<p>La intuición gobierna los procesos de acceso al conocimiento. El mundo se presenta ante el observador de una manera franca, la cual permite captar información sin atender a ningún tipo de análisis. Los alumnos no se hacen cuestionamientos sobre lo que se les enseña, y lo reciben de una manera natural. Tampoco inquieran sobre los propósitos del conocimiento, ni sus actuaciones son reflexivas sobre el uso de este.</p>	<p>El alumno empieza a descubrir relaciones sencillas entre ideas disciplinares. A partir de la ritualidad de la participación en clase y de los exámenes, se empiezan a delinear los desempeños. La construcción de conocimiento se produce a través de procesos de repetición y paso a paso, los cuales pretenden generar memorización. No se evidencian desarrollos propios para el ejercicio de validar el conocimiento. Este proceso depende más de referentes externos.</p>	<p>Los alumnos descubren la complejidad del proceso de construcción del conocimiento, reconociendo directrices de los expertos. Superada casi en su totalidad la intuición, los desempeños emanan del conocimiento disciplinario. Aparece cierta flexibilidad en el uso de conceptos científicos, lo que abre una puerta a la comprensión. Bien orientados, pueden encontrar conexiones entre la ciencia y la vida cotidiana.</p>	<p>Los alumnos se desempeñan con flexibilidad por entre corredores conceptuales, ejerciendo el pensamiento crítico y encontrando conexiones entre postulados cercanos. Demuestran capacidad de convalidación del conocimiento a través de las funciones superiores de la mente. Pueden cuestionar postulados y presentar propuestas desde su propia simbología y concepciones, comunicando su visión del mundo.</p>
--	---	---	---

Fuente: adaptación a partir de Hetland et al, 1999.

Por otro lado, independientemente de los niveles de apropiación de los conceptos propuestos por Perkins, existe la creencia en el ambiente académico, que la idea de comprensión está atada a la cantidad de saberes que se obtiene en el ejercicio del aprendizaje. Sin embargo, el conocimiento per se, no garantiza la comprensión de un contenido específico. Por ejemplo, es frecuente ver estudiantes que "resuelven derivadas" de manera irreflexiva, sin apropiarse del concepto de razón de cambio que constituye el espíritu de esta idea matemática, lo que implica, que no han desarrollado capacidad para desempeñarse con ella. En este caso es posible decir, que el aprendiz ha interiorizado que una variable crece o decrece con relación a otra, cuando es capaz de hablar de las que subyace en ella, además de aplicarla en algún problema específico de la vida diaria y de escribir el significado de la respuesta correcta, con sus propias palabras.

Obviamente, la importancia de adquirir información y de manejar habilidades básicas, no se soslaya. También son necesarias. En este constructo, comprender exige algo más: aunque en algunas disciplinas, en un principio es necesario memorizar alguna información, no es posible quedarse allí. Superado el umbral de la retención de algunos datos, el estudiante pasa al estadio de "pensar, hablar y hacer con el tópico", dicho de otra manera, lo desmenuza, penetra hasta su núcleo, lo explica con sus propias palabras, da ejemplos, establece analogías, lo ata con otros conceptos cercanos o lejanos, hace cuadros y mapas mentales, escribe pequeños ensayos, lo vuelve a presentar con nuevos rostros (Blythe, 1999).

3.5. DISEÑO DESDE LA ENSEÑANZA POR COMPRENSIÓN.

Como ya se dijo, la columna vertebral de las teorías del diseño formuladas por Perkins, es el privilegio de la comprensión. Es decir, si los aprendices, se comprometen con el desempeño por comprensión, se habrán conectado con la esencia de esta propuesta.

Sin embargo, si se hace un análisis de algunos libros de literatura en ciencias, se evidencia que los principios que iluminan esta perspectiva constructivista, están ausentes (Candela, 2016), o son demasiado escasos. En ese marco, se genera un vacío en la búsqueda de que el diseño tenga la capacidad de motivar al estudiante a desempeñarse desde la comprensión, vale decir, que sea capaz de pensar, de hablar y de escribir desde el concepto comprendido (Perkins, 1999).

En ese sentido, los profesores Perkins y Unger, generaron interrogantes como: ¿Cómo deberían ser seleccionados los conceptos para apoyar a los estudiantes

en el aprendizaje por comprensión? O, una vez hecha la selección, ¿qué parte vale la pena comprender? Y otra no menos importante: ¿cómo involucrar al estudiante para que sea seducido por la comprensión?

Los pilares epistemológicos de la enseñanza por comprensión, surgen de las siguientes cuatro preguntas, las cuales fueron construidas por Perkins y su equipo de colaboradores, a finales del siglo pasado:

Tabla 3.3. Los cuatro pilares epistemológicos de la enseñanza por comprensión de Perkins

Pregunta trascendente	Respuesta
¿Qué se debe enseñar?	Hay que definir un tópico con capacidad generativa
De esos tópicos generativos, ¿qué vale la pena comprender y qué no?	Hay que definir unas competencias a desarrollar
¿Cómo enseñar privilegiando la comprensión?	Hay que construir unas actividades que permitan evaluar los niveles de comprensión.
¿Cómo pueden los estudiantes y los maestros, saber que están logrando la comprensión y, además, ¿Cómo pueden obtener una comprensión más profunda?	Hay que monitorear si el estudiante es capaz de pensar en el tópico, hablar desde el tópico, escribir sobre el tópico, desmenuzarlo y volverlo a construir, asociarlo con otras ideas, penetrar en sus causas primeras.

Fuente: elaboración propia.

Las cuatro preguntas y las cuatro respuestas, están atadas al hilo conductor, que es una pregunta con capacidad abarcadora, y a su vez, es una de las fuentes de los objetivos generales y los objetivos específicos.

Cabe señalar, que, en el ejercicio del acceso a la comprensión, el niño empieza por escalones de la mente inferior, los cuales necesariamente deben desembocar en escenarios de la mente superior. Flore y Leymonié (2007), lo explican así:

EXPLICAR: Desarrollar la idea a partir de lo comprendido: "Dilo con tus propias palabras".

En este contexto enseñar a comprender ha adquirido gran relevancia. Asumimos que una persona comprende cuando es capaz de pensar y actuar a partir de lo que sabe. El concepto de "desempeño de comprensión" aportado por el marco

pedagógico denominado Enseñanza para la Comprensión, implica actividades que van más allá de los ejercicios rutinarios de la memorización.

EJEMPLIFICAR: Reconocer y mencionar conceptos o situaciones similares: "Dame algún ejemplo"

APLICAR: Usar el concepto estudiado para explicar otra situación: {"¿Cómo explicarías que ...?"

JUSTIFICAR: Encontrar pruebas o evidencias: "¿Y por qué crees que eso es así?"
"¿En qué basas tu opinión?" "Fundaméntalo, argumentalo..."

COMPARAR: Relacionar con otros conceptos o situaciones: "Traza una línea con la que relaciones dos elementos..."

GENERALIZAR: Buscar rasgos o características que también aparezcan en otras disciplinas: "¿hay algún concepto o tema en las otras asignaturas que te parezca relacionado? Piensa en ... ¿te parece que hay alguna relación con lo que acabamos de estudiar?"

3.6 COHERENCIA CURRICULAR.

La palabra currículum proviene de: cursus y currere, voces latinas que pueden leerse como el recorrido que hace el estudiante a lo largo de los contenidos de un curso. Como tal, tiene que ser una selección con las suficientes virtudes para ser enseñable y aprehensible, cualidades de las que se desprende la condición de coherente. Históricamente en la Edad Media, el trivium: retórica, gramática y dialéctica, y el quatrivium: astronomía, geometría, aritmética y música, constituyeron una de las primeras ordenaciones del saber en las universidades europeas, y demarcaron directrices durante siglos (De la Iglesia, s. f.), con todas

las implicaciones epistémicas, sociales, religiosas, económicas y políticas de aquel contexto histórico.

Así mismo, la coherencia curricular es el grado de conexión al interior de los contenidos nucleares, e igualmente lo es, para las unidades didácticas a lo largo de los diferentes grados de escolaridad (National Research Council, 1999). Así mismo, el currículum es un ente abierto, maleable, que tiene aspiraciones, intereses, ideales y formas, y, por lo tanto, es susceptible de ser interpretado o traducido por el profesor cuando hace el ejercicio de “bajarlo a la clase” (Gimeno, 1999). En virtud de esto, en aras de perfeccionar ese hilo invisible que ata inteligentemente palabras, oraciones y párrafos, este constructo anhela tener la estructura de una obra musical, en la que coexisten la partitura (el libro que lee el director de una orquesta sinfónica), y las particellas (las partes menores, que contiene las notas de cada uno de los músicos). En esta metáfora, la partitura es el currículum completo, y las particellas son los diferentes contenidos pedagógicos de la asignatura específica.

Es de anotar que la partitura general, contiene todos los sonidos, del total de los instrumentos que el compositor ha dispuesto para construir la obra, la misma que es un diseño gigantesco de coherencia, en la que miles de notas perfectamente afinadas, fluyen llenando el espacio del recinto donde la orquesta toca para los escuchantes. En otras palabras, con las características de una obra musical, la coherencia tiene la capacidad de conectar armónicamente los contenidos dentro de las unidades didácticas, y estas, por los diferentes grados de escolaridad. En vista de esto, desde la ilación, es posible construir currículos armoniosos en las que sus partes estén amalgamadas, en aras de alentar el desarrollo de la comprensión integrada y conceptual de la ciencia por parte del niño.

En la búsqueda de entregar herramientas al estudiante para que construya caminos de comprensión, la coherencia tiene una importancia capital (Candela, 2016). De la misma manera, se estima que los textos de enseñanza que tienen esta

característica, presentan una gran oportunidad para adentrarse en el núcleo de los conceptos científicos. En ese sentido, los ambientes de aprendizaje inmersos en diferentes tipos de conexiones entre líneas, párrafos, lecciones, unidades didácticas, a lo largo del recorrido por los diferentes grados de escolaridad, contribuyen a que el estudiante supere problemas de aprendizaje.

Específicamente, en el diseño de ambientes de aprendizaje de un tópico particular de la ciencia, el profesor-diseñador debe observar especialmente la secuenciación de los conceptos que configuran las grandes ideas de la disciplina en cuestión, dentro y a través de los grados (Schmidt y cols., 2002), de tal manera que se produzca una secuenciación diáfana y escalonada. En gracia de esto, la alineación con las competencias a desarrollar, la conexión con los estándares prescritos por el Estado y el desarrollo de acciones de pensamiento precisas, son pilares de un buen artefacto. Del mismo modo, los grandes beneficiados con estos adelantos, serán los estudiantes, quienes podrán transitar de manera apropiada por el corredor conceptual de la asignatura, desarrollando un mayor compromiso con el estudio.

En gracia de las inmensas cualidades de la coherencia curricular, y su suficiencia en aglutinar las ideas que el diseñador pretende colocar en el escrito, es necesario tenerla en cuenta en todas las partes de este. Conviene mencionar, que esta puede hacer aportes significativos en: a) la construcción de las competencias a desarrollar, b) el diseño de actividades, c) ligando y ordenando los núcleos conceptuales y sus elementos circundantes, d) conectando las lecciones dentro de las unidades didácticas, e) acoplando los componentes del plan de integración de coherencia curricular, f) ensamblando la evaluación formativa con los desempeños por comprensión (Candela, 2016). Del mismo modo, es transversal a la totalidad del material de enseñanza, si se tiene en cuenta que aporta a construcción de la estructura cuidadosa de cada línea, y al lenguaje pulcro y metódico del cuerpo total del documento.

Retomando la definición presentada en las primeras líneas de este texto, por parte del National Research Council, se puede inferir que existen dos formas de escribir estructuras conectadas: a) la coherencia intra curricular (grado de conexión al interior de los contenidos nucleares, y b) coherencia intercurricular (grado de conexión entre las unidades didácticas a través de los diferentes grados de escolaridad). Es preciso mencionar, que, si bien, en ambos casos el triunfo de los lazos de unión entre los elementos del material de enseñanza, se da cuando el lector encuentra el significado global del texto, en el caso de la primera, los núcleos conceptuales al interior de la lección, deben estar ligados por relaciones semánticas de causa-efecto, lo que significa que se generan fuertes ligaduras entre ellos, y cualquier evento que ocurra al interior de la unidad, afectará a todos sus componentes, bien sea fortaleciendo las relaciones entre las oraciones, o debilitándolas. Del mismo modo, en la construcción artesanal de las conexiones inter curriculares, los conceptos de la ciencia deben ser estudiados a manera de espiral, es decir, en cada ciclo se retoma este, profundizando cada vez más, con la consecuente afirmación del conocimiento en su camino por los diferentes grados de enseñanza.

En resumen, la configuración de los textos, al interior de la cual subyacen los dos tipos de coherencia, debe apropiarse de la semántica como elemento estructurante. En este sentido, conviene señalar que el significado de las palabras es componente intrínseco de ellas, las cuales deben trabajar mancomunadamente para dar unicidad al texto. De la misma manera, los dos tipos de ligazón, son complementarios y cuando se juntan, generan conexiones superiores (Candela, 2016), lo que significa que el lector encuentra el camino allanado para apropiarse del significado global del texto, por lo tanto, en ese momento la coherencia habrá cumplido su misión.

3.7. TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO.

Si bien, la intención de las teorías del diseño, es crear e investigar nuevas formas de instrucción (Prediger cols., 2007), específicamente, los hallazgos obtenidos a través de este ejercicio, contribuyen a entender las relaciones entre las teorías del aprendizaje, los productos curriculares y la práctica (D.B.R. Collective, 2003). En particular, los lazos de unión entre este constructo investigativo y las teorías de dominio específico, son muy grandes. En efecto, (Cobb y Gravemeijer, 2008b), hacen una exposición sobre las cualidades generales de la investigación en diseño, y distinguen cinco características de las citadas teorías: a) permite la intervención; b) presta atención a la generación de teorías de dominio específico de la disciplina en cuestión; c) da espacio a la reflexión y al redireccionamiento de acciones; d) atiende la iteratividad; y, e) debe ser ecológicamente válido y orientado a la práctica.

Las teorías de dominio específico constituyen un acervo de directrices teóricas y prácticas, que tienen el propósito de alentar a los estudiantes a convertirse en protagonistas de la comprensión de un contenido educativo. Para ello, pone en un crisol los elementos estructurantes del tópico, las competencias a alcanzar, los aprendizajes con sus respectivas evidencias, las dificultades y las limitaciones, las preconcepciones de los niños, y la evaluación formativa del tópico, entre otras (Prediger y cols., 2007). En el caso particular del presente trabajo, se han amalgamado las teorías del diseño educativo, el aporte de la psicología, la pedagogía general, la enseñanza por comprensión de Perkins, la coherencia curricular y los aportes de la literatura en astronomía, para construir unas ideas inéditas sobre una manera de enseñar los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares, dirigidos a beneficiar a niños de grado quinto. Agregado a esto, este conocimiento se pone en la red, lo que significa que puede ser utilizado por cualquier persona en el mundo.

En esa dirección, el arquetipo de teorías prácticas resultante, magnifica su importancia, si se toma en consideración que puede alentar a otros investigadores y profesores del mundo, a adaptar los materiales resultantes en el contexto de su

institución. En efecto, es posible a partir de las características de cada institución educativa, implementar las teorías de dominio específico obtenidas, sin que se pierdan las características nucleares del diseño primario (D.B.R. Collective, 2003).

En este trabajo se ha utilizado dentro de la metodología, la construcción de una matriz llamada "instrumento metodológico para la comprensión", en la que interactúan sinérgicamente cuatro elementos de la enseñanza por comprensión de Perkins (más el contexto) y las siete herramientas componentes de teorías generales y específicas en cuestión. (Véanse los resultados de la investigación). Cabe mencionar que, a través de una serie de preguntas, las cuales han sido diseñadas con anterioridad, se construyen las sinergias de las cuales brotan los elementos de una prosa coherente sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares. Esto significa que, a partir de la amalgama lograda, se pueden construir los materiales que serán los instrumentos para que el niño acceda a la comprensión de los tres citados tópicos.

3.8. APORTES DE LA LITERATURA DE EDUCACIÓN EN CIENCIAS.

3.8.1. Dificultades e ideas alternativas acerca de los tópicos: Día-noche, eclipses y fases lunares.

De acuerdo con la literatura consultada, las principales concepciones alternativas que se presentan con respecto a fenómenos de interacción de los astros del sistema Sol-Tierra-Luna (eclipses, día-noche, fases lunares), son: a) se presenta dificultad en el aprendizaje debido a que los conceptos son muy abstractos (Solbes y Palomar Fons, 2011); b) uno de los problemas más importantes con los que se ha encontrado la psicología evolutiva, ha sido el modo de objetivar la representación que tienen los sujetos acerca de la conceptualización del espacio. Por ejemplo, en la representación de la bóveda celeste a través de un planisferio, este ejercicio implica la transformación de lo que significa poner en un plano un

objeto tridimensional, lo que supone operaciones propias de un tipo de pensamiento abstracto (García y cols., 1997), en ese sentido, si un niño ha tenido dificultades en el desarrollo de estas destrezas, difícilmente podrá acceder a la abstracción de algunos conceptos astronómicos; c) también aparecen como dificultades las concepciones alternativas que, sobre el desarrollo de las relaciones espaciales básicas, tiene el niño, a saber: topológicas, proyectivas y euclidianas (ibidem,1997), constituyéndose esta dificultad en un reto para el docente experimentado; d) a pesar de que la astronomía suscita un inmenso interés para todas las personas, (es la rama de la ciencia con más aficionados no profesionales), ante la débil presencia de los contenidos astronómicos en el currículo, los estudiantes se ven privados del aporte que esta ciencia puede hacer en la construcción del sentido de pertenencia a un sistema perfecto e infinito; lo que implica una ausencia de horizonte en cuanto a la idea de ¿de dónde venimos? ¿hacia dónde vamos? ¿a qué pertenecemos?, ¿cómo empezó el Universo?, ¿cómo se originó la vida?, ¿de dónde proviene el sistema solar?, ¿de dónde provienen los elementos químicos?, las cuales son preguntas que han acompañado a la humanidad durante milenios. (Solbes y Palomar Fons, 2011).

Así mismo, entre los investigadores de la educación en ciencias, existe un apasionado debate sobre por qué el índice del fracaso del aprendizaje significativo en las ciencias tiene un alto valor. Seguramente que la respuesta está en un conjunto de causas que tienen un denominador común: a) el saber que los alumnos traen (ideas previas); b) lo que los alumnos saben independientemente de lo que la escuela les enseñe. (estrategias de razonamiento);

c) lo que los alumnos creen (concepciones epistemológicas); y,

d) lo que los alumnos creen que saben (Campanario y Otero, 2000), elementos que constituyen una plataforma para iniciar el aprendizaje, a partir de que el educador los descubra.

Otras concepciones alternativas de los alumnos, las cuales influyen en la enseñanza del sistema solar y fenómenos inherentes, son: a) el Sol no se mueve,

está quieto; b) la Luna no gira sobre sí misma, por eso, siempre le vemos la misma cara; c) las fases de la Luna son productos de eclipses en los que la Tierra oculta la luz del Sol sobre este satélite; d) al girar la Tierra, se ve al Sol de día y a la Tierra de noche; e) la Tierra está ubicada entre la Luna y el Sol, siendo ellos los que giran, y por eso se ve el Sol de día y la Luna de noche; f) la noche se produce porque la Luna tapa al Sol, y por eso, ella aparece y el Sol desaparece; g) los demás planetas no tienen día y noche; h) el planeta más caliente es Mercurio, porque está más cerca del Sol; i) la Tierra gira alrededor de su eje, sin darle la vuelta al Sol (Solbes y palomar, 2015).

3.9. MODELOS GEOCÉNTRICO Y HELIOCÉNTRICO.

Desde que el ser humano apareció sobre la Tierra, se sintió conectado con el cielo (Esteban, 2009). En virtud de esto, durante miles de años de observación del firmamento, se fue generando un acervo de conocimientos sobre los movimientos cíclicos que presentaban los astros, circunstancia que permitió proponer modelos acerca del funcionamiento del Universo.

Así pues, desde miles de años atrás, los babilonios, egipcios, árabes, mayas, chinos y griegos, empezaron a depositar información acerca del Sol, la Luna, los eclipses, y los planetas conocidos hasta entonces, en papiros, pergaminos y tablillas, (Jeffery, 1996). Cabe señalar que, a estas recopilaciones acerca de las trayectorias de los cuerpos celestes, se les llamó "tablas astronómicas" (Fernández, 2005), y fueron construidas para facilitar el trabajo de los astrónomos en su deseo de determinar las posiciones de los astros en un momento dado (véase figura 3.1.).

Fuente: Fernández, L. (2005), Universidad Complutense de Madrid.

Figura 3. 1. Facsímil de una página de las "Tablas Alfonsinas", en las que fueron consignadas diferentes ubicaciones de los astros en el cielo, por parte de los astrónomos de Alfonso X, "el sabio", rey de Castilla y León (siglo XIII).

The image shows a facsimile of a page from the Alfonsine Tables, a medieval astronomical table. The page is filled with dense text in Latin and Arabic numerals, organized into columns and rows. The text includes names of celestial bodies and their positions. The layout is characteristic of a tabular astronomical table from that era.

3.9.1. El modelo geocéntrico.

Es una teoría que intentó explicar el movimiento de los cuerpos celestes, desde la idea de que la Tierra era el centro del Universo (Jeffery, 1996). En efecto, fue formulada por Aristóteles -siglo IV a. C.-, refrendada por Ptolomeo -siglo II d. C.-, y a partir de su aceptación por parte de la iglesia católica -siglo XII d. C.-, fue un dogma que dominó hasta el Renacimiento. Las ideas principales de este modelo son: a) el centro de la Tierra coincide con el centro del universo (López, Armijos, Arias, Vera, 2018), b) la Tierra se encuentra inmóvil y todos los demás objetos celestes giran a su alrededor (ibidem), c) los cuerpos celestes describen circunferencias alrededor de la Tierra (Baume, 2014). Al respecto, véanse las figuras 3.2. y 3.3.

Figura 3-2. El sistema del mundo de Aristóteles. Nótese el orden propuesto para los "siete planetas antiguos": Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter, Saturno.



Fuente:
historia y
Toro y Llaca,

Astronomía,
calendario. De
(1999).

Conviene señalar que, Ptolomeo compiló la gran mayoría del saber astronómico de la antigüedad, en una obra prolífica denominada "Matematike Syntaxis" (Fernández, 2005), la cual fue traducida al árabe con el rótulo de "Almagesto", título con el que se popularizó durante siglos. En el texto, el orden en que los cuerpos celestes giraban alrededor de la Tierra, era: Luna, Mercurio, Venus, Sol, Marte, Saturno y Júpiter. (ibidem). Hasta aquí se habían concebido siete esferas, dando paso a una octava llamada "la de las estrellas fijas". Adicionalmente, Ptolomeo concibió otra esfera final, la cual llamó "la casa de Dios", desde la cual fluía la energía para impulsar el movimiento de los cuerpos celestes.

Figura 3.3. El sistema del mundo desde la visión de Ptolomeo



Fuente:
y calendario. De
(1999).

Astronomía, historia
Toro y Llaca,

3.9.2. El modelo heliocéntrico.

En 1473, año en el que nació Nicolás Copérnico en Polonia, el panorama científico era el de una armonía perfecta entre la simpleza del modelo de Aristóteles y la sofisticación de la propuesta de Ptolomeo (Guevara, 2009). Con el remezón renovador del Renacimiento, empezaron a surgir en el continente europeo algunas ideas que se alejaban de los esquemas de los citados eruditos griegos, pensamiento que había dominado el panorama científico durante muchos siglos (De Toro y Llaca, 1999). El clérigo polaco fue uno de los primeros en abandonar la idea del geocentrismo, para abrazar el heliocentrismo -basado en la visión de Aristarco de Samos-, propuesta que rápidamente se extendió entre el mundo académico de la época, apoyada por la aparición de la imprenta que ya había sido inventada por Gutenberg en 1450.

En 1531, Copérnico – quien en ese entonces tenía 58 años-, terminó de escribir *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (véase figura 3.4), libro en el que presenta un estudio sobre las divergencias de las tablas construidas por Alfonso X, en el cual hace notar que las últimas observaciones de las posiciones de la Luna y los planetas no coincidían con la información de estas tabulaciones. En virtud de este aporte, paulatinamente el mundo académico fue adoptando la idea heliocéntrica

como nueva visión del mundo (Guevara, 2009), la misma que más tarde sería apoyada por Galileo y Giordano Bruno, y refrendada posteriormente por las leyes keplerianas publicadas en 1619 y la Ley de la Gravitación universal presentada por Newton en 1687

Figura 3.4. Facsímil de una página del libro "De Revolutionibus Orbium Coelestium", edición de 1543.



Fuente: Universidad de Lieja.

La propuesta de Copérnico removió el mundo académico-religioso del siglo XVI, si se tiene en cuenta que la Tierra dejaba de ser el centro del Universo. Al respecto Thomas Kuhn escribe: "La revolución copernicana fue un remezón en el campo de las ideas, una transformación radical del concepto del Universo que se tenía hasta entonces, lo que implicaba muchos cambios de la sociedad en su relación con el Cosmos" (1985, p. 23). Esta concepción tiene como principales postulados: a) es el Sol y no la Tierra, el astro que se encuentra en el centro del Universo (Baume, 2014), b) la Tierra es una esfera que gira alrededor de su eje (ibidem), c) la Tierra, al igual que los demás planetas giran alrededor del Sol (ibidem).

Al igual que todas las propuestas, esta debió ponerse a consideración de la comunidad académica, desde la idea de que la ciencia es un ejercicio constante de refutación (Popper, 1959). En ese sentido, aunque este modelo era más simple que

el de Ptolomeo, aún presentaba inconsistencias, si se toma en cuenta que las posiciones de las estrellas debían explicarse ahora a partir de una Tierra móvil (Baume, 2014). Finalmente, la consolidación de la propuesta heliocéntrica surgió desde los descubrimientos de los cuatro satélites galileanos, a saber: Ío, Ganímedes, Calisto y Europa, de los que Galileo pudo comprobar que giraban alrededor de Júpiter, corroborando por primera vez que no todas las esferas celestes rotaban alrededor de la Tierra (ibidem). Al respecto, véase la figura 3.5.

Figura 2Figura 3.5. Facsímil de anotaciones sobre las distintas ubicaciones de cuatro de las lunas de Júpiter.

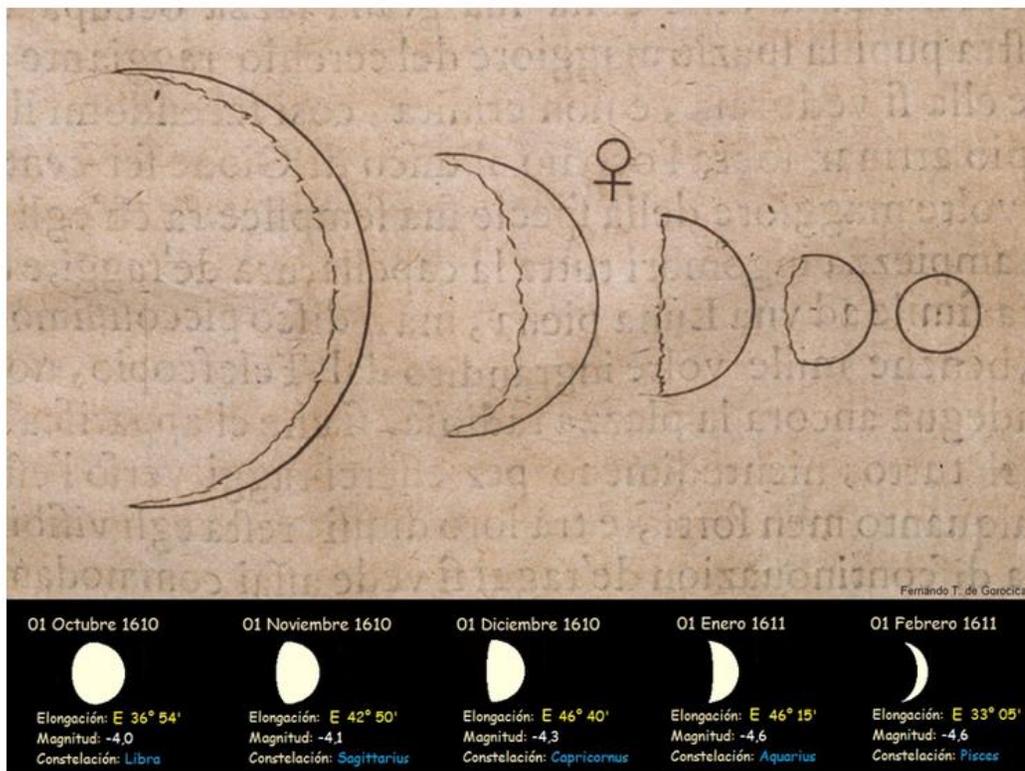
Observations Jovialis
(1610)

2. p. Jovis mar. H. 12	○ **
30. mar. 12	** ○ *
2. Apr.	○ ** *
3. mar.	○ * *
3. Ho. 5.	* ○ *
7. mar.	* ○ **
6. mar.	** ○ *
8. mar. H. 13.	* * * ○
10. mar.	* * * ○ *
11.	* * ○ *
12. H. 4. veg.	* ○ *
17. mar.	* * ○ *
14. Apr.	* * * ○ *

Fuente: 2009, año internacional de la astronomía. Mariano Rivas, 2012.

Otro de los grandes descubrimientos de este científico italiano fue el de las fases del planeta Venus -el cual presenta sectores iluminados y no iluminados al igual que la Luna-, avance que sirvió como prueba de que este planeta gira alrededor del Sol (véase figura 3.6.).

Figura 3.6. Se muestra un dibujo de las fases del planeta Venus, observadas por primera vez por Galileo Galilei en el año 1610.



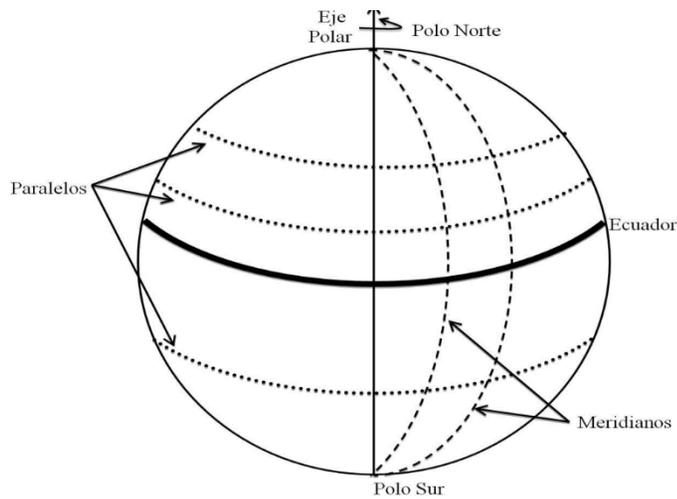
Fuente: Museo Virtual de la Ciencia, Ministerio de Ciencia e Innovación. Gobierno de España.

3.10. COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

Son constructos imaginarios cuya misión es orientar a las personas en el planeta Tierra. A nivel de quinto de primaria, interesan:

- Eje polar: es una línea recta irreal, alrededor del cual gira la Tierra (Mendoza, 2010). En consecuencia, esta construcción geométrica, une los polos del planeta (véase figura 3.7.).

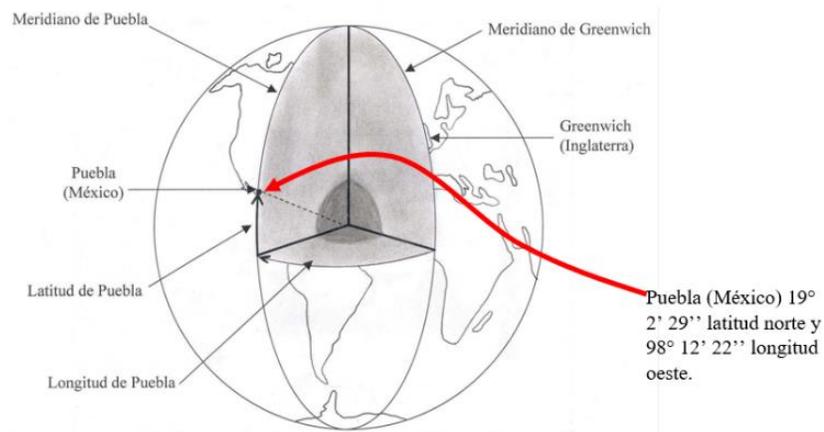
Figura 3.7. La línea gruesa es la circunferencia del ecuador. Obsérvese que los paralelos cortarían el planeta, formando "casquetes esféricos" y a su vez, los meridianos cortarían la Tierra formando "cuñas esféricas".



Fuente: Astronomía y Astrofísica. J. Eduardo Mendoza Torres (2010).

b) Ecuador terrestre: es una circunferencia imaginaria cuyo plano es perpendicular al eje de rotación de la Tierra (Mendoza, 2010). Del mismo modo, se habla del plano ecuatorial como una extensión en todas direcciones de la citada circunferencia (véase figura 3.8.).

Figura 3.8. Imagen que muestra como la longitud terrestre y la latitud geográfica son ángulos que se miden respectivamente con respecto a Greenwich y al ecuador terrestre. Para ilustrar el caso, se han tomado las coordenadas de Puebla (México)



Fuente: Astronomía y Astrofísica. J. Eduardo Mendoza Torres (2010).

3.11. CONCEPTUALIZACIÓN DE LA ESFERA CELESTE.

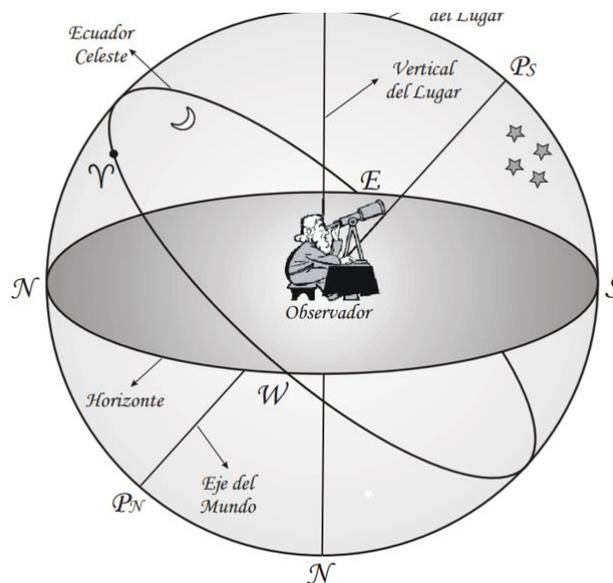
El cielo es una idea que se observa, un concepto virtuoso que se construye con la mirada.

Horacio Tignanelli en "Observatorios a ojo desnudo", (2007).

Cuando una persona mira el firmamento, tiene la idea de que está ubicada en el centro de una esfera hueca, de la que se observa desde su interior, el cascarón externo. A este globo ficticio, se le ha llamado "esfera celeste" la cual es una bóveda imaginaria cuyo centro es el observador (Tignanelli, 2007). En ese sentido, si el que mira el cielo está en la Tierra, podrá percibir algunos cuerpos cercanos (el Sol, la Luna, los planetas) y algunos objetos lejanos (estrellas, cometas, galaxias, grupos de galaxias). De modo que, este ente falaz es esencialmente un mapa esférico que ha servido de base para diseñar sistemas de coordenadas que permitan ubicar los objetos celestes (véase figura 3.9.)

Figura 3.9. Imagen de un observador levantando los ojos a la esfera celeste imaginaria

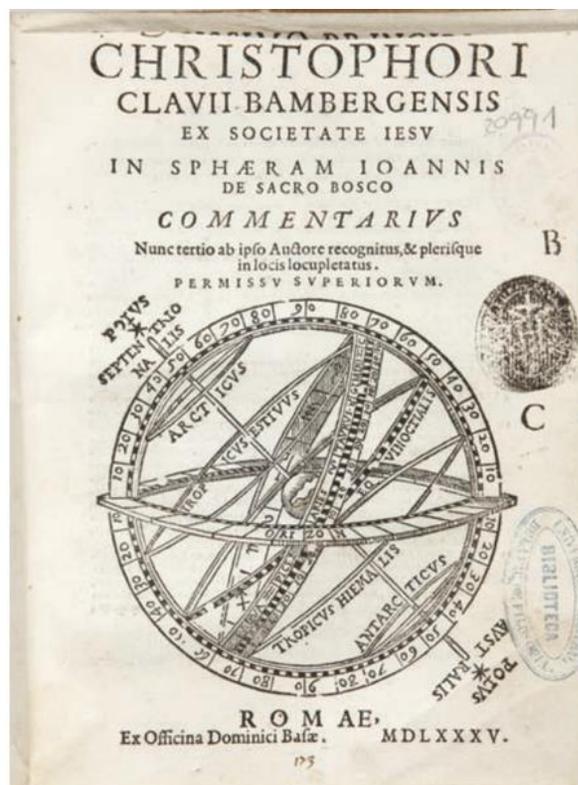
Figura 3.9. Imagen de un observador levantando los ojos a la esfera celeste imaginaria



Fuente: La esfera celeste. Baume, 2014. Universidad de La Plata.

Así como aparentemente todos los cuerpos celestes "se mueven alrededor de la Tierra", de la misma manera pareciera que las estrellas "están pegadas en el cielo" (Fierro, 2017^a). De allí nació la idea de una bóveda que daba vueltas alrededor de la Tierra y sobre la cual, estaban "adheridos todos los astros". Desde este punto de vista, diferentes culturas dividieron el cielo en constelaciones (por ejemplo, los chinos, los egipcios y los griegos). Conviene aclarar que, desde el siglo XX, se acepta parcelar el cielo en 88 grupos de estos. En esa misma dirección, la esfera armilar, es un artefacto que intentó materializar un modelo geocéntrico del universo y se usó durante la antigüedad y la edad media como un modelo del cosmos. Así pues, desde esta concepción de que "todo giraba alrededor de la Tierra", constituye una idea cercana a la de la esfera celeste (véase figura 3.10.).

Figura 3.10. Imagen de la esfera armilar, como portada del libro "Comentarios sobre la esfera celeste", del clérigo alemán Christophorus Clavius, publicado en 1585

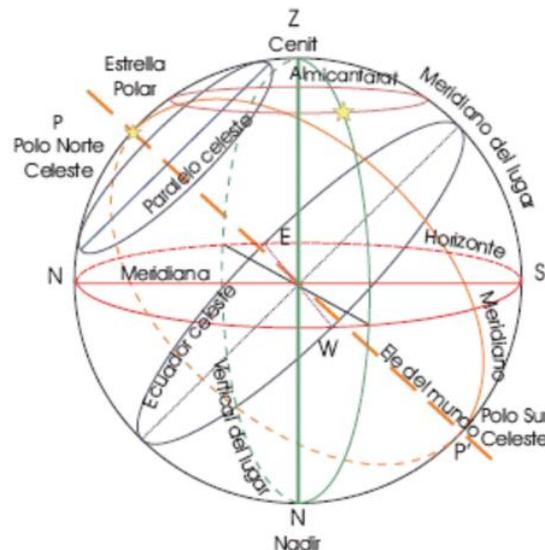


Fuente: Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid.

Los principales elementos de la bóveda celeste son: el polo norte y el polo sur celestes; el cenit y el nadir; el horizonte; el ecuador celeste.

- a) El polo norte y el polo sur celestes: El eje de la Tierra se prolonga imaginariamente hasta intersectar a la esfera celeste. A estos puntos de intersección, se les llama polo norte y polo sur celestes respectivamente (Baume, 2014). Conviene anotar que, el polo norte celeste está muy cerca de la estrella polar, la cual está ubicada en la constelación de Osa Mayor (véase figura 3.11.).
- b) Cenit y nadir: son dos puntos irreales que surgen por la ubicación de la plomada en la superficie de la Tierra. Hacia arriba de la cabeza de la persona es el zenit y hacia abajo es el nadir (Diccionario astronómico, 2007). Si se traza una línea que pasa por los pies del observador y por el centro de la Tierra, al punto donde esta corta la esfera celeste, se le denomina nadir (véase figura 3.11.).
- c) Ecuador celeste: Es un círculo formado por el plano del ecuador terrestre y la esfera celeste, cuando el primero se expande en todas las direcciones (Mendoza, 2010). (véase figura 3.11.).

Figura 3.11. Imagen que muestra los polos norte y sur celestes; el zenit y el nadir; además del ecuador celeste



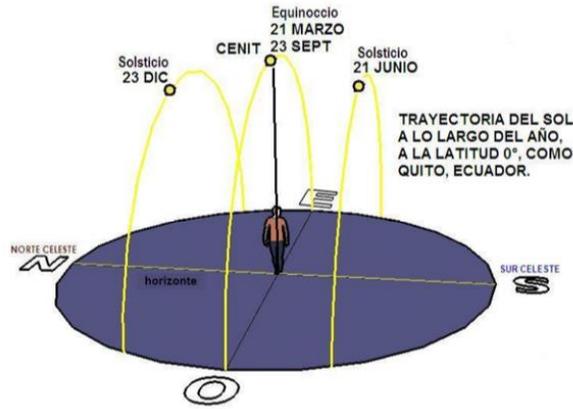
3.12. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DÍA-NOCHE.

Que el entorno de una persona ubicada en el planeta Tierra esté iluminado u oscuro, son fenómenos que están atados necesariamente a la presencia o ausencia del Sol (Fancello, 2011). Así que, cuando esta estrella brilla en el cielo, se dice que es de día y cuando no lo hace, es de noche (Smale, 2001). La alternancia entre la luz y la oscuridad, se debe a que el globo terráqueo, gira sobre un eje imaginario que atraviesa los polos, dando la impresión de que "todo el firmamento gira a su alrededor". Esto significa que el Sol ilumina el planeta y en virtud de esto, siempre una mitad de este último, estará iluminada durante unas horas y la otra mitad permanecerá a oscuras, en una sucesión constante que se ha estado cumpliendo durante millones de años.

Conviene mencionar que, la Tierra tiene su eje inclinado aproximadamente 23,5 grados (Doyle, 2020). Este fenómeno tiene muchas implicaciones, entre otras, que la "curvatura aparente que hace el Sol" no sea siempre la misma y que dependa de la ubicación geográfica del observador, concretamente si este está en el hemisferio norte o el hemisferio sur. Con el ánimo de ampliar esta idea, se presentan seguidamente imágenes acerca de cómo sería la trayectoria del Sol, dependiendo de la ubicación del observador en diferentes puntos de la Tierra.

A continuación, se presenta una imagen en la que se muestra la trayectoria del Sol vista por un observador ubicado en la latitud 0 grados (en el Ecuador).

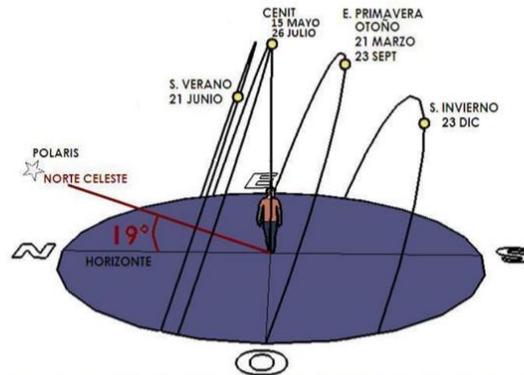
Figura 3.12. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 0 grados de latitud (en el ecuador terrestre).



Fuente: Fierro, 2017b.

A continuación, se presenta la trayectoria del Sol para un observador que se encuentra ubicado en ciudad de México, cuya latitud es 19,5 grados norte:

Figura 3.13. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 19.5 grados latitud norte,



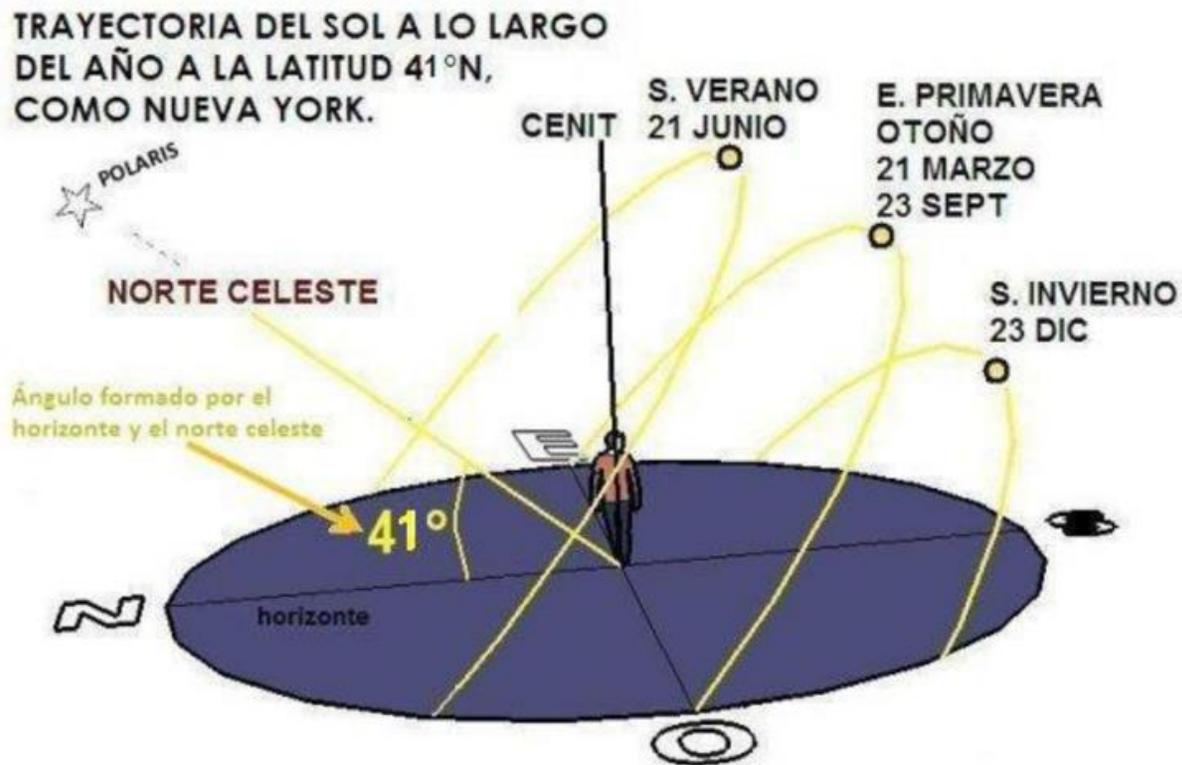
Fuente: Fierro, 2017b.

Obsérvese como a pesar de que el Sol sale exactamente por el oriente en el equinoccio de primavera (21 de marzo) y el equinoccio de otoño (23 de septiembre), su trayectoria se inclina con respecto al cenit. En el mismo sentido,

hace trayectorias paralelas en el solsticio de verano (21 de junio) y el solsticio de invierno (23 de diciembre).

A continuación, se presenta la trayectoria del Sol para un observador que se encuentra ubicado más al norte, es decir, en la ciudad de New York, cuya latitud es 41 grados norte:

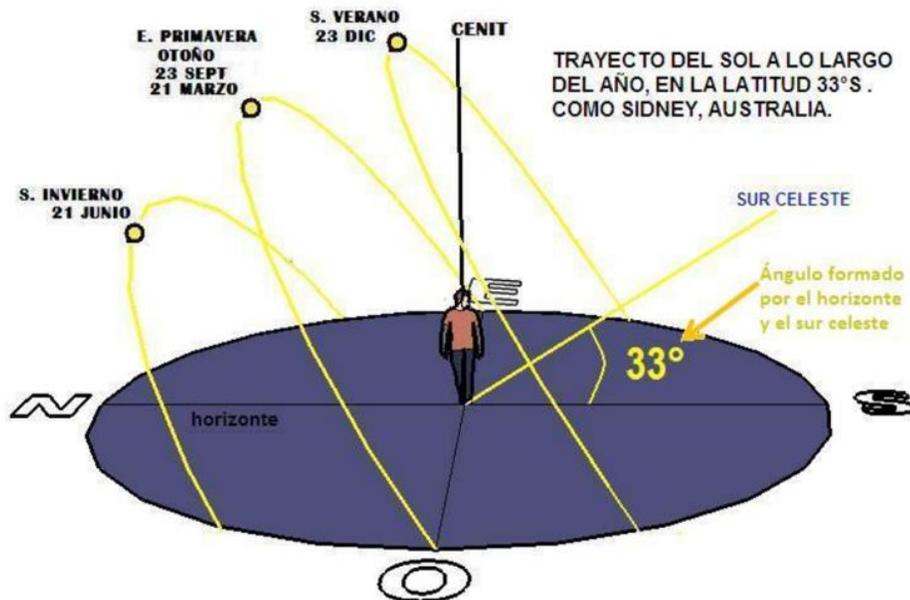
Figura 3.14. Trayectoria del Sol vista por un observador ubicado a 41 grados latitud



Fuente: Fierro, 2017b

A continuación, se presenta la trayectoria del Sol para un observador que se encuentra ubicado al sur, concretamente en Sidney (Australia), cuya latitud es 33 grados sur:

Figura 3. 15. Trayectoria del Sol para un observador que se encuentra ubicado en Sidney Australia (33 grados sur).



Fuente: Fierro, 2017b.

Así pues, el citado movimiento de rotación de la Tierra sobre su eje imaginario, hace que un punto específico de un meridiano del planeta, vuelva a pasar frente a una estrella ubicada en el infinito, cada 23 horas, 56 minutos \cite{A112ofancello}. A este período se le llama "día sidéreo" o sideral. De la misma manera, simultáneamente y debido a la traslación, la Tierra ha recorrido un tramo de su elíptica alrededor del Sol. En consecuencia, la conjunción entre los dos desplazamientos, implica que para que el citado punto ubicado sobre el meridiano vuelva a su posición inicial, deberá girar un poquito más, período al que se le llama "día solar". Así pues, el día solar es más largo que el día sidéreo, vale decir, 4 minutos.

3.13. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DE LOS ECLIPSES.

*...la Luna abandonó su rumbo y el sol
en seguida veló su rayo amenazador,
para no dar más luz.*

Descripción que hace Aristófanes en su comedia "Las Nubes" (419 a. C.), acerca del eclipse de Sol ocurrido dos años antes (421 a. C.).

En general, un eclipse es el ocultamiento de la luz de una estrella por parte de un planeta o una Luna (Mendoza, 2010). En el caso del sistema Sol-Tierra-Luna, se producen dos interferencias de este tipo: a) eclipse solar, y b) eclipse lunar.

3.13.1. Conceptualización del fenómeno del eclipse de Sol

En general, es el caso en que la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra, produciendo en esta última una "noche momentánea" (Mendoza, 2010). En efecto, para que este fenómeno se produzca, se debe causar un alineamiento Sol-Luna-Tierra, es decir, es decir, novilunio o luna llena. En esa dirección, se podría asegurar: "cada mes entonces, debe darse el fenómeno del eclipse solar, dos veces". Pues no es así. Debido a que el plano de la órbita lunar está inclinado 5 grados y 9 minutos con respecto a la eclíptica, unas veces el primero se sitúa por encima y otras veces por debajo de esta última.

A continuación, se presenta una fotografía real del eclipse de Sol, ocurrido el 21 de agosto de 2017, tomada desde una estación espacial de la NASA.

Figura 3.16. Fotografía del eclipse total de Sol ocurrido e21 de agosto de 2017, tomado desde una estación espacial de la NASA

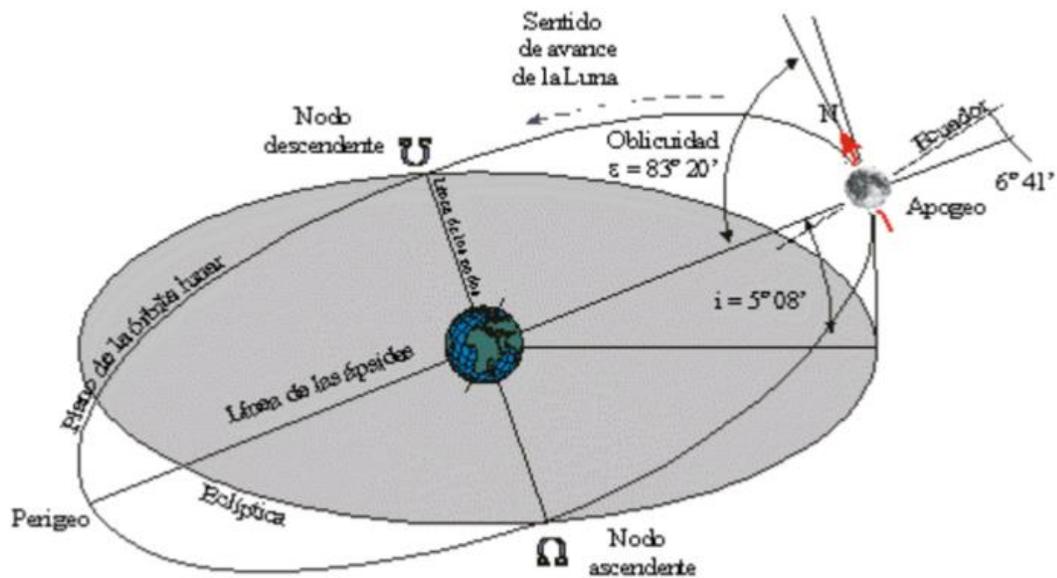


Fuente: <https://eclipse2017.nasa.gov/eclipse-101>

Así mismo, a los puntos donde se cruzan las dos trayectorias solar y lunar, se les llama "nodo ascendente" y "nodo descendente", los cuales debido a los movimientos relativos de la tríada Sol-Tierra-Luna, nunca son fijos en el espacio. En virtud de la coincidencia espacial, durante este evento cósmico, la Luna proyecta sobre la Tierra un cono de sombra, el cual está compuesto de dos franjas distintas: a) la parte externa llamada penumbra y b) la parte interna conocida como sombra.

A continuación, se presenta una gráfica que ilustra acerca del ángulo de inclinación entre la eclíptica y la trayectoria de la Luna.

Figura 3.17. Imagen que ilustra el ángulo de inclinación entre el plano de la eclíptica y el plano de la trayectoria de la Luna

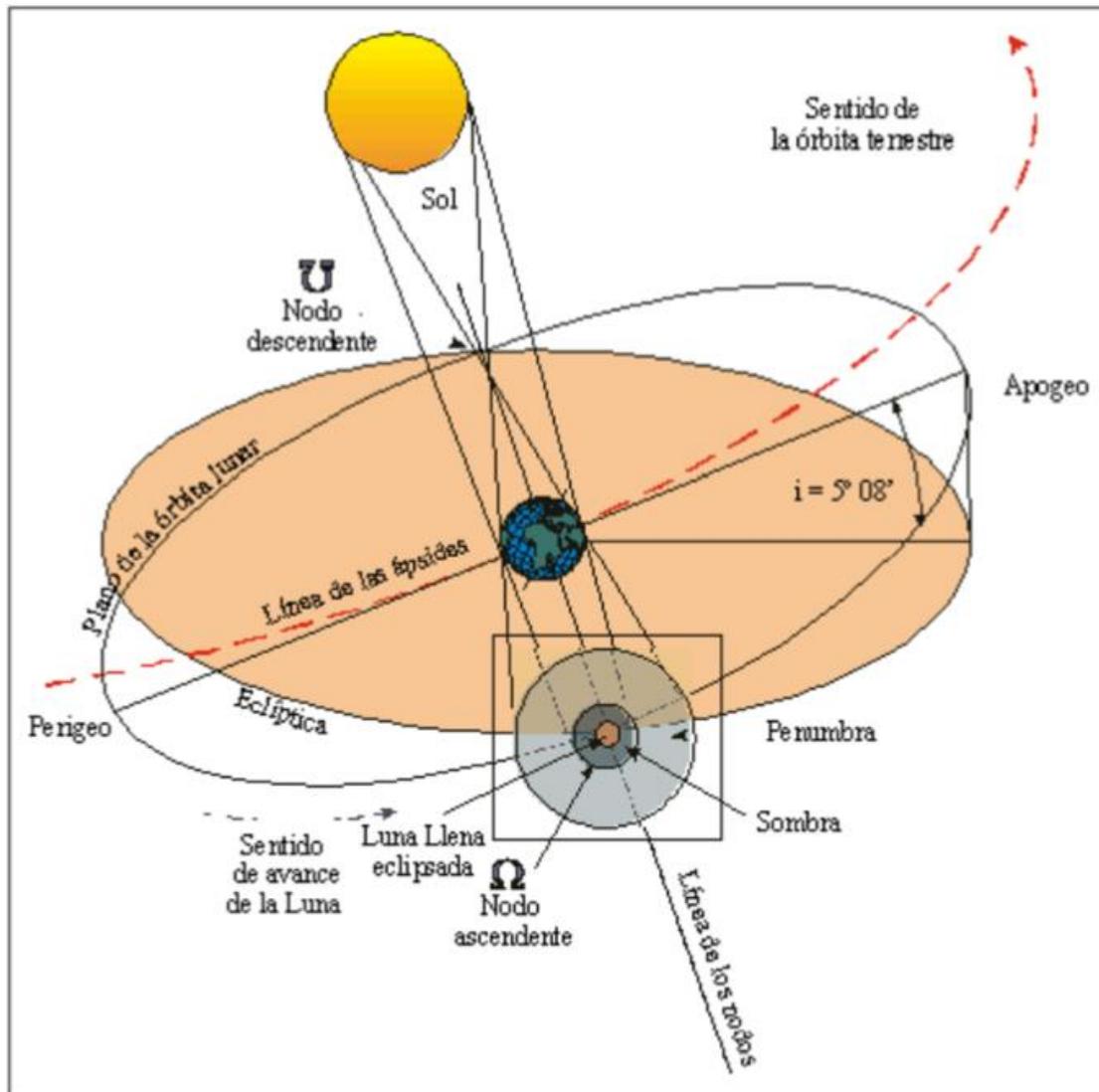


Fuente: Gaitano Játiva, 2013.

3.13.2. Conceptualización del fenómeno del eclipse de Luna.

Un eclipse lunar se produce por la interposición de la Tierra entre la Luna y el Sol, de tal manera que el globo terráqueo produce una sombra sobre su satélite natural (Smale, 2001). Cabe señalar que, este evento cósmico ocurre necesariamente durante la Luna llena, es decir, cuando Sol y Luna están en oposición con respecto a la Tierra. Además, para que se dé este ocultamiento, el satélite debe encontrarse en uno de los nodos (instante en que su latitud es cero), (véase la gráfica 3.18).

Figura 3.18. Se ilustra el caso de un eclipse de Luna, evento cósmico en que la Tierra obstaculiza la luz del Sol sobre la Luna y esta se encuentra en el nodo ascendente.



Fuente: Gaitano Játiva, 2013.

3.14. CONCEPTUALIZACIÓN DEL FENÓMENO DE LAS FASES LUNARES.

"Y va cantando las fases de la Luna, la curva del Sol, y de dónde provienen la raza de los hombres, la lluvia y el fuego. Y canta a Arturo, a las pluviosas Híades, y las dos Osas, acerca de por qué los soles corren tanto en invierno a bañarse en el mar, o por qué la tardanza detiene el curso de las largas noches."

Texto tomado del libro 1 de La Eneida de Virgilio, el cual aparece en la parte inferior de una representación de Atlas llevando el Mundo sobre sus hombros, en *Cosmographicaall Glasse*, Londres 1559.

Fuente: "La esfera celeste" Gustavo Luis Baume (2014).

Los cuerpos celestes más importantes para los habitantes de la Tierra, son el Sol y la Luna. (Fraknoi, Morrinson y Wolf, 2017). En ese sentido, a pesar de que la Luna no brilla con luz propia, es el objeto más brillante después del Sol. En gracia de esto, si se observa el cielo durante un mes, el fenómeno más importante a simple vista es el de las fases lunares, evento cósmico que consiste en que un observador ubicado en la Tierra ve la Luna con diferentes sectores iluminados durante 29 días y medio (Rosenvasser, 2004). En efecto, estos ciclos son: a) luna nueva, cuando este astro está "de espaldas" a la Tierra, es decir, no se ve nada de su mitad iluminada; b) cuando empieza a surgir su porción clara y se le llama "luna creciente"; c) cuando está brillante hasta la mitad y se le nombra "cuarto creciente"; d) cuando está unas 3/4 partes alumbrada y se le designa "gibosa creciente"; e) cuando está totalmente reluciente y toma el nombre de "luna llena"; f) cuando su sector rutilante empieza a decrecer y se le denomina "luna gibosa menguante"; g) cuando presenta la mitad a oscuras y se le cita como "cuarto menguante"; h) cuando presenta un pequeñísimo sector lustroso y se alude a ella como "luna menguante". Seguidamente, este satélite volverá a estar "de espaldas" a la Tierra en el ciclo de luna nueva.

En novilunio, la Luna está a 0 grados con respecto al Sol, de tal manera que, en cuarto creciente, esta está a 90 grados (se dice que está en cuadratura con respecto al Sol), giro que en tiempo significa 7 días, 9 horas, 11 minutos y 0.72 segundos (Gaitano Játiva, 2013). A continuación, la parte iluminada sigue creciendo hasta alcanzar la luna llena, exactamente a los 14 días, 18 horas, 22

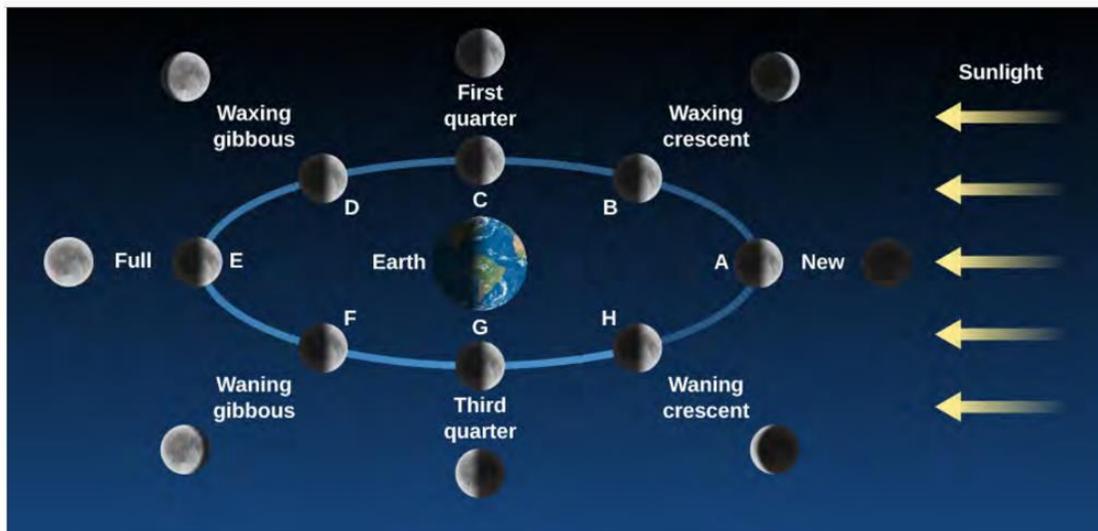
minutos y 1,45 segundos, es decir, está en oposición (la Tierra está entre el Sol y la Luna). Transcurrida aproximadamente una semana más después de la luna llena, este cuerpo celeste se encuentra en cuarto menguante (la mitad iluminada), espacio en el que han transcurrido 22 días, 3 horas, 33 minutos y 2,2 segundos. Esto representa que la Luna está a 270 grados desde el momento en que se inició el conteo desde 0 grados en el novilunio. Finalmente, después de 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2,6 segundos, el satélite llega a su punto de comienzo para empezar otra nueva lunación.

Ahora bien, el movimiento de todos los cuerpos celestes pertenecientes al sistema solar, está imbuido de cierta complejidad, lo que hace que se estudie considerando dos tipos de períodos: a) el sidéreo y b) el sinódico. El primero se toma en cuenta con respecto a las estrellas lejanas (en otras palabras, en relación al infinito), y el segundo, con respecto a la Tierra (Fraknoi, et al., 2017). Así pues, el período sidéreo de la Luna, vale decir, el tiempo que le toma en dar una vuelta alrededor de la Tierra en referencia a las estrellas ubicadas en el infinito, es 27,3217 días. A diferencia de este, el intervalo en que se repiten las fases (por ejemplo, de novilunio a novilunio), es de 29,5306 días.

Es necesario recordar que, estas mediciones se hacen a partir de la ubicación de un observador sobre la Tierra, lo que implica que los movimientos que este planeta hace, modifican el período sidéreo de la Luna, en período sinódico (Fraknoi et al., 2017). En gracia de esto, el satélite tiene que hacer más de un giro para regresar a la misma fase, en este ejemplo, de novilunio a novilunio. Así mismo, los estudiosos de los movimientos de la Luna han clasificado cinco ciclos a saber: a) mes sidéreo, del que ya se dijo que dura 27 días, 7 horas, 43 minutos, 11,6 segundos; b) mes sinódico, el cual dura 29 días, 12 horas, 44 minutos y 2,9 segundos; c) mes trópico; d) mes anomalístico; e) mes draconítico. Sobre estos tres últimos, se considera que no es necesario ahondar, teniendo en cuenta el espíritu de este tratado de enseñanza dirigido a estudiantes de quinto grado.

A continuación, se presenta una imagen de las ocho fases de la Luna, usadas en la enseñanza básica de la astronomía.

Figura 3.19. Gráfica de la Luna presentando ocho fases en su giro alrededor de la Tierra. Obsérvese que la Luna siempre muestra la misma cara iluminada por parte de los rayos del Sol



Fuente: Astronomy (Fraknoi et al., 2017).

3.15. LAS LEYES DE KEPLER.

Las muchas tabulaciones construidas durante años por Tycho Brahe, fueron heredadas por Johannes Kepler quien, a partir del estudio de estas, pudo presentar a la comunidad científica tres leyes que gobiernan las interacciones gravitacionales de los planetas y el Sol (Torres, 2006). En esa dirección, los tres astros motivo de estudio en este tratado, no se pueden sustraer a las susodichas leyes, motivo por el cual se incluyen en este marco teórico.

3.15.1. Primera ley de Kepler.

Aunque en papiros encontrados en los restos de la biblioteca de Alejandría, ya aparecía la idea de que los planetas giran alrededor del Sol describiendo elipses (Dzielska, 2004), no fue hasta que Kepler la expuso, que este postulado fue aceptado. Es posible enunciar esta ley de la siguiente manera: Los planetas giran alrededor del Sol describiendo órbitas elípticas. El Sol está ubicado en uno de los focos de la citada elipse (Mendoza, 2010). Así pues, la Tierra describe una elipse alrededor del Sol y la Luna describe una elipse alrededor de la Tierra (véase figura 3.20.)

Figura 3.20. Se muestra la trayectoria de los planetas alrededor del Sol.



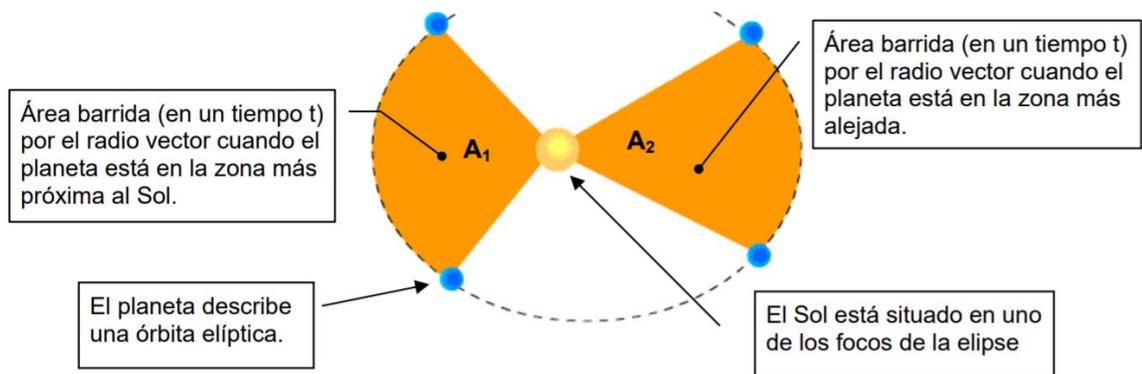
Fuente: Toda materia, 2020.

En gracia de esto, la Tierra no siempre conserva la misma distancia con respecto al Sol. Se dice entonces que el punto más cercano del planeta a esta estrella, es el perihelio y el más lejano es el afelio (Mendoza, 2010). Las distancias son las siguientes: a) durante el perihelio: 147 millones de kilómetros y durante el afelio: 152 millones de kilómetros.

3.15.2. Segunda Ley de Kepler.

En esta segunda ley, Kepler asocia las ideas de la velocidad orbital del planeta con la distancia al Sol (Gaitano Játiva, 2013). Su enunciado es: las áreas barridas por los radios-vectores, entre el planeta y el Sol, son proporcionales a los tiempos empleados en recorrerlas, es decir, a tiempos iguales, áreas iguales. En ese sentido, la velocidad es máxima en el perihelio y mínima en el afelio (véase figura 3.21.).

Figura 3.21. Áreas iguales en tiempos iguales

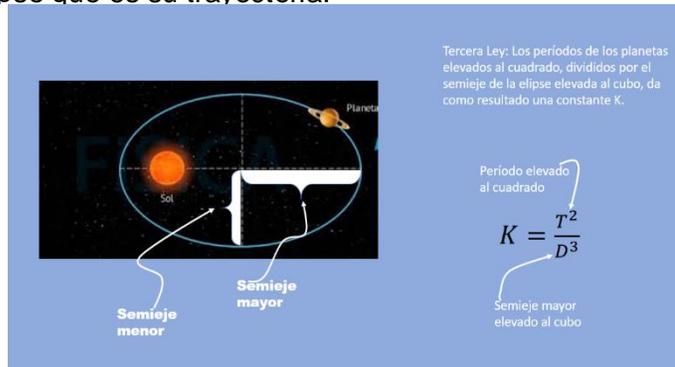


Fuente: IE La Magdalena Avilés Asturias.

3.15.3 Tercera Ley de Kepler.

El enunciado de la tercera ley es: los cuadrados de los períodos de los planetas, son proporcionales a los cubos de los semiejes mayores de las órbitas (Gaitano Játiva, 2013). Al respecto, véase la figura 3.22.

Figura 3.22. Las elipses tienen un eje mayor y un eje menor. La tercera ley de Kepler relaciona los períodos tomados por los planetas para dar su giro alrededor del Sol y los semiejes de la elipse que es su trayectoria.



Fuente: elaboración propia

3.16. LA LEY DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL.

Esta Ley, es una de los más importantes aportes presentados por Isaac Newton a la ciencia. Su espíritu es el de que el universo entero está sostenido por la fuerza de la gravedad (López y cols., 2018). De modo que, en un sistema de dos masas, la fuerza de atracción entre los dos cuerpos de masas M y m, separadas por una distancia r, se puede expresar de la siguiente forma:

Figura 3.23. Ley de Gravitación Universal presentada en el libro Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, publicado en 1687 (144 años después de que Copérnico presentara su propuesta heliocéntrica).



Fuente: elaboración propia.

Capítulo 4.

OBJETIVOS

4.1. Objetivo general.

Diseñar y construir un material de enseñanza desde el aprendizaje por comprensión sobre los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, para quinto grado.

4.2. Objetivos específicos.

- Formular unas teorías de dominio específico para la enseñanza de los fenómenos día-noche, eclipses y fases de la Luna.
- Diseñar un conjunto de actividades de aprendizaje informadas a partir de las teorías de dominio específico, que asistan a los estudiantes en la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares.
- Materializar en un formato digital accesible y dinámico, las teorías de dominio específico formuladas y las actividades correspondientes.

Capítulo 5.

DISEÑO METODOLÓGICO DE INVESTIGACIÓN.

La enseñanza de la astronomía básica, no ha sido ajena a la brecha existente entre las teorías desarrolladas por los pensadores de la comunidad de educación en ciencias, y la práctica al interior del aula. En ese marco, y en concordancia con la pregunta de investigación y los objetivos planteados, se ha escogido para el desarrollo de este trabajo, la perspectiva de experimentos de diseño. Desde luego, dicho enfoque posee el mismo estatus que la indagación de corte cualitativo e interpretativo, dado que, formula problemas que se encuentran estrechamente vinculados con una realidad; por ejemplo, diseño, implementación y evaluación de ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, los cuales son resueltos en escenarios reales (Collins, 1991).

La investigación en diseño es un esfuerzo por fomentar el aprendizaje a través de la creación de un acervo de conocimientos útiles. Además, la cualidad de que es posible aplicarlo en contextos reales, le abre un inmenso campo de aplicabilidad impulsando incluso, conexiones interdisciplinarias. Así mismo, la afinidad con propuestas como la Enseñanza por Comprensión (Perkins, 1999), o el Ciclo de

Aprendizaje de Karplus (Hanuscin y Lee, 2008), entre otras, han tenido mucho peso a la hora de tomar decisiones curriculares, en el sentido de utilizar estas metodologías para orientar el trabajo sobre la enseñanza de la astronomía básica en grado quinto. En virtud de esto, y con el propósito de disminuir la brecha existente entre la teoría y la práctica, dichos desarrollos unidos a los documentos prescritos por el Estado colombiano, han permitido construir un corpus sobre la enseñanza de los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, transversalizado por la coherencia curricular. En resumen, la sinergia presente en este encuentro de constructos, ha sido un escenario idóneo para los anhelos de este tratado.

El diseño, tal como ha sido utilizado en este escrito, es un conjunto de métodos que tienen la capacidad de concitar unos postulados epistémicos sobre la educación y, ubicarlos en la herramienta que ha sido llamada "instrumento metodológico para la comprensión", la cual constituye un elemento central del presente estudio (véase la sección "instrumento metodológico para la comprensión"). En ese sentido, esta metodología se considera adecuada si se tiene en cuenta que sus principios permiten la construcción de unas gnoseologías llamadas teorías de dominio específico o teorías prácticas, referentes a la comprensión de los tres fenómenos astronómicos que se enfrentan en este trabajo.

5.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

Si bien el presente trabajo está concebido como un estudio de caso, es claro que no alcanzará dicha condición hasta que sea validado empíricamente a través de la recolección de datos desde escenarios reales. En consecuencia, se incluye en este apartado 5.1., un discurso acerca de la afinidad de las teorías de los estudios de caso y el presente diseño, con la idea de dar una perspectiva metodológica a futuro sobre herramientas necesarias para implementar y validar el trabajo en una etapa posterior.

Las múltiples indagaciones llevadas a cabo en la línea de investigación del diseño, han dejado ver desde (Yin, 2008), que el método exploratorio de los estudios de casos, resulta apropiado a fin de recoger información de carácter documental, con el propósito de construir una hipótesis o conjetura referente a la comprensión de los fenómenos cósmicos día-noche, eclipses y fases lunares (Alzaghibi, 2010). Históricamente, los estudios de caso han sido uno de los primeros tipos de investigación que fueron usados como metodología cualitativa (Starman, 2014), y su condición interpretativa, el enfoque fenomenológico y sus afinidades con el constructivismo, han jugado un papel importante en la experiencia individual del observador del fenómeno, puesto de frente a la realidad. En particular, Yin (1989), clasifica estos estudios en exploratorios, descriptivos y explicativos, y se refiere a los principales elementos que lo componen: a) los interrogantes de investigación, b) los constructos fuente, c) las unidades de análisis, d) los puentes que el profesor-diseñador construye entre las unidades de análisis y las categorías y d) los criterios de interpretación.

Ahora bien, el interrogante problemático que direcciona este tratado, comienza con el término de "cómo", característica que permitió tomar la decisión de utilizar el estudio de caso exploratorio, con la intención de recoger y analizar la información documental, la cual se tradujo en la hipótesis o solución al problema p. ej., teorías de dominio específico. Cabe señalar que, esta manera de hacer indagaciones, se aplica sobre todo en el campo de las ciencias sociales (Yin, 2008), y es especialmente efectiva cuando las preguntas de investigación, incluyen palabras del estilo: "¿cómo? ..." y "¿por qué? ..." Así mismo, atendiendo al hecho de que el diseño educativo pretende construir ambientes de aprendizaje de contenidos específicos, los cuales se pondrán en acción en escenarios con toda su complejidad, se desvela una relación estrecha con los estudios de caso, en el sentido de que esta segunda iniciativa científica permite a los investigadores elaborar conjeturas sobre características holísticas y significativas de eventos de la vida real (ibidem).

(Alzaghbi, 2010), afirma que entre las fases del ciclo iterativo de diseño (diseño, implementación y evaluación) y el estudio de casos propuestos por (Yin, 2008), se puede establecer una relación biunívoca con la intención de hacer emerger teorías de dominio específico. En virtud de esto, se puede comenzar con una hipótesis que ilumine como explorar los aspectos relativos a la comprensión de los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, además de la estrategia de enseñanza que permite andamiar este proceso. Seguidamente documentar su puesta en marcha en el aula para averiguar si el ejercicio se hizo según lo previsto (fase de implementación) y comunicar los efectos que tuvo en el aprendizaje (fase de evaluación) (Alzaghbi, 2010). Del mismo modo, este autor plantea una conjunción entre las tres fases de diseño y las tres etapas de investigación de los estudios de caso.

A continuación, se presenta la tabla 5.1. en la que se presenta dicha fusión.

Tabla 5.1. Amalgama de las tres fases del diseño y las tres etapas de los estudios de caso.

Fases del estudio de diseño	Diseño del material de enseñanza	Comportamiento real	Comunicación real de resultados
Enfoques del estudio de caso	Enfoque exploratorio	Enfoque descriptivo	Enfoque explicativo

Fuente: Alzaghbi, 2010.

Así que, el presente trabajo sobre los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, responde a la generación de teorías humildes a partir de una realidad específica, que en este caso es la auscultación de diferentes constructos educativos como objeto de estudio. Es importante señalar que, en el desarrollo de la lectura sistemática y aguda de los textos-fuente, los interrogantes o subcategorías deductivas que hacen parte del instrumento metodológico, tienen la misión de impulsar la construcción coherente del cuerpo de las citadas gnoseologías. Así mismo esa elaboración, discurre por un camino en el que el artefacto procedimental guía el análisis de los documentos, explorando un territorio virgen, en el sentido de la no existencia de ideas específicas sobre contenidos astronómicos.

En este orden de ideas, los desarrollos originales no solo corresponden a las teorías que surgen del proceso de exploración, sino también a ellos pertenece la construcción de las actividades de aprendizaje. En otras palabras, es el ejercicio de la generalización analítica que asiste a la emergencia de las teorías (Yin, 2014). Cabe señalar que, en la estrecha relación existente entre estas dos emergencias, el investigador hace las veces de recolector de información, además de seleccionador y transportador de las ideas que subyacen al interior de los constructos, haciéndose responsable de las interpretaciones sustraídas de los documentos en aras de diseñar los citados aparatos curriculares. Igualmente, desde la agudeza de la lectura y la relectura, decanta el mayor o menor acercamiento entre las teorías inéditas surgidas y, la realidad que ha sido objeto de estudio.

5.2. TÉCNICA DE REVISIÓN DE LITERATURA.

En concordancia con los anteriores lineamientos, se ha considerado que la manera más adecuada de hacer las pesquisas, es la técnica de la revisión de literatura. Esta metodología constituye un ejercicio de lectura crítica y de análisis de documentos multimodales, con el fin de construir un acervo de información necesario para el proceso de investigación (Maggiorelli, 2020). Cabe señalar que, este desarrollo retoma documentos construidos por otros investigadores en la misma línea del presente tratado. Por ejemplo: capítulos de libro; libros completos; tesis y disertaciones; antologías; documentos oficiales; artículos científicos; monografías; trabajos correspondientes a ponencias, seminarios o conferencias; videocintas; artículos periodísticos; entrevistas a expertos; elementos tomados de documentales; foros virtuales y páginas en internet.

Esta técnica de la exploración, tiene entre otras, las siguientes virtudes: a) recoge literatura escrita con anterioridad; b) contextualiza y por lo tanto define ámbitos para el desarrollo del trabajo c) ilumina al profesor-investigador acerca de las maneras en que se han desarrollado trabajos de colegas; d) permite al docente encontrar

conexiones entre diferentes textos; e) muestra al lector que las decisiones académicas que se tomen en la escritura del tratado, responden a criterios maduros en el sentido de que se hacen a partir del conocimiento de otros tipos de trabajos en la misma línea; f) establece defectos, virtudes y brechas (Maggiorelli, 2020). Así pues, como parte inicial del procedimiento, se crea una tabla que permite ir consignando allí cada obra, con sus principales aportes, según tengan afinidad con el espíritu del trabajo a desarrollar.

A continuación, la tabla 5.2. presenta un ejemplo del modelo utilizado.

Tabla 1Tabla 5. 2. Sistematización de la información a partir de la revisión de literatura.

EJEMPLOS DE RELACIÓN DE DOCUMENTOS MULTIMEDIALES					
AUTOR, AÑO	TÍTULO DEL DOCUMENTO	TÓPICO	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	METODOLOGÍA USADA	HALLAZGOS Y CONCLUSIONES
David Perkins, 2019	La Enseñanza por Comprensión	El desempeño a partir de lo comprendido	¿La conexión entre el desempeño y la comprensión, tiene importancia para el docente? ¿para el estudiante?	Búsqueda de respuestas a cuatro preguntas: a) ¿Qué se debe enseñar? b) ¿Qué merece la pena comprender? c) ¿Cómo se debe enseñar para comprender? d) ¿Cómo pueden saber estudiantes y profesores que se ha alcanzado la comprensión buscada?	Cuatro respuestas para las cuatro preguntas: a) elección de un tópico generativo; b) definición de las metas a alcanzar; c) definición de los desempeños por comprensión; d) evaluación diagnóstica continua.

Fuente: adaptación a partir de Maggiorelli, 2020.

5.3. EL INSTRUMENTO METODOLÓGICO PARA LA COMPRENSIÓN.

Los nuevos entes discursivos surgidos de la clasificación de la información sustraída de los documentos, necesitan un escenario que les permita alcanzar sus expectativas. Así pues, se ha desarrollado para ello el artefacto llamado "instrumento metodológico para la comprensión", el cual consiste en una matriz de dos columnas y dieciséis filas en las que se desarrolla la construcción de las teorías de dominio específico. Desde luego, éste se encuentra configurado por una serie de categorías y subcategorías deductivas las cuales median la recolección de la información de carácter documental.

Esta herramienta es un ambiente construido desde los cuatro principios epistemológicos de la comprensión (Perkins, 1999), los cuales han sido elegidos como categorías pre establecidas, a las que se les ha sumado la del contexto, la misma que tiene la misión de ubicar la investigación desde lo general, hasta lo particular de la ciencia. El aparato es un espacio de transformación de unos constructos en otros, de tal manera que el profesor-diseñador a través de la técnica de la lectura sistemática, conduce a un conjunto de gnoseologías a sufrir una metamorfosis, en la dirección de conformar unas teorías humildes sobre aspectos de la comprensión de la astronomía básica y la forma de apoyar su enseñanza.

Así pues, el artefacto genera un ambiente de discusión continua, cuyo anhelo es la emergencia de unos objetos mentales llamados teorías, las cuales tienen la capacidad de aclarar o predecir sobre el comportamiento de los fenómenos naturales estudiados. En ese escenario de cotejaciones, el análisis comparativo pone énfasis en que la generación de nuevas ideas es un proceso, por lo tanto, ellas y el instrumento metodológico son entidades en constante desarrollo, lo que significa que no están terminadas. En consecuencia, ambos se presentan en este

tratado como productos que constantemente están sufriendo metamorfosis, lo cual les permite convertirse en entidades ricas e inmersas en una afortunada complejidad.

Como puede observarse, la construcción de las conjeturas y su capacidad de explicar o de predecir, constituyen la razón de ser del instrumento metodológico. Al mismo tiempo, la perspectiva del análisis comparativo constante, se convierte en una de sus principales herramientas en la dirección de que los sistemas de lenguajes que conforman las unidades de registro, construyan conexiones armónicas con las categorías y subcategorías. En esa postura de lectura-escritura, relectura-reescritura, interpretación y reinterpretación, el profesor-diseñador construye el texto a partir del significado extractado de los escritos originales (Van Dijk, 1992).

Con respecto a las categorías y las subcategorías, son centros magnéticos alrededor de los cuales gravitan elementos conceptuales y semánticos alineados con los principios de la Enseñanza por Comprensión (Perkins, 1999). De la misma manera, ellas tienen atributos o propiedades los cuales son elementos que tienen vida al interior de estas y les dan la capacidad de construir relaciones estrechas con otros constructos. Cabe destacar que ambas son conceptos que surgen de las diferentes unidades de análisis y, además varían de acuerdo con su nivel de abstracción.

Es necesario aclarar que, una categoría es un elemento conceptual de la teoría, y una propiedad es, por el contrario, un aspecto de ella (Glaser y Strauss, 2006). En ese marco, el fenómeno de los eclipses, por ejemplo, constituye una clasificación, y sus atributos (que pueden ser de diferente índole), son las conexiones que este fenómeno produce con otros eventos científicos. En ese sentido, las subcategorías, las cuales son las dieciséis preguntas diseñadas con el fin de extraer información de las unidades contexto y de registro, son las herramientas

para construir los andamiajes lingüísticos, en el ejercicio de la comparación constante, generando puentes a partir de las características de cada categoría.

Tomando esto en consideración, a continuación, se presentan los cinco principios que delinearán la estructura del instrumento metodológico para la comprensión.

5.3.1. Primer principio.

Las subcategorías de este principio, son cinco interrogantes dirigidos a inducir una reflexión acerca de la epistemología de la ciencia, la astronomía básica, la transformación del currículo estatal en currículo planeado y la influencia del sistema de creencias y valores de los profesores en el ejercicio de su misión. En esa misma dirección, su estructura es la de preguntas abiertas originales e interesantes, las cuales han sido construidas con un lenguaje claro y sencillo y bien ubicadas en el tiempo. En cuanto a este último ítem, es necesario afirmar que el ser humano construye su realidad con los elementos que obtiene de su entorno, de su ubicación en el tiempo y recogiendo la herencia de sus ancestros (Heredia, 2018). En ese marco, las respuestas obtenidas estarán imbuidas de esas características espacio-temporales, característica que también afecta a las teorías de dominio específico construidas en este documento.

Como ya se ha dicho, las categorías de este instrumento metodológico para la comprensión, han sido pre establecidas desde los principios de Perkins, siendo el propósito de este primer principio, el de contextualizar al lector. Por lo tanto, el diseño de las preguntas, responde a la necesidad de generar unas respuestas que cumplan ese cometido, para el cual, el profesor-diseñador ha hecho uso del interaccionismo simbólico que subyace al interior de su sistema de valores y creencias. Adicionalmente, la narrativa surgida de ellas es un primer aporte a la construcción de teorías de dominio específico (véase la tabla 6.1).

A continuación, se presenta la estructura que delinea el proceso del principio uno.

Tabla 5.3. Primer principio del instrumento metodológico para la comprensión.

PRIMER PRINCIPIO: CONTEXTO	
Elementos del contexto	Desarrollo
<i>¿Cuáles son los aspectos disciplinares de la ciencia?</i>	
<i>Cuáles son las herramientas pedagógicas que orientan la enseñanza de la astronomía?</i>	
<i>¿Cómo se transforma el currículo estatal en currículo planeado?</i>	
<i>¿Cuáles son los conocimientos prerequisite que apoyan el aprendizaje de las ideas que configuran los tópicos generativos?</i>	
<i>¿El sistema de creencias y valores de los docentes influyen en su desempeño como profesores de ciencias o de astronomía?</i>	

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Segundo principio.

En este principio, se presentan argumentos para la escogencia de los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares como tópicos generativos. Así mismo, se hace un primer abordaje de la secuenciación y temporalización de las actividades, estrechamente relacionado con el Plan de coherencia de los componentes curriculares del Estado colombiano. Cabe señalar que, este último constructo desarrolla un camino cohesionado entre las acciones de pensamiento, vinculadas en los derechos básicos de aprendizaje, con el fin de alcanzar un estándar escogido en concordancia con las actividades diseñadas. Así mismo, los

aprendizajes surgidos desde la afinidad entre las competencias y los componentes, direccionan el diseño de las prácticas, con el fin de alcanzar la citada meta.

En cuanto a las subcategorías de este segundo principio, son preguntas que ponen sobre la mesa el asunto específico de la elección y las características de los tópicos generativos, además de crear un escenario para la temporalización y secuenciación de las actividades. Aunque los interrogantes pareciera que fueran "cerrados", en realidad no lo son, atendiendo al hecho de que permiten un amplio desarrollo al enumerar las características de los contenidos (en la primera pregunta), y generar la secuenciación y la temporalización (en la segunda) (Véase la tabla 5.4).

Tabla 5.4. Segundo principio del instrumento metodológico para la comprensión.

SEGUNDO PRINCIPIO: TÓPICO GENERATIVO	
Elementos del tópico generativo	Desarrollo
<i>¿Cuáles son los tópicos generativos y sus características?</i>	
<i>¿Cómo se desglosan los tópicos generativos para el ejercicio de la secuenciación y temporalización?</i>	
<p>Como una de las herramientas de materialización de la coherencia curricular, se ha construido un cuadro que integra los componentes curriculares del Estado colombiano. Su nombre es: Plan de Integración de Componentes curriculares.</p>	

A continuación, se presenta la estructura de éste. Para ver el plan desarrollado, véase la sección "segundo principio" en los resultados de la investigación.

Figura 5.1. Plan de integración de un estándar de competencias, derechos básicos de aprendizaje, acciones de pensamiento. y matriz de referencia, en torno al desarrollo de la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares



PLAN DE INTEGRACIÓN DE COMPONENTES CURRICULARES								
			ESTÁNDAR GENERAL Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno (MEN, 2004, p.17).					
DÍA-NOCHE			ECLIPSES			FASES LUNARES		
DERECHO BASICO DE APRENDIZAJE			DERECHO BASICO DE APRENDIZAJE			DERECHO BASICO DE APRENDIZAJE		
ACCIONES DE PENSAMIENTO			ACCIONES DE PENSAMIENTO			ACCIONES DE PENSAMIENTO		
Para lograrlo: ...me aproximo al conocimiento como científico natural			Para lograrlo: ...me aproximo al conocimiento como científico natural			Para lograrlo: ...me aproximo al conocimiento como científico natural		
...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales. Ciencia, tecnología y sociedad.			...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales. Ciencia, tecnología y sociedad.			...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales. Ciencia, tecnología y sociedad.		
METAS DE APRENDIZAJE			METAS DE APRENDIZAJE			METAS DE APRENDIZAJE		
	Componente	Entorno físico		Componente	Entorno físico		Componente	Entorno físico
Competencia	Aprendizaje	Evidencia	Competencia	Aprendizaje	Evidencia	Competencia	Aprendizaje	Evidencia
Uso de conceptos			Uso de conceptos			Uso de conceptos		
Explicación de fenómenos			Explicación de fenómenos			Explicación de fenómenos		

Fuente: elaboración propia.

5.3.3. Tercer principio.

En este principio se definen las metas de aprendizaje que el estudiante debe alcanzar en el ejercicio de la comprensión de los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares. De la misma manera, se construye un derrotero curricular direccionado por la conjunción entre las fases del ciclo de aprendizaje de Karplus (Lawson, 2002) y los cuatro niveles de comprensión (Perkins, 1999). Es importante enfatizar que dicha amalgama, ha permitido delinear un proceso de gradualidad en

el desarrollo de las actividades, iniciando con ejercicios muy sencillos (nivel ingenuo), avanzando hasta alcanzar el nivel de maestría en el que el estudiante a partir de los simbolismos interiorizados, está en capacidad de comunicar a través de la escritura, la oralidad, tablas y gráficos, las comprensiones alcanzadas.

En cuanto a las subcategorías de este principio, son preguntas que impulsan la definición de las metas por comprensión de los tres fenómenos motivo de este tratado. En este marco, los interrogantes obligan a construir respuestas que hagan un recorrido por el estándar de competencias, el derecho de aprendizaje y la conjunción entre la competencia y el componente de cada fenómeno. Así mismo, la estructura de los interrogantes (Ánderson y Krathwohld, 2001), conduce a la construcción de conocimiento desde los siguientes verbos: a) identificar, cuando el estudiante aclara que los tres astros del sistema Sol-Tierra-Luna son esféricos; b) abstraer, en el momento en que en el mundo interno del niño, se ha generado un modelo mental en el que él “ve” la Tierra girando alrededor de su eje; c) generalizar, en el caso de que siempre que escucha hablar de un cuerpo celeste, lo asocia con la forma esférica; d) predecir, en el escenario en que, a partir de que entienda que el ciclo día-noche se ha estado produciendo durante millones de años, pueda afirmar que este proceso continuará mientras la Tierra y el Sol estén presentes (Véase tabla 5.5).

Tabla 5.5. Tercer principio del instrumento metodológico para la comprensión.

TERCER PRINCIPIO: METAS POR COMPRENSIÓN
Elementos de las metas por comprensión
<i>¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar en el ámbito del fenómeno día-noche?</i>
<i>¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar con los estudiantes en cuanto a los fenómenos de los eclipses solar y lunar?</i>
<i>¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar con el fenómeno de las fases lunares?</i>

Fuente: elaboración propia.

5.3.4. Cuarto principio.

En este principio, se presenta un listado de las concepciones alternativas más comunes en la astronomía básica, las mismas que han servido de punto de partida para la construcción de las actividades de aprendizaje. Paralelamente, se hace un análisis de elementos de la pedagogía general, aplicados a la gestión de la clase, los cuales han permitido construir un acervo de recomendaciones para el profesor, y discurren de la mano con cada actividad. Cabe señalar que, estas recomendaciones están consignadas en el documento del educador, el cual se presenta adjunto en la materialización digital de las teorías de dominio específico (véase el documento digital en el que se incluyen los cinco principios, el manual del docente y la cartilla del estudiante).

La estructura de las preguntas conduce a construir teorías apoyadas en los siguientes verbos (Ánderson y Krathwohd, 2001): a) distinguir, cuando el niño diferencia la luna llena de la luna nueva en la producción de un eclipse de Sol; b) inferir, en el momento en que supera la concepción geocéntrica para adoptar la visión heliocéntrica; c) contrastar, al comprender las diferencias de tamaño entre la Luna, que es pequeña; la Tierra, la cual es mediana; y el Sol, que es un gigante; d) diferenciar, al observar la naturaleza de la luz del Sol, la misma que se considera blanca, y la luz de la Luna, la que se acepta como plateada; e) aplicar, cuando el docente investigador desde su actitud dialógica, utiliza el aporte socrático para generar conocimiento en clase; f) integrar, en el momento en que crea paralelismos entre los principios de comprensión (Perkins, 1999) y las fases del ciclo de aprendizaje (Karplus, 1980). Véase tabla 5.7.

Tabla 5.7. Cuarto principio del instrumento metodológico para la comprensión.

CUARTO PRINCIPIO: DESEMPEÑOS POR COMPRENSIÓN	
Elementos de las metas por comprensión	Desarrollo
<i>¿Qué desempeños tendrá que desarrollar el estudiante para comprender los tópicos generativos?</i>	
<i>¿Cuáles son las dificultades y concepciones alternativas más importantes, con las que llegan los estudiantes al aprendizaje de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares?</i>	
<i>¿Cómo se pretende aplicar las teorías del aprendizaje que han sido tomadas en cuenta para informar el diseño de las actividades con el fin de apoyar a los estudiantes en su propósito de desarrollar la comprensión de los tres tópicos de los que se ocupa este trabajo?</i>	
<i>¿Qué elementos de la pedagogía general informan el diseño de las actividades de aprendizaje y de la enseñanza de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares?</i>	
<i>¿Qué características deben tener las actividades de aprendizaje, para que tengan la capacidad de brindar la oportunidad a los estudiantes de desarrollar desempeños por comprensión alineados con los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares?</i>	

Fuente: elaboración propia.

5.3.5. Quinto principio.

En este principio, se desarrolla un elemento crucial del proceso que el niño realiza sobre la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares: el monitoreo del crecimiento en la comprensión de los conceptos. En efecto, responder a los siguientes interrogantes: ¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico?, ¿cómo un docente puede evaluar profundamente los productos académicos de los estudiantes?, ¿cómo puede un profesor, usar las

evaluaciones del trabajo de los aprendices para promover una comprensión todavía más profunda?, es un paso muy importante de la relación profesor-alumno. Se muestran aquí criterios formativos para descubrir errores, corregirlos y exhortar al estudiante a continuar el avance disciplinar a través de discurrir entre puntos de claridad y puntos de confusión.

El diseño de las subcategorías (preguntas), conduce a construir teorías apoyadas en los siguientes verbos (Ánderson y Krathwohld, 2001): a) monitorear, en el momento de hacer seguimiento al progreso de los estudiantes en la comprensión de los tres fenómenos cósmicos; b) parafrasear, cuando el profesor-diseñador escribe inspirado en otro autor; c) diseñar, durante el ejercicio del desarrollo del presente trabajo. Véase la tabla 5.8.

Tabla 5.8. Quinto principio del instrumento metodológico para la comprensión.

QUINTO PRINCIPIO: EVALUACIÓN FORMATIVA	
Elementos	Desarrollo
<i>¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico determinado?</i>	

5.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS FUNDAMENTALES.

En esta sección se presenta una descripción del proceso por medio del cual se hizo el análisis de los documentos que dieron origen a las teorías de dominio específico, dirigidas a orientar la comprensión de los fenómenos cósmicos día-noche, eclipses y fases lunares. Cabe señalar que esta manera de construir una narrativa, retoma uno de los actos fundamentales del ser humano, en el sentido de intentar responder a la curiosidad inherente a su naturaleza. En otras palabras, el individuo impulsado

por el asombro que le causa un fenómeno específico, empieza a plantear interrogantes, y como consecuencia de ello emergen respuestas. En ese sentido, esta dualidad pregunta-contestación, ha sido un común denominador en la construcción de la ciencia durante milenios.

En el caso concreto de este trabajo, el diseño de interrogantes dirigidos a encontrar respuestas a la necesidad de construir teorías humildes, aplicarlas a las actividades educativas y finalmente materializarlas en un formato digital, ha surgido desde la construcción del instrumento metodológico para la comprensión. En ese escenario, la definición de unas categorías, y unos interrogantes con la misión de alimentarlas, fraguaron las respuestas anheladas a través de la conducción que hizo el profesor-investigador, a todo lo largo del proceso.

Conviene subrayar, que el análisis comparativo constante en este estudio se empleó desde una perspectiva deductiva donde las categorías no se generaron de la información recogida, sino, que fueron preestablecidas desde la literatura en educación en ciencias. De ahí que, el instrumento metodológico para la comprensión, fue la herramienta que permitió recoger la información de carácter documental, a fin de construir las estructuras lingüísticas acerca de la comprensión de los fenómenos naturales del día-noche, fases lunares y eclipses.

Así que, la heurística analítica se llevó a cabo en dos niveles: (1) codificación de las unidades de registro apoyadas en las categorías y subcategorías que configuran el instrumento metodológico para la comprensión; y (2) organización de las unidades de registro adscribiéndolas a las categorías y subcategorías en términos de prosa.

En esos desarrollos, y a través de la búsqueda rigurosa de afinidades y contradicciones por parte del lector, se genera una relación sujeto-texto, la cual conduce al profesor-diseñador a un universo de interpretaciones gobernadas por las coordenadas espacio-tiempo en las que se desarrolla la narrativa (Van Dijk, 1992). Cabe señalar que, en este ambiente el sujeto construye su propio significado

a partir del texto original. Además, en virtud de la evolución interactiva generada, se gestan conexiones en las que intervienen tanto las propiedades de este entorno, como las posibilidades conceptuales que fluyen desde el marco teórico del educador.

Así pues, la misión de las preguntas o subcategorías del instrumento para la comprensión, es apropiarse de las interpretaciones hechas por el profesor-diseñador, a través del ejercicio de la comparación constante (Glaser y Strauss, 2006). Acto seguido, éste debe clasificarlas como unidades de registro, y además consignarlas en las categorías respectivas. Cabe destacar que, esta heurística debe repetirse hasta que el lector considere que se alcance la saturación de estas últimas.

Surge entonces la necesidad de que, una vez saturadas las categorías, el sujeto avance hacia la escritura. En este ámbito, se produce un proceso de lectura-relectura, interpretación-reinterpretación y finalmente escritura-reescritura, adelantado en aras del nacimiento del nuevo texto (Perelman, 2010). En ese sentido, la aparición de interacciones cognitivas y lingüísticas es inevitable, impulsando a las unidades de registro hacia las categorías y subcategorías, acto después del cual, se espera que le siga el desarrollo del lenguaje escrito.

Cabe señalar que, en la dualidad: comprensión lectora-producción escrita, el escritor tiene que apropiarse de los símbolos contenidos en el texto-fuente y posteriormente trascenderlos con el fin de impulsar la metamorfosis que deben sufrir las unidades de registro, para incorporarse al nuevo documento (Van Dijk, 1992). Conviene enfatizar que este desarrollo está transversalizado por a) la supresión, que es la omisión de elementos irrelevantes; b) la selección, la cual también es omisión, en este caso, de otros elementos del texto; c) la generalización, la misma que conecta con el mundo abstracto, siendo un gran apoyo para la aparición de las teorías de dominio específico; y finalmente, d) la redacción de oraciones y grupos de estas por parte del sujeto, a partir de su marco

teórico, subjetividades e intenciones (ibidem). En gracia de esto, surgen las microestructuras, las cuales son escenarios en los que los grupos de oraciones se esclarecen mutuamente, y las ideas sufren el establecimiento de reducciones, correspondencias, ampliaciones, sustituciones léxicas, integraciones, reorganizaciones, compresiones, ampliaciones, mutaciones, muertes, renacimientos y recreaciones; generando secuencias que constituyen las semillas de los párrafos (ibidem).

Adicionalmente, esas microestructuras necesitan enlazarse, en aras de que la coherencia global se haga presente en el escrito. Emerge entonces la macroestructura, la cual es un campo magnético invisible que agrupa todos los párrafos, dándoles un orden y una organización, con el fin de configurar el significado total del documento (Adicionalmente, esas microestructuras necesitan enlazarse, en aras de que la coherencia global se haga presente en el escrito. Emerge entonces la macroestructura, la cual es un campo magnético invisible que agrupa todos los párrafos, dándoles un orden y una organización, con el fin de configurar el significado total del documento (Van Dijk, 1992). Cabe señalar que, en la construcción de la unicidad del texto, tienen especial protagonismo la semántica y la sintaxis. En efecto, la primera hace referencia no solamente a los significados conceptuales de las palabras, sino también a las relaciones entre esas connotaciones; y la segunda, es resultado de la anterior. Cabe señalar que, en la construcción de la unicidad del texto, tienen especial protagonismo la semántica y la sintaxis. En efecto, la primera hace referencia no solamente a los significados conceptuales de las palabras, sino también a las relaciones entre esas connotaciones; y la segunda, es resultado de la anterior.

Capítulo 6.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Todos los esfuerzos realizados en este estudio, responden a un propósito: dar respuesta a la pregunta de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos. En esa dirección, los aportes hechos por el marco teórico, el análisis documental, y la técnica de la comparación constante, han permitido en primer lugar, construir unas teorías específicas acerca de cómo enseñar los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares y, en segundo lugar, dicha construcción discursiva, se ha plasmado en un material de enseñanza en formato digital, que contiene cinco principios, un material de apoyo para el profesor y una cartilla para el estudiante.

Se ha considerado una buena manera de presentar los resultados de este trabajo, la de dividir su derrotero en dos fases: a) formulación de las teorías de dominio específico sobre la enseñanza de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares, y b) materialización de dichas teorías en un documento digital.

6.1. FORMULACIÓN DE TEORÍAS HUMILDES O TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO.

Atendiendo a los tiempos y a los propósitos de la Maestría en enseñanza de ciencias exactas y naturales, este trabajo llega solo hasta la fase del diseño, lo que significa que se espera en posteriores etapas académicas, se pueda desarrollar su implementación y evaluación. Así que, los resultados de esta investigación cumplen con los anhelos de los tres objetivos específicos propuestos desde el inicio de este

tratado. Además, la riqueza gnoseológica contenida en las teorías de dominio específico, permite no solamente construir actividades para acceder a la comprensión de fenómenos astronómicos básicos, sino también conectar con diferentes sectores de las ciencias naturales.

Como ya se dijo en el capítulo anterior, el escenario donde se fraguan las teorías de dominio específico es el "instrumento metodológico para la comprensión" cuya estructura está conformada por cinco principios, los cuales se desarrollan a continuación.

6.1.1. Resultados del primer principio.

A manera de prólogo para el desarrollo de las categorías que han sido pre establecidas a partir de los cuatro principios de la Enseñanza por comprensión (Perkins, 1999), se presenta este primer principio, el mismo que ha sido llamado "contexto" por su capacidad de conducir al lector desde lo general a lo particular, en el camino de adentrarse en la construcción de las teorías de dominio específico. En ese marco, este primer sector del instrumento metodológico para la comprensión, se refiere inicialmente a la naturaleza de la ciencia, y a su misión dentro de la sociedad, en concordancia con lo expresado por los filósofos e historiadores de esta disciplina. En el marco de estos postulados, las subcategorías conducen el discurso hacia las conexiones entre los referentes curriculares del Estado colombiano y la enseñanza de la astronomía básica. Merced a estos documentos, se ha extractado textualmente de allí el estándar general que ilumina este estudio, además de haber proporcionado inspiración para escribir los derechos básicos de aprendizaje.

En la misma dirección, se presenta un escenario que muestra el proceso de transformación del currículo estatal en el currículo planeado. Visto esto, los referentes de calidad del Estado colombiano, se alinean en aras de comenzar a estructurar las teorías de dominio específico que han de informar la construcción de las actividades inspiradoras del ejercicio de la comprensión de los fenómenos

día-noche, eclipses y fases lunares. Así pues, este primer principio cumple a cabalidad su misión de conducir al lector a abocar las teorías humildes construidas desde los cuatro principios de la Enseñanza para la Comprensión.

Tabla 6.1. Desarrollo del primer principio del instrumento metodológico para la comprensión.

PRIMER PRINCIPIO (CONTEXTO)	
ELEMENTOS DEL CONTEXTO	DESARROLLO
<i>¿Cuáles son los aspectos disciplinares de la ciencia?</i>	<p>La ciencia es un escenario de constante confrontación, en el que las observaciones y los experimentos, intentan obtener la favorabilidad de los miembros de la comunidad científica, desde la fortaleza que les concede su capacidad de extraer respuestas del interior de los fenómenos de la naturaleza y el cosmos (Popper, 1967). Tomando esto en consideración, cada teoría es sometida a la verificación por parte del citado colectivo, ejercicio en el que la propuesta puede salir adelante o no. En resumen, el corpus de este saber, no sería más que los constructos que han sido capaces de soportar el proceso de falsabilidad, el cual es un principio epistemológico dirigido a establecer demarcaciones entre las teorías científicas, en aras de establecer su suficiencia.</p> <p>En efecto, como resultado de la acción constante de la verificabilidad, las propuestas científicas tienen una vida temporal, cuya longitud está supeditada a la capacidad de soportar los ataques de los nuevos postulados. Así mismo, refiriéndose a esa condición efímera de las premisas, Kuhn plantea: "la ciencia normal significa investigación basada en una o más realizaciones científicas, las mismas que alguna comunidad particular reconoce, solo durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica" (1962, p.33). En otras palabras, el nuevo paradigma (conjunto de premisas, teorías y métodos), permanecerá dominando el ambiente, mientras no aparezcan otros con mayor capacidad de respuesta a las preguntas del cada vez más renovado momento histórico. El</p>

éter, el flogisto, el elán vital, han sido entes efímeros, aunque hayan tenido el mérito de haber quemado etapas para que el conocimiento esté en el lugar en el que está hoy.

¿Cuáles son los aspectos disciplinares de la ciencia?

Haciendo referencia a los tópicos de la enseñanza de la astronomía, a lo largo del sistema escolar, el niño tiene contacto con abundantes contenidos que se le plantean desde diferentes currículos. De la misma manera, los temas relacionados con el Universo suelen ser de los más atractivos para estudiantes de todos los niveles, desde la enseñanza primaria, la secundaria y la terciaria -en la Universidad, a pesar de que el estudiante se define por una disciplina específica, ese interés no disminuye- (Vilches y Ramos, 2010). En particular, la comprensión de las interacciones del sistema Sol-Tierra-Luna han representado uno de los hitos más significativos en la historia y evolución del desarrollo científico, si tenemos en cuenta que, por ejemplo, la transición del pensamiento aristotélico al pensamiento moderno, y el consecuente paso del mito al logos, han tenido un enorme significado en la evolución de la inteligencia humana (Guerrero, 2004), y las implicaciones de una idea gigantesca como que la “Tierra no es el centro del Universo”, sino “un planeta más”, que gira alrededor del Sol, ha sido un hecho capital en el ejercicio de la concepción del Cosmos, lo que condujo en el Renacimiento, a “replantearse el mundo”, con los consecuentes remezones en la estabilidad del tetraedro: mito, magia, ciencia, religión.

¿Cuáles son las herramientas pedagógicas que orientan la enseñanza de la astronomía?

Si bien, el ser humano “siempre ha estado mirando al cielo”, al hacer una mirada retrospectiva de los estudios del contacto del niño con el Cosmos, se encuentra en la literatura de la psicología educativa que, el desarrollo de las representaciones infantiles relativas a los astros y al universo, comenzó a ser estudiado por Piaget en 1926, temas que están consignados en el libro “Construction of the child’s reality”. Así mismo, este sector de la ciencia, ha continuado haciendo aportes a la investigación educativa, lo que ha significado que, desde los años sesenta del siglo pasado, se empezaran a construir diferentes reformas educativas que condujeron entre otras cosas, a estandarizar el nivel de conocimientos de los estudiantes, de acuerdo con los grados de escolaridad. En ese sentido, el Ministerio de Educación de Colombia presentó en 2016, el documento “Derechos Básicos de Aprendizaje”, el cual abarca desde el grado primero, hasta el undécimo, y hace acopio del acervo de experiencias estructurantes que el infante recoge a partir de la interacción que este establece con el mundo a través del ejercicio de expresiones artísticas, el juego y la literatura (MEN, 2016).

Es preciso indicar que, el texto presenta una estructura tripartita, vale decir: enunciado, evidencias de aprendizaje y ejemplo. En cuanto a la astronomía, las siguientes son referencias que se hacen acerca de esta ciencia, en el tratado del MEN:

- Grado cuarto: Comprende que el fenómeno del día y la noche se debe a que la Tierra rota sobre su eje y en consecuencia el Sol sólo ilumina la mitad de su superficie. Así mismo, las evidencias de aprendizaje para este derecho son: registra y realiza dibujos de las sombras que proyecta un objeto que recibe la luz del Sol en diferentes momentos del día, relacionándolas con el movimiento aparente de este en el cielo; por medio de una maqueta o modelo, explica cómo se producen el día y la noche; observa y registra algunos patrones de regularidad (ciclo del día y la noche), elabora tablas y comunica los resultados; comprende que las fases de la Luna se deben a la posición relativa del sistema Sol-Luna-Tierra a lo largo del mes; realiza observaciones de la forma de la Luna y las registra mediante dibujos, explicando cómo varían a lo largo del mes; predice cuál sería la fase de la Luna que un observador vería desde la Tierra, dada una cierta posición relativa entre estos tres astros (MEN, 2016).

Otro documento que fue publicado con ocasión de las reformas curriculares en Colombia, son los Estándares Básicos de Competencias, el cual formaliza los niveles de conocimiento que constituyen referencia en cuanto a la capacidad de hacer y saber hacer por parte de los niños, en las diferentes áreas del conocimiento que abarca la educación colombiana (MEN, 2004).

Su estructura es: se presentan en la parte superior de cada tabla, estándares generales que hacen referencia a aquello que los niños deben saber y saber hacer al finalizar los diferentes grados. A continuación, los estándares se desglosan en tres columnas, que son: 1) “me aproximo al conocimiento como científico natural”, 2) “manejo conocimientos propios de las ciencias naturales” y 3) “desarrollo compromisos personales y sociales”.

En cuanto a la conexión entre los estándares básicos de competencias y la astronomía, se tiene:

¿Cuáles son las herramientas pedagógicas que orientan la enseñanza de la astronomía?

- Grado primero a tercero: registro el movimiento del Sol, la Luna y algunas estrellas en el cielo, durante determinado período.
- Grados cuarto y quinto: observo mi entorno; formulo preguntas sobre objetos, organismos y fenómenos de mi entorno y exploro posibles respuestas; hago conjeturas para responder a mis preguntas; registro mis observaciones en forma organizada, usando palabras, dibujos y números;

busco información en diversas fuentes (libros, internet, experiencias propias y de otros), dando el crédito correspondiente; identifico y comparo fuentes de luz, calor y sonido y su efecto sobre diferentes seres vivos; registro el movimiento del Sol, la Luna y las estrellas en el cielo, durante un período determinado; escribo los principales elementos del sistema solar, y establezco relaciones de tamaño, movimiento y posición; comparo el peso y la masa de un objeto en diferentes ubicaciones del sistema solar; describo las características físicas de la Tierra y su atmósfera; relaciono el movimiento de traslación con los cambios climáticos; establezco relaciones entre mareas, corrientes marinas, movimiento de placas tectónicas, formas del paisaje, relieve y las fuerzas que los generan.

¿Cuáles son los conocimientos prerrequisito que apoyan el aprendizaje de las ideas que configuran los tópicos generativos?

En concordancia con los estándares básicos de competencias y con los derechos básicos de aprendizaje, emanados del MEN de Colombia, los prerrequisitos para que el niño pueda acceder a la comprensión de los tópicos: día-noche, eclipses y fases lunares, deben surgir en primer lugar, de preguntas emanadas de la observación del firmamento a “ojo desnudo”, por ejemplo:

- ¿Cuáles son los principales astros para los habitantes de la Tierra?
- ¿Qué es el Sol?
- ¿Qué es la Luna?
- ¿Qué es la Tierra?
- ¿Qué es el sistema solar?
- ¿Por qué los astros se ocultan y reaparecen?
- ¿Por qué el Sol sale siempre por el mismo lugar? y, ¿Cómo se llama ese lugar?
- ¿Por qué el Sol se oculta siempre por el mismo lugar? y, ¿Cómo se llama ese lugar?
- ¿Cuál astro es más importante? ¿la Luna o el Sol?
- ¿Por qué el Sol brilla con luz propia y los planetas no?
- ¿Por qué si la Luna no tiene luz propia, la vemos brillar?

Adicionalmente, tiene que haber una conexión constante con los modelos que a lo largo de la historia han presentado los principales pensadores: modelo de Ptolomeo y el modelo de Copérnico.

Las investigaciones indican que la problemática de la formación inicial de profesores, muestra carencias durante toda su trayectoria. La mayoría de los maestros no pueden entender algunos temas y enseñarlos en clase, por no haber recibido la instrucción pertinente. (Nardi y Langui, 2012). Este aprendizaje no contempla

adecuadamente la inclusión de contenidos de la astronomía, como está previsto por las directrices curriculares de la nación.

En ese sentido, las principales carencias disciplinares de los profesores de ciencias, en cuanto a la astronomía, son: a) no se tiene claro el papel de la astronomía en la orientación, debido a que muchos sectores de la sociedad viven de espaldas a la naturaleza; b) No se familiariza a los niños con métodos de la astronomía de observación a “ojo desnudo”; c) atribuyen las estaciones a las diferentes distancias en que se encuentra la Tierra con respecto al Sol en su recorrido elíptico; d) Generalmente se incurre en errores en las representaciones del sistema Tierra-Luna, en cuanto a tamaños relativos y a distancias entre ellas; e) no se familiariza a los estudiantes con los procedimientos de los científicos, quienes elaboran modelos para explicar los fenómenos cósmicos (geocéntrico, heliocéntrico, newtoniano), sin comprender que algunos enunciados solo toman sentido cuando son presentados a través de un modelo (la gravitación universal, rompe la barrera Tierra-cielo, y para explicar el heliocentrismo, la Tierra no es un lugar privilegiado); f) no se tiene claro que la Vía Láctea es el plano del sistema solar; los profesores ignoran las conexiones entre la astronomía con la tecnología y la sociedad, debido a que la enseñanza es a nivel muy teórico (Solbes y Palomar, 2013).

Así mismo, un profesor que aspire a convertirse en ejemplar, debe ser alguien al que aprender a enseñar, le signifique estar en concordancia con sus creencias y valores. (Nardi y Langui, 2012). De hecho, hacer esta práctica significa recorrer una trayectoria, una ruta de sobrevivencia profesional, reconociendo que tal acto es individual, personal, íntimo, atado a sus creencias, actitudes, aptitudes, experiencias previas, motivaciones, intereses y expectativas.

6.1.2. RESULTADOS DEL SEGUNDO PRINCIPIO.

Tabla 6.2. Resultados del segundo principio del instrumento metodológico para la comprensión

SEGUNDO PRINCIPIO: TÓPICOS GENERATIVOS

En este principio, se alude al proceso de selección de tres eventos cósmicos, que hacen parte del entorno natural del niño, los cuales, por sus características, encarnan la condición de tópicos generativos. En particular, teniendo en cuenta el postulado de que la interacción del sujeto con su ambiente es esencial para el aprendizaje, se han escogido los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares. En virtud de esto, se pretende alentar al infante a descubrir, resolver interrogantes, e interiorizar contenidos que, por su naturaleza asombrosa, le interesan mucho. Es importante mencionar, que el chico de quinto de primaria, está haciendo una transición entre el nivel ingenuo de comprensión, y el escalón de principiante, lo cual constituye un escenario que favorece el estudio de estos asuntos del universo. Así mismo se aspira a que, a partir de la participación en las actividades, las mismas que han sido construidas desde sus ideas alternativas, se vea impulsado a interpretar la información, a rumiarla, a hacer inferencias, a generar escenarios de convivencia entre sus concepciones mágicas y las ideas científicas.

Dicho de otra manera, este proceso procura resolver un interrogante que siempre ha acompañado al docente, a saber: ¿qué tópicos vale la pena comprender? Es preciso mencionar, que este cuestionamiento no fluye en solitario por el escenario cognitivo. Está atado a otras preguntas con las que se halla cohesionado, dentro de un entramado cuya misión es hacer aportes a la construcción de la estructura mental del niño, vale decir: una

vez elegidos los tópicos generativos, ¿qué sectores de ese contenido deben comprender los estudiantes?, o, ¿cómo fomentar la comprensión?, además, ¿cómo sabemos que los aprendices han comprendido? Es importante aclarar que, a partir de estas discusiones, se han construido las premisas básicas de Perkins y Unger (1999).

A continuación, se presenta el desarrollo de este segundo principio, desde la estrategia de construcción teórica a partir de interrogantes.

ELEMENTOS	DESARROLLO
<p><i>¿Cuáles son los tópicos generativos y sus características</i></p>	<p>Los postulados de Perkins y Unger (1999), son cuatro: a) tópico generativo, b) metas por comprensión, c) desempeños por comprensión y d) evaluación formativa. Ciertamente, la acción de elegir los contenidos sobre los que se va a trabajar (primer paso), es crucial, si se tiene en cuenta que estos deben tener la capacidad suficiente para “echar a andar” el proceso naciente. Sumado a esto, “ser generativos”, significa también, que deben aglutinar las otras tres premisas a su alrededor, de tal manera que estas últimas, graviten sobre ellos. En otras palabras, las metas de aprendizaje, las acciones de pensamiento y la evaluación de la comprensión que haya alcanzado el niño, se ejercen a partir de la calidad de los tópicos seleccionados. En ese sentido, con el propósito de verificar las cualidades de estos, a continuación, se hace un análisis, basado en los siguientes cuatro cuestionamientos.</p>
<p><i>¿Cuáles son los tópicos generativos y sus características?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Deben tener la condición de ser nucleares a la disciplina: <p>Los tres eventos cósmicos en consideración en este trabajo: día-noche, eclipses y fases lunares, son fenómenos que tienen una enorme conexión con la vida del ser humano. Conviene subrayar que, desde el postulado de que el Sol y la Luna son los astros más importantes para los habitantes de la Tierra, las manifestaciones que surjan de sus interacciones, condicionan la vida de las personas (Percy, 2004).</p>

En efecto, se puede afirmar que estos tres contenidos tienen la capacidad de ser centrales a la disciplina, si se tiene en cuenta el cúmulo de conocimientos que puede ser extraído de su interior. Ciertamente, los contenidos de la astronomía, tienen una inmensa capacidad integradora y muchas conexiones transversales, lo que hace méritos para que sobre ellos se puedan construir metas de aprendizaje, las actividades que permitirán observar el desempeño de los estudiantes y desde allí, formular la evaluación formativa. Robusteciendo estas ideas, se puede afirmar que, los fenómenos cósmicos son elementos constitutivos de la estructura cultural de todas las sociedades. Por ejemplo, sobre la base del giro de la Tierra alrededor del Sol y de la Luna alrededor de esta, se han construido los calendarios; cada vez que el planeta cumple su ciclo de traslación, las personas tienen un año más de edad; en los países del sur y del norte, existen las cuatro estaciones, en fin, las interacciones de los tres astros, condicionan aspectos de la estructura cultural de la humanidad.

- **Deben ser accesibles e interesantes para los estudiantes**

El hecho de que un tópico sea atractivo para el niño (y por lo tanto motivador), allana el camino para la comprensión. En efecto, si un estudiante está seducido por los fenómenos del universo, este ímpetu, tiene la capacidad de darle la suficiente fuerza, para penetrar en el núcleo del concepto, contrariamente a lo que ocurriría, si el escenario estuviera imbuido de la apatía. De hecho, la motivación intrínseca, es uno de los elementos primordiales al enfrentar conceptos de la ciencia en el aula de clase (Blythe, 1999). El verbo motivar, cuya raíz latina es “*muovere*”, se refiere a la capacidad de impeler al movimiento, y son sinónimos suyos: exhortar, impulsar, incentivar, propiciar, entre otros. Los fenómenos astronómicos, las historias de seres de otros planetas, los viajes espaciales, son elementos de

mucho interés para todos los niños (Zuluaga, 2016). Estos eventos cósmicos atraen a los jóvenes hacia la ciencia y la tecnología. Se dice que los contenidos más populares para los infantes son los dinosaurios, y las historias del espacio. Además, “el saber contenido en ella, puede aumentar la comprensión y la apreciación de la ciencia y la tecnología” (Percy, J., 2006, p. 250).

De la misma manera, el niño puede acercarse a los tres fenómenos propuestos, examinando el cielo a “ojo desnudo”. Es preciso aclarar, que es posible observar el Sol cuando sale por la mañana o en el ocaso por la tarde; los eclipses, aunque no son fenómenos de todos los días, también es posible avizorarlos (existen en los medios electrónicos, muchos videos reales de eclipses), igualmente a las fases de la Luna, se les puede atisbar con facilidad, si se tiene en cuenta que este astro se hace presente todas las noches, incluso de día.

¿Cuáles son los tópicos generativos y sus características? (continuación).

- **Deben producir pasión en el docente**

La pasión en el ejercicio de la docencia, es una propiedad que es inherente a la buena práctica educativa, la cual aparece explícitamente denotada como afecto, entusiasmo, o fuerza incentivadora, todas estas, cualidades que brotan del amor universal (Porta y Yeyaide, 2013). Así mismo, como se habla del interés que un tema debe generar en el alumno, también en el caso del docente, ese ánimo debe estar presente. En otras palabras, un profesor apasionado por un contenido, tiene mayor capacidad de influir positivamente en sus alumnos (Perkins, 1999).

En la práctica de la docencia, se debe recordar que tanto el profesor como los estudiantes son seres humanos, es decir expresiones de vida sintientes, pensantes, sufrientes, y por esa razón ni la medición cuantitativa, ni la pura explicación

***¿Cuáles son los
tópicos
generativos y sus
características?
(continuación)***

científica, deben ser instrumentos únicos para evaluar la comprensión (Porta y Yeyaide, 2013). Desde allí, desde el reconocimiento de que la clase es un escenario en el que además de los componentes científicos están presentes los componentes humanos, se articula el deseo de incentivar a los estudiantes a ingresar en las profundidades de los conceptos científicos.

El ejercicio de la curiosidad y el asombro del docente por el tema específico, deben generar "pasión visibilizada" (Stone Whiske, 1999),

la misma que debe estar inmersa en valores como respeto, consideración, honestidad, cooperación, gratitud, aprecio, lo que implica para el docente, regocijarse por los progresos de sus alumnos, y para los estudiantes, disfrutar del ejercicio de la comprensión. Esto seguramente permitirá que no se olvide que el hecho educativo, es por encima de lo científico, un hecho humano.

- **Deben ser ricos en la capacidad de generar conexiones con otros tópicos**

Un tópico generativo con capacidad de producir conexiones con otros contenidos, se vincula con facilidad a las experiencias previas de los alumnos (Perrone, 1999). En ese sentido, por su capacidad abarcadora, los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, tienen una estrecha relación con otras disciplinas del bachillerato, razón por la cual pueden apalancar la comprensión de contenidos conectados. Por ejemplo, al explicar el giro elíptico de la Tierra alrededor del Sol, se puede aprovechar para enfrentar el objeto de conocimiento de las cónicas en matemáticas (circunferencia, hipérbola, parábola y elipse). Así mismo, al hacer un recorrido histórico por los diferentes modelos de sistema solar, es posible acoger currículos de la filosofía (Las disertaciones sobre el universo, siempre han atado la física, la filosofía y las matemáticas).

También, al explicar el movimiento de los planetas, se pueden enfrentar lecciones como movimiento constante, movimiento uniformemente acelerado y las leyes de la mecánica newtoniana.

Finalmente, desde el descubrimiento hecho a las bondades de los tópicos propuestos en este trabajo, al someterlos a la criba de los cuatro criterios anteriormente citados, es posible afirmar que los conceptos día-noche, eclipses y fases lunares, son tópicos generativos. Dicho de otra manera, tienen la capacidad de promover, los procesos de definición de metas de comprensión, diseño de actividades para alentar el desempeño de los niños y generar escenarios idóneos para ejercer la comprensión evaluativa.

A continuación, se empieza a desarrollar el Plan de Integración de los Componentes Curriculares, en torno a los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares. En virtud de esto, se hace un recorrido desde un estándar general elegido, vale decir: "Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y modificaciones de la energía en el entorno", hasta llegar a la construcción del aprendizaje, como resultado de la conjunción entre las competencias y los contenidos. Con el propósito de poderlo leer con facilidad, se presenta este PICC en tablas separadas para cada uno de los fenómenos, así: al fenómeno día-noche corresponden las tablas 6.3 y 6.4; al fenómeno eclipses solar y lunar, corresponden las tablas 6.5 y 6.6; al fenómeno de las fases lunares, corresponden las tablas 6.7 y 6.8.

En esa dirección se presenta a continuación, la matriz vacía de este plan, que como ya se dijo, por cuestiones de espacio se desarrolla en varias tablas, fenómeno por fenómeno.

Figura 6.1. Plan de integración de un estándar de competencias, derechos básicos de aprendizaje, acciones de pensamiento y matriz de referencia, en torno al desarrollo de la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares.

PLAN DE INTEGRACIÓN DE COMPONENTES CURRICULARES								
			ESTANDAR GENERAL Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno (MEN, 2004, p.17).					
DÍA-NOCHE			ECLIPSES			FASES LUNARES		
DERECHO BÁSICO DE APRENDIZAJE			DERECHO BÁSICO DE APRENDIZAJE			DERECHO BÁSICO DE APRENDIZAJE		
ACCIONES DE PENSAMIENTO			ACCIONES DE PENSAMIENTO			ACCIONES DE PENSAMIENTO		
Para lograrlo: ...me aproximo al conocimiento como científico natural			Para lograrlo: ...me aproximo al conocimiento como científico natural			Para lograrlo: ...me aproximo al conocimiento como científico natural		
...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales. Ciencia, tecnología y sociedad.			...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales. Ciencia, tecnología y sociedad.			...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales. Ciencia, tecnología y sociedad.		
METAS DE APRENDIZAJE			METAS DE APRENDIZAJE			METAS DE APRENDIZAJE		
	Componente	Entorno físico		Componente	Entorno físico		Componente	Entorno físico
Competencia	Aprendizaje	Evidencia	Competencia	Aprendizaje	Evidencia	Competencia	Aprendizaje	Evidencia
Uso de conceptos			Uso de conceptos			Uso de conceptos		
Explicación de fenómenos			Explicación de fenómenos			Explicación de fenómenos		

Fuente: adaptación de Candela, 2016.

Tabla 6.3. Plan de integración de contenidos curriculares fenómeno día-noche

INTEGRACIÓN COMPONENTES CURRICULARES (TÓPICO: DÍA-NOCHE).
<p>ESTÁNDAR GENERAL:</p> <p>"Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno" (MEN, 2004, p.17).</p>
<p>DERECHO BÁSICO DE APRENDIZAJE:</p> <p>"Comprende que el fenómeno del día y la noche se debe a que la Tierra rota sobre su eje y en consecuencia el Sol sólo ilumina la mitad de su superficie" (MEN, 2016, p.16).</p>
<p>ACCIONES DE PENSAMIENTO:</p> <p>Para lograrlo: me aproximo al conocimiento como científico natural.</p> <p>a) Describo acciones de las personas, animales, plantas, cuando el entorno está iluminado.</p> <p>b) Describo acciones de las personas, animales, plantas, cuando el entorno está a oscuras.</p> <p>c) Observo la posición del Sol, durante cinco días, a las 6 pm, asesorado por mi profesor.</p> <p>Entorno físico</p> <p>a) Registro mis resultados, escribiendo de una manera organizada y clara.</p> <p>b) Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p> <p>...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales.</p> <p>Ciencia, tecnología y sociedad.</p> <p>a) Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.</p>
<p>COMPETENCIAS A DESARROLLAR</p> <p>Al final del quinto grado, el estudiante:</p> <p>a) Identifica el Sol como fuente de Luz en el sistema Sol-Tierra-Luna.</p> <p>b) Identifica la Tierra como cuerpo celeste que no tiene la capacidad de emitir luz propia, y, en consecuencia, necesita de la luz solar para el desarrollo de sus procesos de vida.</p> <p>c) Conoce que la Tierra gira sobre su eje, dando una vuelta completa cada 24 horas.</p> <p>d) Identifica la causa del fenómeno día-noche, como la interacción entre la luz del Sol y la rotación de la Tierra sobre su eje.</p> <p>e) Escribe y lee en voz alta, pequeñas reflexiones sobre el fenómeno día-noche.</p>

Tabla 6.4. Plan de integración de componentes curriculares (eclipses).

INTEGRACIÓN COMPONENTES CURRICULARES (ECLIPSES).
<p>ESTÁNDAR GENERAL:</p> <p>"Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno" (MEN, 2004, p.17).</p>
<p>DERECHO BÁSICO DE APRENDIZAJE:</p> <p>Comprende que el fenómeno del eclipse de Sol se debe a que la Luna se interpone entre la luz del Sol y la Tierra, produciendo una "noche temporal" en este planeta (para el eclipse de Sol).</p> <p>Comprende que el fenómeno del eclipse de Luna, consiste en que la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna y se produce una sombra sobre este satélite (para el eclipse de Luna).</p>
<p>ACCIONES DE PENSAMIENTO:</p> <p>Para lograrlo: me aproximo al conocimiento como científico natural.</p> <p>a) Describo las principales características de un cuerpo traslúcido</p> <p>b) Describo las características de un cuerpo opaco</p> <p>c) Formulo preguntas, escribiendo a partir de la naturaleza de la sombra que un cuerpo produce sobre otro.</p> <p>Entorno físico</p> <p>a) Relaciono los tamaños y la forma de la Tierra y la Luna, con el propósito de estudiar las sombras proyectadas.</p> <p>b) Describo las características de la sombra proyectada por un cuerpo, en cuanto a contorno y a tamaño.</p> <p>c) Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p> <p>...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales.</p> <p>Ciencia, tecnología y sociedad.</p> <p>a) Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.</p>
<p>COMPETENCIAS A DESARROLLAR</p> <p>Al final del quinto grado, el estudiante:</p> <p>Al final del quinto grado, el estudiante:</p> <p>a) Identifica la causa del fenómeno de los eclipses, como el ocultamiento de un astro por parte de otro, dentro del sistema Sol-tierra-Luna.</p> <p>b) Identifica el eclipse de Sol.</p> <p>c) Identifica el eclipse de Luna.</p>

- d) Escribe y lee en voz alta, pequeñas reflexiones sobre el fenómeno de los eclipses.

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 6.5. Plan de integración de componentes curriculares (fases lunares).

INTEGRACIÓN COMPONENTES CURRICULARES (FASES LUNARES).

ESTÁNDAR GENERAL:

"Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno" (MEN, 2004, p.17).

DERECHO BÁSICO DE APRENDIZAJE:

"Comprende que las fases de la Luna se deben a la posición relativa del Sol, la Luna y la Tierra a lo largo del mes" (MEN, 2016, p.16).

ACCIONES DE PENSAMIENTO:

Para lograrlo: me aproximo al conocimiento como científico natural.

- a) Observo diferencias entre la luz que emite el Sol y la luz que emite la Luna
 b) Describo los movimientos de la Tierra alrededor del Sol y de la Luna alrededor de la Tierra.

Entorno físico

a) Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores.

...manejo conocimientos propios de las ciencias naturales.

Ciencia, tecnología y sociedad.

a) Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.

COMPETENCIAS A DESARROLLAR

Al final del quinto grado, el estudiante:

- a) Conoce y describe los movimientos de traslación y rotación de la Tierra.
 b) Conoce y describe los movimientos de rotación y traslación de la Luna.
 c) Conoce y describe las ocho fases de la Luna, e identifica sus causas.
 d) Escribe y lee en voz alta, pequeñas reflexiones sobre las fases lunares.

Fuente. Elaboración propia.

6.1.3. RESULTADOS DEL TERCER PRINCIPIO.

Tabla 6.6. Resultados del tercer principio

TERCER PRINCIPIO: METAS POR COMPRENSIÓN

En este tercer principio, se hace referencia al proceso por medio del cual, el estudiante empieza a apropiarse de sistemas de símbolos (Stone, 1999), los que le irán permitiendo gradual y paulatinamente, acceder a la comprensión de los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares. En ese marco, el empoderamiento de representaciones mentales, se desarrollará mediante un grupo de actividades, las cuales estarán gobernadas por el ciclo de Karplus (1967). Cabe señalar, que esta metodología consta de tres etapas: a) exploración, b) introducción y c) aplicación; tríada que tiene la misión de delinear un camino para que el niño interiorice racionalmente el fenómeno estudiado.

Así mismo, las metas por comprensión diseñadas se destilan de los referentes del Estado colombiano, y tienen un papel crucial en el desarrollo del plan de integración de componentes curriculares. Naturalmente, entre estas metas y las fases del ciclo de aprendizaje existe una relación biunívoca, donde los cuatro niveles por comprensión de Perkins (1999) orientan de manera progresiva los razonamientos y acciones inteligentes de los estudiantes al moverse por el corredor conceptual representado por la secuencia de actividades de aprendizaje que escenifican los fenómenos naturales antes mencionados. Por ejemplo, cuando el niño empieza a explorar un suceso, está ubicado en el nivel ingenuo; en la fase de introducción, crece en la aprehensión del evento a través del contacto con compañeros, profesores, textos escritos y textos multimedia, lo que significa que hace las veces de principiante o de aprendiz; y finalmente, cuando aplica lo interiorizado en otros contextos diferentes al escenario inicial, está en el nivel de maestría.

Esta idea, se compendia en el cuadro que se muestra a continuación, en el que se esbozan las relaciones biunívocas entre las tres etapas del ciclo de aprendizaje de Karplus (1967) y los cuatro niveles de comprensión de Perkins (1999).

Tabla 6.7. Relación entre las fases del ciclo de aprendizaje y los cuatro niveles de comprensión.

RELACIÓN ENTRE LAS TRES ETAPAS DEL CICLO DE APRENDIZAJE (KARPLUS), Y LOS CUATRO NIVELES DE COMPRENSIÓN (PERKINS)	
CICLO DE APRENDIZAJE	NIVELES DE COMPRENSIÓN
Exploración	Ingenuo
Introducción	Principiante
	Aprendiz
Aplicación	Maestría

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que, en el proceso de la educación hay tres elementos que interactúan intercambiándose: el conocimiento, las habilidades y la comprensión (Perkins, 1999). Por antonomasia, estos tres componentes, están conectados intrínsecamente con los referentes curriculares del Estado colombiano y también por supuesto, con la metodología de Karplus y con los escalones que propone Perkins para penetrar en el conocimiento de un sistema. En relación con esto, en ese ambiente sinérgico, las acciones de pensamiento se hacen presentes en las tres fases del ciclo de aprendizaje orientando los comportamientos y los razonamientos de los estudiantes, los mismos que le permitirán moverse en el continuo de los niveles de descubrimiento de los misterios del fenómeno estudiado específicamente.

En virtud de esto, las actividades correspondientes al presente material de enseñanza sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares, se han concebido desde cuatro principios: a) proporcionar al estudiante todos los elementos necesarios para que alcance las competencias propuestas, b) construirlas en lo posible, tomando como base las concepciones previas de los aprendices, c) tomar en cuenta que una cadena de pequeñas comprensiones, permite recorrer un camino paulatino y seguro, d) superar el conflicto con viejos esquemas, o generar convivencia con ellos (Perrone, 1999).

Como ya se dijo, la comprensión es un proceso que va más allá del conocimiento. En ese sentido, si se pretende que el estudiante sea capaz de desempeñarse con los conceptos, debe generar un proceso de profunda apropiación de la idea (Perrone, 1999). Adicionalmente, de acuerdo con la propuesta de los cuatro escalones de Perkins (1999) en el nivel de maestría (que es el último), el aprendiz ya ha comprendido el fenómeno y en consecuencia es capaz de asociarlo con otros elementos de la vida cotidiana.

Conviene tener presente que, para enfrentar los tres fenómenos cósmicos, motivo de este trabajo, es necesario trabajar algunos conocimientos previos:

- Concepto de estrella (cuerpo que emite luz propia).
- Concepto de planeta (cuerpo que no emite luz propia y gira alrededor del Sol).
- Concepto de satélite (cuerpo que no emite luz propia y gira alrededor de un planeta).

Y otros tres que se derivan de los anteriores:

- El Sol es una estrella, por lo tanto, emite luz propia.
- La Tierra es un planeta, por lo tanto, no emite luz propia, además, gira alrededor del Sol y recibe la luz de este.
- La Luna es un satélite, por lo tanto, no emite luz propia, además, gira alrededor de la Tierra y recibe la luz del Sol.

En ese camino, con el propósito de desarrollar el plan de integración de coherencia curricular, se presenta a continuación un recorrido por éste, discriminando las metas por comprensión correspondientes a cada uno de los tópicos objeto de este trabajo.

Tabla 6.10. Desarrollo del tercer principio del instrumento metodológico de la comprensión.

DEL FENÓMENO DÍA-NOCHE

Estándar de los grados cuarto y quinto:

“Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno” (MEN, 2004, p.17).

Derecho básico de aprendizaje:

“Comprende que el fenómeno del día y la noche se debe a que la Tierra rota sobre su eje y en consecuencia el sol sólo ilumina la mitad de su superficie” (MEN, 2016, p.16).

Niveles de comprensión a desarrollar:

Al final del quinto grado, el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender la dinámica de las relaciones entre el Sol y la Tierra.

Aprendizaje construido desde la competencia “uso de conceptos” y el componente “entorno físico”:

- Comprender la dinámica de las relaciones entre el Sol y la Tierra.

Con sus correspondientes evidencias:

- Registra y realiza dibujos de las sombras que proyecta un objeto que recibe la luz del Sol en diferentes momentos del día, relacionándolas con el movimiento aparente del Sol en el cielo.
- Observa y registra algunos patrones de regularidad (ciclo del día y la noche), elabora tablas y comunica los resultados.
- Escribe textos cortos sobre el fenómeno día-noche.

¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar en el ámbito del

Aprendizaje construido desde la competencia “explicaciones de fenómenos” y el componente “entorno físico”:

fenómeno día-noche?

- Comprender la dinámica de las relaciones entre el Sol y la Tierra.

Con sus correspondientes evidencias:

- Explica por medio de una maqueta de la Tierra y el Sol, cómo se producen el día y la noche.

¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar en el ámbito del fenómeno día-noche?

FENÓMENO: DÍA-NOCHE		
Correspondencia niveles de comprensión y fases de aprendizaje	Avance gradual en las comprensiones	Acciones de pensamiento
<p>Nivel ingenuo</p> <p>↓</p> <p>fase de exploración</p>	<p>Observo mi entorno, cuando este está iluminado.</p> <p>Observo mi entorno, cuando este está a oscuras.</p>	<p>Describo los principales elementos del sistema Sol-Tierra- Luna, y establezco relaciones de tamaño.</p> <p>Observo la posición del Sol, todos los días a las 7 am y a las 6 pm, durante un mes (guardando las medidas de protección recomendadas).</p>
<p>Nivel de principiante</p> <p>↓</p> <p>fase de introducción</p>	<p>Comprendo que cuando el Sol ilumina, a ese fenómeno se le denomina "día".</p> <p>Comprendo que cuando el Sol no está presente, a ese fenómeno se le denomina "noche"</p>	<p>Formulo preguntas inspiradas por mis observaciones, y elijo una que me conduzca a indagaciones y respuestas.</p> <p>Propongo y realizo experimentos sobre el fenómeno día-noche. (uso la linterna de mi teléfono y una pelota).</p>
<p>Nivel de aprendiz</p> <p>↓</p> <p>fase de introducción</p>	<p>Comprendo que simultáneamente en la mitad del planeta se da el día y en la otra mitad, se da la noche.</p>	<p>Registro mis resultados, escribiendo de una manera organizada y clara.</p> <p>Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p>
<p>Nivel de maestría</p> <p>↓</p> <p>fase de explicación</p>	<p>Comprendo las dinámicas de las relaciones entre el Sol y la Tierra.</p>	<p>Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.</p> <p>Explico cómo se producen el día y la noche, por medio de una maqueta o modelo de la Tierra y del Sol.</p>

DEL CONCEPTO: ECLIPSES**Estándar de los grados cuarto y quinto:**

“Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno” (MEN, 2004, p.17).

Derecho básico de aprendizaje construido:

Comprende que el fenómeno del eclipse de Sol se debe a que la Luna se interpone entre la luz del Sol y la Tierra, produciendo una “noche temporal” en este planeta. Comprende que el fenómeno del eclipse de Luna, consiste en que la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna y se produce una sombra sobre este satélite.

Niveles de comprensión a desarrollar:

Al final del quinto grado, el estudiante está en capacidad de:

- Comprender la dinámica del sistema Sol-Tierra-Luna.
- Comprender la naturaleza y las relaciones de las trayectorias de los tres astros en cuestión.

Aprendizaje construido desde la competencia “uso de conceptos” y el componente “entorno físico”:

- Comprender la dinámica del sistema Sol-Tierra-Luna.
- Comprender la naturaleza y las relaciones de las trayectorias de los tres astros en cuestión.

Con sus correspondientes evidencias:

- Realiza dibujos del proceso de ocultamiento de un astro por otro, a partir de la observación de videos reales de eclipses de Sol y de Luna.
- Explica cómo se produce el eclipse de Sol, por medio de una maqueta hecha con una linterna, un pequeño mapamundi y una pelota plástica.
- Hace lo mismo, para explicar el fenómeno del eclipse de Luna.
- Escribe reflexiones cortas sobre el fenómeno de los eclipses.

Aprendizaje construido desde la competencia “explicaciones de fenómenos” y el componente “entorno físico”:

- Comprender la dinámica del sistema Sol-Tierra-Luna.
-

-
- Comprender la naturaleza y las relaciones de las trayectorias de los tres astros en cuestión.

Con sus correspondientes evidencias:

¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar en el escenario de los fenómenos de los eclipses solar y lunar?

- Explica cuáles son los componentes y principales características del sistema Sol-Tierra-Luna.
 - Explica cómo se produce el eclipse de Sol, por medio de una maqueta hecha con una linterna, un pequeño mapamundi y una pelota plástica.
 - Explica cómo se produce el eclipse de Luna, por medio de una maqueta hecha una linterna, un pequeño mapamundi y una pelota plástica.
 - Realiza dibujos mostrando la forma de ambas trayectorias.
-

FENÓMENO: ECLIPSES DE SOL Y DE LUNA		
Correspondencia niveles de comprensión y fases de aprendizaje	Avance gradual en las comprensiones	Acciones de pensamiento
Nivel ingenuo  fase de exploración	<p>Observo que de vez en cuando un astro se interpone entre otros dos.</p>	<p>Describo las principales características del Sol, la Tierra y la Luna.</p> <p>Observo los tipos de luz que emiten el Sol y la Luna.</p>
Nivel de principiante  fase de introducción	<p>Observo que unas veces, la Tierra se ubica entre el Sol y la Luna.</p> <p>Observo que otras veces, la Luna se ubica entre el Sol y la Tierra.</p>	<p>Formulo preguntas, escribiendo a partir de la naturaleza de la sombra que un cuerpo produce sobre otro.</p> <p>Relaciono los tamaños y la forma de la Tierra y la Luna, con el propósito de estudiar las sombras proyectadas</p>
Nivel de aprendiz  fase de introducción	<p>Comprendo que cuando la Tierra se ubica entre el Sol y la Luna, el planeta impide que la luz de este, llegue al satélite. A este fenómeno se le llama "eclipse de Luna".</p> <p>Comprendo que cuando la Luna se ubica entre el Sol y la Tierra, el satélite impide que la luz de este, llegue al planeta. A este fenómeno se le llama "eclipse de Sol".</p>	<p>Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p> <p>Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.</p>
Nivel de maestría  fase de explicación	<p>Comprendo la dinámica del sistema Sol-Tierra-Luna.</p> <p>Comprendo la naturaleza y las relaciones de las trayectorias de los tres astros en cuestión.</p>	<p>Explico cómo se produce el eclipse de Sol, por medio de una maqueta hecha con un mapamundi, una pelota de plástico y la linterna del teléfono.</p> <p>Explico cómo se produce el eclipse de Luna, por medio de una maqueta hecha con un mapamundi, una pelota de plástico y la linterna del teléfono</p>

¿Qué

comprensiones

específicas, se

pretende

trabajar dentro

de los

fenómenos

eclipses de Sol

y de Luna?

DEL CONCEPTO: FASES LUNARES

Estándar de los grados cuarto y quinto:

“Me ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno” (MEN, 2004, p.17).

Derecho básico de aprendizaje:

“Comprende que las fases de la Luna se deben a la posición relativa del Sol, la Luna y la Tierra a lo largo del mes” (MEN, 2016, p.16).

Niveles de comprensión a desarrollar:

Al final del quinto grado, el estudiante estará en capacidad de:

- Comprender las posiciones relativas entre el Sol, la Tierra y la Luna (pensamiento espacial).

Aprendizaje construido desde la competencia “uso de conceptos” y el componente “entorno físico”:

- Comprender las posiciones relativas entre el Sol, la Tierra y la Luna (pensamiento espacial).

Con sus correspondientes evidencias:

- Realiza observaciones de la forma de la Luna y las registra mediante dibujos, explicando cómo varían a lo largo del mes.
- Predice cuál sería la fase de la Luna que un observador vería desde la Tierra, dada una cierta posición relativa entre la Tierra, el Sol y la Luna.
- Escribe pequeñas reseñas sobre el fenómeno de las fases lunares.

Aprendizaje construido desde la competencia “explicaciones de fenómenos” y el componente “entorno físico”:

- Comprender las posiciones relativas entre el Sol, la Tierra y la Luna (pensamiento espacial).

Con sus correspondientes evidencias:

- Explica la causa de las fases de la Luna, a partir de una maqueta.

¿Qué comprensiones específicas, se pretende trabajar con el fenómeno de las fases lunares?

FENÓMENO: FASES LUNARES		
Correspondencia niveles de comprensión y fases de aprendizaje	Avance gradual en las comprensiones	Acciones de pensamiento
Nivel ingenuo  fase de exploración	Observo que, aunque la Luna no tiene luz propia, brilla.	Observo la luna durante un mes, con el propósito de observar sus fases. Formulo preguntas sobre los diferentes sectores que la Luna presenta iluminados
Nivel de principiante  fase de introducción	Comprendo que la Luna brilla, porque refleja la luz del Sol. Observo que la Luna algunas veces se presenta parcialmente iluminada y otras veces, totalmente.	Relaciono la superficie iluminada de la Luna, con la posición relativa del observador en la Tierra. Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores)
Nivel de aprendiz  fase de introducción	Observo que hay un orden en la sucesión de los diferentes sectores iluminados de la Luna, a lo largo del mes.	Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.
Nivel de maestría  fase de explicación	Comprendo las posiciones relativas entre el Sol, la Tierra y la Luna (pensamiento espacial).	Explico la causa de las fases de la Luna, a partir de una maqueta.

A pesar de que, en los trabajos de Perkins se habla de la comprensión como elemento atado al desempeño, esta es una idea muy antigua planteada desde el postulado de que, si se quiere que los alumnos tengan capacidad para aplicar sus conocimientos en la cotidianidad, estos tienen que ser internalizados como base para un aprendizaje constante

y amplio (Perrone, 1999). En otras palabras, la educación desde la comprensión, debe entregar herramientas al niño que le permitan a este, ejercer el pensamiento crítico, tener elementos para ser capaz de sortear la complejidad de estos tiempos, y vivir productivamente en un mundo en rápido cambio. Ciertamente, por la naturaleza abarcadora de los tres tópicos propuestos, al estudiarlos, el infante se conecta con el origen del Universo, los planetas, el Sol y la Luna, lo que implica que, esta comprensión lo conduce a expandir la mente a regiones de pensamiento abstracto, con tamaños, distancias y tiempos gigantescos, como ninguna otra disciplina.

De la misma manera, el estudio de los fenómenos astronómicos estimula en el niño la observación, la imaginación, la construcción de modelos y el estudio de las teorías visionarias, que a lo largo de la historia han permitido dar saltos grandes en el avance del ser humano. En cuanto al trabajo al interior del aula, en la física, existen muchas relaciones con los eventos cósmicos, como la gravitación, la rotación de los planetas, el espectro electromagnético. En relación con las matemáticas, es posible enfrentar la trigonometría, el conocimiento de las cónicas (elipse, circunferencia, hipérbola y parábola). Además, la pertenencia al sistema Sol, Tierra, Luna, estimula en el niño el reconocimiento de su condición cósmica, en el sentido de que es consciente de su participación en los fenómenos surgidos de las interacciones de estos tres astros.

En cuanto al desarrollo de capacidades lingüísticas, el enfrentamiento con estos tres tópicos, permite que el estudiante lea, escriba y converse disfrutando el ejercicio de construcción de significados. Cabe señalar, que la escritura tiene la capacidad de ampliar el espectro lexical del estudiante, cuando él ejerce la superación del lenguaje coloquial, para incorporar el lenguaje científico a la construcción del discurso, máxime si tenemos en cuenta que nunca como ahora, la ciencia y la tecnología habían formado parte tan importante de la cotidianidad de la vida. Además, para aprender ciencias es necesario aprender a escribirla. Redactar un texto, implica escoger los mejores términos científicos que el niño conoce hasta ahora, en aras de explicar la idea de la manera más clara y profunda posible, a partir de la construcción de microestructuras y macroestructuras (Van Dijk, 1992).

6.1.4. RESULTADOS DEL CUARTO PRINCIPIO.

La comprensión de un concepto, es un proceso de penetración en los niveles de abstracción, desde los cuales está planteada la explicación de un fenómeno específico. En ese sentido, hay que recordar que la ciencia se construye desde las teorías y los modelos ideados por los científicos, con el propósito de proveer explicaciones a los eventos naturales (Pozo, 2006). Según Perkins (1999), el proceso gradual de profundización se da a través de cuatro escalones, que como ya se dijo (véase principio 3), empiezan con un nivel ingenuo. En efecto, esta representación mental inicial, hace las veces de prólogo, y constituye el primer peldaño para avanzar en el camino de la comprensión hasta llegar a la maestría, nivel en el que es posible desempeñarse con el saber adquirido.

En la misma dirección, el ciclo de aprendizaje propuesto por Karplus (1967), tiene la capacidad de conducir al niño gradualmente en la comprensión de un fenómeno específico. Es preciso señalar, que la citada gradualidad, se produce en el ejercicio de tres fases que le permiten al sujeto inicialmente explorar, posteriormente penetrar en el fenómeno y finalmente, asociar a la vida real la comprensión alcanzada. Por ejemplo, en el caso específico del fenómeno día-noche, en primera instancia, es posible conducir al niño a la exploración de una de las muchas disyuntivas en que se expresa la vida: la dualidad luz-oscuridad, a través de la presentación de un video en el que se usa la metáfora de la sombra como ser vivo que cubre todo con su manto oscuro, en respuesta al hecho de que “el Sol se ha ido” (véase “Mi amiga la oscuridad” de Ella Burtfoot, 2019). En segunda instancia, el niño penetra en la comprensión del fenómeno, reconociendo al Sol como una estrella, es decir, como un cuerpo celeste que tiene luz propia, la cual, entrega a la Tierra, con el resultado de que simultáneamente un sector del planeta está iluminado (es de día) y otro sector está a oscuras, (es de noche). (Cabe aclarar que, con anterioridad, el niño ha aprendido que la Tierra es esférica). En la fase de aplicación, el infante conecta ese fenómeno cósmico con su cotidianidad, es decir asocia acciones como vestirse o ir a estudiar, con el día, y otras actividades como acostarse habiéndose lavado antes los dientes, con la noche.

¿Tiene sentido decir que comprender un concepto, es tener un modelo mental de ello? No. Es preciso mencionar, que esto se puede afirmar categóricamente, porque a pesar de que

el aprendiz haya construido imágenes internas de fenómenos externos, no ha demostrado desempeñarse con ellas. “para que la comprensión demuestre desempeño, la persona debe operar sobre el modelo, o con él. Estos dos elementos van necesariamente de la mano” (Perkins, 1999, pág.79). Tomando esto en consideración, es posible afirmar que esta aseveración de Perkins (1999), es corroborada por Karplus, cuando se refiere a que, en la fase de aplicación, el aprendiz adapta las ideas adquiridas a la resolución de nuevos problemas (Hanuscín y Lee, 2010).

Cabe aclarar que, aunque un modelo no sea perfecto, (hay que recordar que, al igual que los postulados de la ciencia, las representaciones también son efímeras), puede servir en un momento dado para allanar el camino hacia la comprensión de una idea. También se puede afirmar que, a través de estas imágenes, es posible alentar a los estudiantes, a desarrollar algunas cualidades de la naturaleza de la ciencia como: creatividad, imaginación, o el ejercicio del deductivismo como estrategia para ejercer la observación desde los fundamentos que proporciona el conocimiento a priori de una teoría. Por ejemplo, tanto el modelo geocéntrico de Ptolomeo, como el modelo heliocéntrico de Galileo y Copérnico, pueden ser usados para explicar el fenómeno día-noche, pues en ambos casos, la luz del Sol está iluminando la mitad de la Tierra, independientemente de si el Sol es el centro del sistema solar o no. ¿Podría esto mismo darse en el caso de los eclipses y las fases lunares? No. Aunque en la época de Ptolomeo, se creía que la Luna giraba alrededor de la Tierra (igual que hoy), no se tenía claro que era su satélite natural, y, además, se le veía como un planeta más. Solo cuando Galileo descubre los primeros cuatro satélites de Júpiter (Io, Ganímedes, Europa y Calisto), se empezó a pensar que los planetas podrían tener lunas propias. Igualmente, en el caso de las fases lunares, acceder a su comprensión con el modelo de Ptolomeo, no es posible, porque este fenómeno surge de las diferentes posiciones que se dan en la interacción del sistema Sol-Tierra-Luna. En otras palabras, hay que tener claro que la Tierra gira alrededor del Sol y que la Luna gira alrededor de la Tierra, lo que gesta unas características únicas de las interrelaciones de los tres astros.

Tabla 6.8. Resultados del cuarto principio

Los desempeños por comprensión, están estrechamente vinculados con los referentes del Estado colombiano. De hecho, si se lee el Plan de Integración de Componentes Curriculares presentado en el principio 2, se puede observar que las acciones de pensamiento, pretenden alcanzar las competencias que están contemplados en los DBA, los

¿Qué desempeños tendrá que desarrollar el estudiante para comprender los tópicos generativos?

EBC y la matriz de referencia. En ese sentido, el profesor-diseñador tiene entre otras misiones, la de suministrar una serie de actividades al aprendiz, a las que subyacen procesos de razonamiento y acciones inteligentes para alcanzar una comprensión profunda del fenómeno estudiado. Es preciso indicar que, en el desarrollo de este proceso, hay que identificar las concepciones alternativas, luego, evolucionar con estas hacia las ideas científicas, y finalmente a partir de la apropiación del contenido, ejercer desempeños desde lo comprendido, compartiendo la idea de que la comprensión siempre está en construcción, que no es un ente acabado, y que nunca se domina una idea en su totalidad, además de que siempre quedan elementos por estudiar (Candela, 2016).

Los niveles de comprensión se relacionan con el pensamiento, en el sentido de que ambos evolucionan de manera progresiva. En esa dirección, Perkins (1999), hace la clasificación en nivel ingenuo, de principiante, de aprendiz y de maestría, (véase marco teórico), el cual es un continuo que fluye sin tropiezos, hacia el núcleo del concepto científico. Cabe señalar que, las respuestas del estudiante pueden evolucionar desde “así lo dijo la profe” (nivel ingenuo), hasta ejercer la creatividad, la interpretación y la asociación entre conceptos, como es el caso del nivel de maestría.

En el recorrido que hace el estudiante por los cuatro niveles de comprensión, se da un proceso de aminoramiento de las dificultades y limitaciones, el cual comienza por descubrir las concepciones alternativas. De ahí que se genere la necesidad de identificar estas ideas conceptuales, sobre los tres fenómenos cósmicos objeto de estudio en este trabajo. En ese sentido, se han encontrado muchas de estas ideas sobre los fenómenos del sistema solar, de las cuales, algunas de ellas se muestran en la siguiente tabla, presentando los distintos investigadores que las citan.

¿Cuáles son las dificultades y concepciones alternativas más importantes, con las que llegan los estudiantes al aprendizaje de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares?

PRINCIPALES DIFICULTADES Y CONCEPCIONES ALTERNATIVAS SOBRE LOS FENÓMENOS DÍA- NOCHE, ECLIPSES Y FASES DE LA LUNA		
ÍTEM	IDEA ALTERNATIVA MÁS FRECUENTE	CITADO POR
Los eclipses	Para que ocurra un eclipse solar, la Luna debe estar llena.	(Varela, Uxío, Álvarez y Arias, 2015).
Sistema solar	Concepción geocéntrica	(Solbes y Palomar, 2013).
	Creencia de que hay más de una estrella en el sistema solar	(Camino, 1995)
La Luna	La Luna solo puede ser vista de noche	(Varela, Uxío, Álvarez y Arias, 2015).
	La Luna produce su propia luz, a pesar de reflejar la luz del Sol	Bayraktar, 2009
	Las fases de la Luna son causadas por nubes	Bayraktar, 2009
	Las fases de la luna son causadas por la rotación de la Tierra sobre su eje	Bayraktar, 2009
	Creer que la Luna es más grande que el Sol	(Langhi y Nardi, 2007)
	Creer que la Luna no gira sobre sí misma	(Solbes y Palomar, 2013).
	Las fases de la Luna son producto de eclipses en los que la Tierra oculta la luz del Sol	(Varela, Uxío, Álvarez y Arias, 2015).
La galaxia	No se tiene claro que nuestro sistema solar, pertenece a una galaxia llamada Vía Láctea	(Comins, Thorpe and Favia, 2013).
	La Vía Láctea es la única galaxia que existe	(Comins, Thorpe and Favia, 2013).
Sociedad y tecnología	No se asocia la astronomía con la cotidianidad	(Langhi, 2011)
	A pesar de que la astronomía ha impulsado el crecimiento de la ciencia, no se hace la asociación	(Langhi y Nardi, 2007)
La Tierra	La Tierra está quieta y el Sol y la Luna giran alrededor de ella	(Varela, Uxío, Álvarez y Arias, 2015).
	La Tierra gira alrededor de su eje, sin darle la vuelta al Sol	(Langhi, 2011)
	La Tierra gira alrededor del Sol, sin darle la vuelta a su eje	(Camino, 1995)
La noche	La noche se produce porque la Luna tapa el Sol	(Solbes y Palomar, 2013).
Los planetas	Los planetas diferentes a la Tierra, no tienen día y noche	(Solbes y Palomar, 2013).
	El planeta más caliente es Mercurio porque es el más cercano al Sol	(Camino, 1995)

Si se pretende que los niños de quinto de primaria, profundicen en la comprensión de los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, es

necesario apoyarse en elementos epistémicos provenientes de las teorías cognitivas y socioculturales del aprendizaje. Así pues, estos constructos, han abordado el proceso de “como aprende el estudiante” y, en consecuencia, aportan elementos suficientes para contribuir a delinear las actividades finales en este trabajo.

¿Cómo se pretende aplicar las teorías del aprendizaje que han sido tomadas en cuenta para informar el diseño de las actividades para apoyar a los estudiantes en su deseo de desarrollar la comprensión de los tres tópicos de los que se ocupa este trabajo?

De la misma manera, la teoría de la cognición situada, ubica al profesor-investigador en el escenario de que el abordaje del concepto, no es independiente de las situaciones en que es aprendido y se desarrolla, en otras palabras, que el conocimiento, a pesar de que es una construcción mental, no es totalmente abstracto y menos autónomo (Brown, Collins & Duguid, 2007). En ese sentido, el proscenio en el que se desarrolla la presente investigación, es el de las interacciones entre el Sol, la Luna y la Tierra y a pesar de que el universo contiene millones de astros, los demás no son importantes para este caso. Cabe resaltar que los principales fenómenos resultado de las interacciones entre esta tríada, han condicionado y delineado la vida del ser humano desde que este hizo presencia en el planeta.

Tomando esto en consideración, los pilares epistémicos de la cognición situada, iluminan el presente diseño, inmersos en el escenario de la ubicación de Colombia en la zona tórrida y al mismo tiempo en el hemisferio norte (Bogotá está a 4 grados latitud norte y la Guajira a 12 grados). Conviene mencionar que esta situación implica entre otras cosas, recibir directamente los rayos del Sol, o ver las fases lunares contrariamente a como las vería alguien ubicado en el hemisferio sur (cuando en el hemisferio norte es cuarto menguante, en el hemisferio sur es cuarto creciente). En cuanto a los eclipses bien sea de Sol o de Luna, también puede darse que, si el fenómeno se ve en la Argentina, no sea visto en Colombia.

Haciendo referencia a las actividades específicas de los tres fenómenos cósmicos citados, estas han sido diseñadas superando la idea de contenidos inertes, apuntándole al uso de conocimiento útil (Brown et al., 2007). Conviene mencionar, que Brown y sus colaboradores, denominan “ideas inertes” al grupo de algoritmos, rutinas y definiciones descontextualizadas, que los estudiantes generalmente adquieren en su

vida académica, y los cuales no tienen uso en la vida práctica. Además, los citados ejercicios, tienen un desarrollo gradual, demarcado por las tres fases del ciclo de aprendizaje de Karplus (1967).

Así mismo, este constructo educativo impulsa el pensamiento de que las ideas científicas son resultado del ámbito en que han sido desarrolladas y utilizadas. En consecuencia, actividad, cultura y contenido son interdependientes (Brown et al., 2007), lo que significa que el aprendizaje debe involucrar a los tres. En ese sentido, la triada fenoménica estudiada en este material de enseñanza, surge de eventos naturales que están conectados con la cotidianidad del ser humano. Si bien, los eclipses no se presentan todos los días (en el curso de seis meses, puede darse uno de Sol y otro de Luna, y seguramente ser visibles en pequeñas áreas del planeta), el día y la noche, además de las fases de la Luna, son fenómenos atados a la cotidianidad.

Otro de los objetos conceptuales que han sido tomados en cuenta en esta indagación, es extractado de la propuesta de Lev Vygotsky. Este pensador ruso, enfoca sus teorías acerca del desarrollo cognitivo del niño, como resultado de la interacción social. En otras palabras, el crecimiento mental del estudiante, se da a partir de la relación bien sea con otros de su misma edad, o con adultos, constructo que él llamó “aprendizaje colaborativo”.

¿Cómo se pretende aplicar las teorías del aprendizaje que han sido tomadas en cuenta para informar el diseño de las actividades para apoyar a los estudiantes en su deseo de desarrollar la comprensión de los tres tópicos de los que se ocupa este trabajo

Un primer constructo sobre el que se soporta esta teoría, es “el superior conocimiento del otro”. Cabe aclarar que, aquí se hace referencia al contacto que el aprendiz realiza con otra persona que tiene un mayor discernimiento o habilidad sobre un tema específico. Generalmente son los padres o el profesor, aunque también puede ser un coetáneo del niño. Incluso, puede no ser una persona, sino un dispositivo mecánico o electrónico. En todos los casos, se distribuye la demanda de la tarea bien sea en forma social, simbólica o material, dando origen a lo que Vygotsky ha llamado “zona de desarrollo próximo”.

En el caso específico del desarrollo de las actividades presentadas en este estudio, se ha tomado en cuenta distribuir los estudiantes en grupos de

tres o de cuatro personas, ubicando estratégicamente niños que “tienen un conocimiento superior”, con otros de “conocimiento inferior”. Conviene mencionar, que el propósito de que interactúen estos dos grupos, es el de construir el “andamiaje”, constructo que también introdujo Vygotsky, para referirse a las interacciones que hacen que se reduzca la distancia entre el aprendiz y el sabedor del concepto (Bodrova, 2015). Naturalmente que, este ejercicio está fuertemente atado al escenario de la zona de desarrollo próximo, la cual es la base para edificar las funciones superiores de la mente.

También se ha tomado en cuenta para este trabajo, la teoría del aprendizaje significativo. De acuerdo con Pozo (2006), “este es el resultado de la interacción entre una información nueva y otra ya existente en la mente del niño”. Por ejemplo, en aras de apoyar a los estudiantes en la comprensión del fenómeno día noche, se puede partir de la concepción alternativa “la noche llega porque el Sol, se va a descansar”. Tomando esto en consideración, si el sujeto cree esto, ya sabe que los astros se mueven, escenario desde el cual, es posible introducir el fenómeno del giro de la Tierra sobre su eje, para indicar que simultáneamente una mitad del planeta está iluminada (sector donde es de día) y la otra no (sector donde es de noche). Desde allí, si se enseña de una manera conectada y relacionada, se genera en el aprendiz una motivación, para que él encuentre significativo el nuevo concepto.

Así mismo, el diseño de las actividades incluye preguntas abiertas, de tal manera que el niño en sus respuestas pueda incluir conexiones con otras ideas que él ya tiene de antaño. Del mismo modo, esta técnica favorece el ejercicio de la creatividad y la imaginación en la confección de las contestaciones. Adicionalmente, si el infante encuentra nexos con saberes anteriores estará motivado para enfrentar el nuevo concepto específico estudiado, allanando el camino hacia su comprensión.

Otra teoría educativa de orden general, que apoya el diseño y desarrollo de este material, es la pedagogía. Esta tiene como propósito, orientar la transacción de significados en las interacciones contenido-estudiante-profesor, al interior del aula. En concordancia con esto, se hace referencia a rutinas, técnicas y estrategias (véase marco teórico).

Rutinas

Las rutinas son elementos que hacen parte de la cultura del aula, y en su condición de componentes omnipresentes en el recinto, se hacen tan implícitas, que algunas veces los protagonistas de la clase las consideran invisibles. Cabe anotar que, ellas tienen la capacidad de dinamizar las actividades de aprendizaje, y se presentan como herramientas valiosas para que el profesor eleve el nivel del auditorio. En ese sentido, es necesario decir que estas potentes herramientas de la pedagogía general, deben ser utilizadas por el docente para construir clases centradas en el estudiante desde una perspectiva dialógica, dinámicas en alto porcentaje, lo que implica que sean atractivas para los estudiantes. A continuación, se presentan algunas:

Pedir la palabra para intervenir

Esta es una rutina que tiene la capacidad de administrar la interacción dialógica participativa, cuando el estudiante quiere tomar la iniciativa para expresar sus opiniones. Cabe señalar que el enriquecimiento que puede proporcionar la intervención de los estudiantes en la clase, implica tener un orden, el cual debe ser regulado por el docente en su condición de coordinador. Por ejemplo, en el caso de la visualización de un video sobre alguno de los fenómenos cósmicos motivo de estudio en este trabajo, el profesor puede detener la proyección en un punto crítico de esta, e invitar a los estudiantes a pedir la palabra para intervenir, lo que genera un escenario de construcción de conocimiento, desde la propuesta de Sócrates.

¿Qué elementos de la pedagogía general informan el diseño de las actividades de aprendizaje y de la enseñanza de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares?

La manera de disponer las sillas en el salón

Si bien, algunos profesores consideran baladí, el hecho de ocuparse de la organización de las sillas en el salón, esta práctica no debe ser despreciada si se considera que ella, tiene la capacidad de crear una “atmósfera de aula”. Se citan entre otras maneras: el estilo auditorio, ubicación cruzada, modo seminario y la disposición en grupos pequeños

(véase marco teórico). Es especialmente importante esta última, si se tiene en cuenta que genera un ambiente propicio para desarrollar la “zona de desarrollo próximo” propuesta por Vygotsky. En el caso de la observación de videos, por ejemplo, la elección de una u otra disposición, dependerá del estilo pedagógico del profesor, o incluso, de las propuestas que puedan hacer los estudiantes en cuanto a su comodidad para este ejercicio.

Transacciones en clase.

La clase es un espacio conformado por personas que se reúnen para construir conocimiento y, por lo tanto, también lo es, de transacciones que fluyen constantemente entre profesor, alumnos y contenidos. En el caso específico de la construcción de un modelo para observar el fenómeno día-noche, en el que básicamente se usa la linterna del teléfono y una esfera de plástico, o si es posible un mapamundi, se genera un escenario de interacciones, en el que constantemente se negocian significados. Así mismo, los protagonistas comparten desde el lenguaje cotidiano, intentando hacer una simbiosis con el lenguaje científico.

Técnicas

Una técnica es un conjunto de procedimientos que se usan en una determinada disciplina, los cuales generalmente surgen de la experiencia. Es necesario resaltar que, así como no existe una actividad humana que no use estos métodos, tampoco existe un proceso de comprensión de un concepto, sin pedagogía (Tardif, 2002). Se citan entre otras, la técnica de formular preguntas y la técnica de dar instrucciones, las cuales deben ser ejercidas por el profesor, dependiendo del contenido enfrentado y de las circunstancias de la clase. En el caso específico del ejercicio de la escritura, desarrollado como instrumento para afianzar la comprensión de un contenido, el profesor puede presentar una pregunta abierta para que, en el intento de responderla, se genere una discusión que entregue elementos para construir el texto.

¿Qué elementos de la pedagogía general informan el diseño de las

La estrategia de predecir, observar, explicar

actividades de aprendizaje y de la enseñanza de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares? (continuación).

Es una estrategia que permite averiguar qué tanto comprenden los estudiantes acerca de un fenómeno, enfrentándolos con tres tareas específicas: predecir, observar, explicar. En ese sentido, la experiencia ha mostrado que esta logística ha sido fructífera en la acción de impulsar el cambio conceptual en las ciencias (Candela, 2016). Es preciso destacar, que entre sus principales virtudes está el desarrollo de habilidades de aprendizaje como la identificación a priori, de comportamientos de variables pertenecientes al fenómeno observado, además del descubrimiento de relaciones entre componentes como producto de la elaboración mental del individuo, lo que, a través de una actitud crítica, le permite acceder a razonamientos alternativos. A continuación, se presenta un derrotero de aplicación de esta estrategia en el estudio del fenómeno del eclipse lunar.

Fase introductoria o concentración: Candela (2016), propone un preámbulo a esta tríada. En efecto, este autor cree que poner de frente al estudiante ante el fenómeno a estudiar, sin hacer una introducción, es un procedimiento brusco. En ese sentido, en el caso de enfrentar los niños de grado quinto al fenómeno cósmico del eclipse de Luna, es necesario inicialmente presentar los protagonistas del citado fenómeno: la Tierra, la Luna y el Sol. Así pues, en este caso se hace uso de un video que se refiera a la capacidad del Sol de emitir luz, a la Luna como cuerpo que recibe esa energía, y de la Tierra como cuerpo que gira alrededor del Sol, entre otras características.

Fase de predicción: En esta segunda parte, el estudiante echa mano de su marco teórico, para “aventurarse a emitir juicios a priori”, sobre el fenómeno que va a ser observado. Desde luego, se debe invitar a varios de ellos a presentar sus predicciones, las cuales pueden ser utilizadas para generar un conversatorio en el que todos participen, disfruten y se predispongan de la mejor manera a fin de acceder a la siguiente fase que es la observación. Así pues, algunos dirán que la Tierra podrá interponerse entre la luz del Sol y la Luna, o que esta por ser muy pequeña no podrá tapar el Sol. Hay que agregar, además, que las predicciones constituyen un primer paso para extraer del comportamiento de las variables del fenómeno observado, la explicación o explicaciones que se buscan. Este tránsito reviste tanta importancia, que, si no se hace

¿Qué elementos de la pedagogía general informan el diseño de las actividades de aprendizaje y de la enseñanza de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares? (continuación).

concienzudamente, podría dar al traste con los siguientes pasos de esta estrategia.

Fase de observación: Desde que Galileo empezó a estructurar su método hace 500 años, la observación como ejercicio que aspira a solucionar la curiosidad humana, ha sido reconocida como la columna vertebral del ejercicio científico. Igualmente, en el escenario de la ciencia escolar, esta tarea tiene una importancia capital, si se tiene en cuenta que ella es la fuente para hacer anotaciones y recolectar información, la misma que debe ser cotejada por los estudiantes con los presupuestos construidos en la fase de predicción. En ese sentido, el profesor demuestra con el modelo de esferas, como en un momento dado la Tierra a pesar de su pequeño tamaño, se interpone entre la luz del Sol y la Luna, lo que implica que esta queda inmersa en una momentánea penumbra.

Fase de aplicación: Esta es la fase culmen del proceso. En efecto, en esta parte de la estrategia, se invita a los estudiantes a conciliar las predicciones con las observaciones, proceso del que deben surgir interpretaciones suficientes para delinear un discurso comprensivo del fenómeno estudiado. Es importante anotar, que, para construir este cuerpo de reflexiones, es posible la utilización de pequeños modelos que cumplan la misión de puentes entre la realidad y lo abstracto. En el caso de los eclipses, la representación del Sol por medio de una linterna, de la Tierra por un mapamundi y la Luna por una bolita de icopor, constituyen un excelente arquetipo para su estudio.

El modelo “ciclo de aprendizaje”

Esta metodología permite aplicarse en el caso del eclipse de Luna, en tres fases, de acuerdo con la propuesta hecha por Karplus y Thier (1967): 1) exploración: los niños se ponen frente a una experiencia de primera mano con el fenómeno científico específico, conociendo las características de los tres astros, lo que significa que pueden empezar a compararlas con sus concepciones previas, 2) introducción: fase que permite a los aprendices empezar a construir comprensión del concepto a través de material audiovisual, en el que se les presenta filmación real de un eclipse de Luna. 3) aplicación: A partir de la comprensión generada sobre el fenómeno, el niño está en capacidad de deducir el proceso que

se da en el eclipse de Sol, el cual tiene características parecidas (Hanuscin y Lee, 2008).

¿Qué características deben tener las actividades de aprendizaje, para que tengan la capacidad de brindar la oportunidad a los estudiantes de desarrollar desempeños por comprensión alineados con los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares?

En la idea de apoyar a los estudiantes en el ejercicio de la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases de la Luna, se presentan un grupo de actividades concebidas desde las tres etapas que propone la metodología “ciclo de aprendizaje” de Karplus y Thier (1967). Cabe anotar que, el diseño de la secuencia de actividades ha sido el resultado de la apropiación de recursos de naturaleza analógica y digital como, por ejemplo, los niveles de comprensión de la teoría de Perkins, elementos de las teorías generales y específicas del aprendizaje, las metas por comprensión, la evaluación formativa y continua, videos reales y simulados sobre los fenómenos enfrentados. Así mismo y, en consonancia con el espíritu de cada fase, las actividades propuestas refuerzan las características de cada uno de los sectores de la metodología. Así, por ejemplo, en la fase de la exploración, siempre se comienza con un cuento infantil o un video que ilustra lúdicamente sobre el fenómeno en cuestión. A continuación, en la fase de introducción, se hace uso de herramientas audiovisuales para acceder al conocimiento del Sol, la Tierra y la Luna como astros que tienen sus características propias, y finalmente, en la fase de aplicación, se ponen sobre la mesa actividades que conectan estos fenómenos cósmicos con la cotidianidad de los niños.

El fenómeno día-noche:

Ideas principales: a) el Sol tiene la capacidad de brillar, b) la Tierra gira sobre su eje.

FENÓMENO DÍA-NOCHE			
Correspondencia niveles de comprensión y fases de aprendizaje	Avance gradual en las comprensiones	Acciones de pensamiento	Actividades
<p>Nivel ingenuo</p>  <p>Fase de exploración</p>	<p>Observo mi entorno, cuando este está iluminado.</p> <p>Observo mi entorno, cuando este está a oscuras.</p>	<p>Describo acciones de las personas, animales, plantas, cuando el entorno está iluminado.</p> <p>Describo acciones de las personas, animales, plantas, cuando el entorno está a oscuras</p>	<p>Actividad 1: “La luz y la oscuridad”. Sol y Lunita presentan el video “Mi amiga la oscuridad” de Ella Burtfoot (2012).</p> <p>Actividad 2: “Escribiendo cuando el entorno está iluminado y cuando está a oscuras”. Escribo un pequeño texto, acerca de lo que hago y siento, cuando el entorno está iluminado y también cuando está a oscuras. Añado dibujos.</p>
<p>Nivel principiante</p>  <p>Fase introducción</p>	<p>Comprendo que el Sol es una estrella y, por lo tanto, emite luz propia.</p> <p>Comprendo que la Tierra es un planeta y, por lo tanto, no emite luz propia.</p>	<p>Observo el Sol durante cinco días, a las 6 pm y registro mis anotaciones, asesorado por mi profesor.</p>	<p>Actividad 3: “Observando la tarde”. Observo el atardecer diez minutos durante cinco días, y registro mis anotaciones en mi cuaderno de ciencias naturales. (mis padres, me ayudan). Añado dibujos.</p> <p>Actividad 4: “Conociendo al padre Sol”. Sol y Lunita presentan un video que enseña las principales características del Sol.</p> <p>Actividad 5: “Conociendo la madre Tierra.” Sol y Lunita presentan un video que enseña las principales características de la Tierra.</p>
<p>Nivel aprendiz</p>  <p>Fase introducción</p>	<p>Comprendo que el Sol ilumina la Tierra y, simultáneamente la mitad de ella está iluminada, y la otra mitad está a oscuras,</p>	<p>Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p>	<p>Actividad 6: “Observando el giro de la Tierra sobre su eje “ Sol y Lunita, presentan un video sobre la rotación de la Tierra sobre su eje.</p>
<p>Nivel maestría</p>  <p>Fase aplicación</p>	<p>Comprendo las dinámicas de las relaciones entre el Sol y la Tierra. Comprendo que, en el sector de la Tierra iluminado por el Sol, “es de día”. Comprendo que, en el sector de la Tierra donde el Sol no está</p>	<p>Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.</p>	<p>Actividad 7: “Evaluando mis conocimientos sobre el día y la noche” Sol y Lunita invitan a los niños a resolver un crucigrama sobre tópicos del día y la noche.</p> <p>Actividad 8: “Discriminando que hago de día y qué hago de noche” Sol y Lunita invitan a los niños a jugar interactivamente sobre las actividades de día y las de noche.</p> <p>Actividad 9: “Comunicando mis conocimientos sobre el día y la noche” Comunico los resultados de mi aprendizaje, a través de la escritura de un texto, que incluye un dibujo del Sol</p>

	iluminando, “es de noche”.		iluminando la mitad de la Tierra, en el que Colombia esté de día, y otro dibujo en el que Colombia esté de noche.
--	----------------------------	--	---

El fenómeno de los eclipses:

Ideas centrales: a) la Tierra gira alrededor del Sol, b) la Luna gira alrededor de la Tierra, c) cuando coinciden los tres astros, hay un ocultamiento de la luz del Sol, de parte del que se interpone.

FENÓMENO ECLIPSES DE SOL Y DE LUNA			
Correspondencia niveles de comprensión y fases de aprendizaje	Avance gradual en las comprensiones	Acciones de pensamiento	Actividades
<p>Nivel ingenuo</p> <p></p> <p>Fase de exploración</p>	<p>Comprendo que un cuerpo opaco (que no deja pasar la luz), se interpone entre una fuente de luz y un tercer cuerpo, proyectando sombra.</p>	<p>Describo las principales características de un cuerpo luminoso</p> <p>Describo las características de un cuerpo opaco.</p>	<p>Actividad 1: “Jugando con las sombras” Sol y Lunita, presentan un video en el que enseñan a los niños, a proyectar sombras en la pared, a partir de la linterna del teléfono.</p> <p>Actividad 2: “Escribiendo sobre las sombras “. Escribo sobre la relación entre la forma del objeto que se interpone entre la luz y la pared y la sombra proyectada. Dibujo varios tipos de sombras, a partir de figuras cortadas en cartulina y puestas entre la linterna del teléfono y la pared (formas de triángulo, cuadrado, y sobre todo, esferas).</p>
<p>Nivel principiante</p> <p></p> <p>Fase introducción</p>	<p>Comprendo que la sombra proyectada por un cuerpo, es exactamente igual a su contorno.</p> <p>Comprendo que el tamaño de la sombra proyectada, crece o decrece, según se aleje o se acerque a la fuente de luz.</p>	<p>Describo las características de la sombra proyectada por un cuerpo, en cuanto a contorno y a tamaño.</p>	<p>Actividad 3: “Observando una simulación de un eclipse de Sol “ Sol y Lunita, presentan un video sobre una simulación de un eclipse de Sol.</p> <p>Actividad 4: “Observando una simulación de un eclipse de Luna” Sol y Lunita presentan un video sobre una simulación del fenómeno del eclipse de Luna</p>
<p>Nivel aprendiz</p> <p></p> <p>Fase introducción</p>	<p>Comprendo que la Luna algunas veces puede coincidir entre el Sol y la Tierra, e igualmente la Tierra puede coincidir entre el Sol y la Luna.</p>	<p>Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p>	<p>Actividad 5: “Observando un eclipse real de Sol “ Sol y Lunita, presentan un video real sobre un eclipse de Sol.</p> <p>Actividad 6: “Observando un eclipse real de Luna” Sol y Lunita presentan un video real sobre el fenómeno del eclipse de Luna.</p>
<p>Nivel maestría</p> <p></p> <p>Fase aplicación</p>	<p>Comprendo algunas dinámicas entre el Sol, la Tierra y la Luna.</p> <p>Comprendo que la Luna se interpone entre el Sol y la Tierra, impidiendo que la luz llegue a este planeta (Eclipse de Sol).</p> <p>Comprendo que la Tierra se interpone entre el Sol y la Luna, impidiendo que la luz</p>	<p>Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas.</p>	<p>Actividad 7: “Evaluando mis conocimientos sobre el eclipse de Sol” Sol y Lunita invitan a los niños a resolver un crucigrama sobre el eclipse de Sol.</p> <p>Actividad 8: “Evaluando mis conocimientos sobre el eclipse de Luna” Sol y Lunita invitan a los niños a resolver un crucigrama sobre el eclipse de Luna.</p> <p>Actividad 9: “Escribiendo y dibujando sobre los eclipses de Sol y de Luna”</p>

	llegue a este satélite (Eclipse de Luna).		Comunico los resultados de mi aprendizaje, a través de la escritura de un texto, que incluye un dibujo del eclipse de Sol y otro del eclipse de la Luna.
--	---	--	--

El fenómeno de las fases lunares

Ideas centrales: a) al igual que en la Tierra, el Sol también produce día-noche en la Luna, b) dependiendo de la posición relativa de los tres astros y de la ubicación del observador en la Tierra, veremos la Luna iluminada total o parcialmente.

FENÓMENO DE LAS FASES LUNARES			
Corresponde ncia niveles de comprensión y fases de aprendizaje	Avance gradual en las comprensiones	Acciones de pensamiento	Actividades
<p>Nivel ingenuo</p>  <p>Fase de exploración</p>	<p>Comprendo que la Luna es una esfera y al recibir la luz del Sol, una mitad está iluminada y otra mitad no.</p>	<p>Observo diferencias entre la luz que emite el Sol y la luz que emite la Luna</p>	<p>Actividad 1: “Describiendo las diferencias entre la luz solar y la luz de la Luna”</p> <p>Escribo un pequeño texto sobre las características de la luz solar y las características de la luz de la Luna, y los acompaño con dibujos</p>
<p>Nivel principiante</p>  <p>Fase introducción</p>	<p>Comprendo que la Luna da la vuelta alrededor de la Tierra, en 29 días.</p>	<p>Describo los movimientos de la Tierra alrededor del Sol y de la Luna alrededor de la Tierra</p>	<p>Actividad 2: “Jugando con la tabla de las fases de la Luna”</p> <p>“Meto mi cabeza” en la tabla de las fases de la Luna y observo los sectores iluminados, desde varias ubicaciones. Hago dibujos sobre las ocho posiciones en la que observo la Luna.</p> <p>Actividad 3: “Observando la Luna”</p> <p>Sol y Lunita invitan a ver un video en el que se muestran las ocho fases lunares.</p>
<p>Nivel aprendiz</p>  <p>Fase introducción</p>	<p>Comprendo que, en la trayectoria por los 29 días, veo todo su sector iluminado, o pedazos de este, o incluso, la veo cuando está a oscuras.</p>	<p>Exploro información en diferentes fuentes (internet, apuntes, libros, profesores).</p>	<p>Actividad 4: “Observando la Luna real”</p> <p>Observo la Luna una vez por semana y hago mis anotaciones en mi exploración, describiendo la forma del sector iluminado que veo. Añado dibujos</p>
<p>Nivel maestría</p> 	<p>Comprendo algunas dinámicas entre el Sol, la Tierra y la Luna.</p> <p>Comprendo las cuatro</p>	<p>Comunico los resultados que he obtenido, a través de la escritura de un texto, acompañado por dibujos y tablas</p>	<p>Actividad 5: “Poniendo la Luna en el sitio correcto”</p> <p>Sol y Lunita invitan a los niños a hacer un ejercicio interactivo para poner a prueba sus conocimientos sobre las fases lunares.</p> <p>Actividad 6: Observando las mareas, uno de los efectos de las fases lunares</p> <p>Comunico los resultados de mi aprendizaje, a través de la escritura de un texto, que incluye dibujos de las fases lunares.</p>

Fase aplicación	fases de la Luna		
--------------------	---------------------	--	--

6.1.5. RESULTADOS DEL QUINTO PRINCIPIO.

En su condición de orientador del proceso de acceso a la comprensión de los conceptos de la astronomía por parte del niño, el profesor tiene en la evaluación formativa una herramienta muy importante. Conviene enfatizar que, esta le permitirá al docente, descubrir el grado de comprensión y compromiso en que se halla el estudiante. Adicionalmente, con el propósito de apoyarlo para lograr la continuación del proceso de profundización de la comprensión del concepto en cuestión, el docente debe descubrir los errores, corregirlos y mostrar al aprendiz otras alternativas para redireccionar caminos, y continuar el avance en el dominio disciplinar.

La comprensión es con frecuencia, difícil de reconocer. Ella se esconde entre los resquicios de la escritura del estudiante, y se revela presentando pequeñas señales, las cuales deben ser descubiertas por el evaluador, utilizando la agudeza de su vista y de su razonamiento. Así mismo, al igual que la simbología que el alumno ha plasmado en el papel o en la pantalla del computador, el grado de dominio sobre el concepto científico, subyace al interior de los textos, bien sea escritos o multimodales. En virtud de esto, es posible afirmar que tiene las características de una superficie sinuosa, que contiene altos y bajos, los cuales representan los entendimientos y las confusiones del alumno con respecto al concepto enfrentado. Cabe decir, que las cumbres y valles de su textura, reproducen los diferentes niveles que el estudiante presenta en cuanto al dominio del concepto, los cuales, como ya se ha dicho, de acuerdo con Perkins (1999), son cuatro: a) nivel ingenuo, nivel de principiante, nivel de aprendiz y nivel de maestría. Conviene precisar, que estos grados de comprensión, son independientes de la edad, vale decir, una persona adulta puede presentar un nivel de comprensión ingenuo sobre un tema que apenas conoce, y otra puede demostrar maestría en un tópico que ha logrado dominar a través del ejercicio de la espiralidad, durante varios períodos.

¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico?, ¿cómo un docente puede evaluar profundamente los productos académicos de los estudiantes?, ¿cómo puede un profesor, usar las evaluaciones del trabajo de los aprendices para promover una

comprensión todavía más profunda? En ese sentido, Hetland, Hammerness, Unger y Gray Wilson (1999), sugieren que los pilares del marco conceptual de la comprensión, son una buena herramienta para evaluar este trabajo, porque permiten descubrir: a) Puntos de claridad y, b) puntos de confusión. Adicionalmente, independientemente del acercamiento o la lejanía con respecto al entendimiento del concepto, siempre es posible que el orientador impulse nuevos procesos de avance en el niño.

Con el propósito de generar teorías sobre la utilización de la evaluación como criterio formativo, a continuación, se presenta un instrumento de indagación en el que a través de preguntas se definen unos criterios específicos para evaluar las actividades diseñadas, en aras de apoyar a los estudiantes en su anhelo de comprender los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares. Tabla 6.22. Quinto principio. Evaluación formativa.

Tabla 6.9. Quinto principio. Evaluación formativa.

QUINTO PRINCIPIO: EVALUACIÓN FORMATIVA	
SUBCATEGORÍA	DESARROLLO
¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico determinado?	<p>La evaluación formativa persigue el propósito de apreciar la evolución que ha tenido el estudiante, desde que se enfrenta a la superación parcial o total de sus ideas intuitivas, míticas o folclóricas (vale decir, desde el nivel ingenuo), hasta que paulatinamente adquiere la capacidad de moverse por los corredores conceptuales, haciendo uso de simbolismos que le permiten construir metáforas, alegorías y explicaciones plausibles sobre los conceptos que ha comprendido (Boix Mansilla y Gardner, 1999). En ese sentido, el monitoreo que realiza el profesor, le permite a este, descubrir a través de su agudeza visual y mental, múltiples elementos que le dan señales, en ese cometido. Es preciso señalar, que el docente puede echar mano de un elemento clave en el desempeño del niño, como es el de la escritura de informes, o haciendo una presentación, o simplemente observarlo al conversar con otros de una manera coherente. Adicionalmente, y teniendo en cuenta que dicha evaluación en su condición de formativa, permite ir y volver sobre el tópico, corrigiendo una y otra vez, le permite al docente tomar decisiones curriculares, con el propósito de redireccionar caminos en la búsqueda de apoyar al niño en la búsqueda de la comprensión.</p>

Así mismo, el ejercicio de la evaluación formativa continua, constantemente está abriendo puertas a nuevos escenarios, debido a que, desde la capacidad desarrollada por el estudiante, este empieza a reconocer mayores conexiones entre la comprensión que ha obtenido, y la vida real. En gracia de esto, el avanzar en la comprensión, permite estructurar seres humanos con capacidad de enfrentar confrontaciones respetuosas con pares o profesores, esgrimiendo sus argumentos o simplemente validando su conocimiento. Complementariamente, el ejercicio de la conciencia crítica, le permite tomar posición frente a hechos de la vida diaria, alentados por la estructura mental cimentada en los conceptos de la ciencia.

En atención a estos planteamientos, la evaluación formativa, se convierte en una plataforma para impulsar el crecimiento del estudiante, no solo en cuanto al conocimiento, sino como persona. Cabe señalar, que a través de la toma de decisiones que el docente realice, este puede redireccionar la adquisición de nuevas capacidades de razonamiento, por parte del estudiante. Así mismo, su autoestima y seguridad, se verán fortalecidas.

Lo expuesto anteriormente, permite confiar en que la evaluación promueve la aplicación de los desempeños planteados por los tópicos en consideración en este trabajo. De la misma manera, es menester, sacar el mejor provecho de las actividades planteadas, impulsando la retroalimentación. En ese escenario, corresponde al docente echar mano de sus mejores capacidades para hacer un acompañamiento sesudo de los logros del estudiante a través de las acciones de pensamiento que conducen a la obtención del estándar.

¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico determinado?

Cuando el estudiante se ha apropiado de lo comprendido, comienza a moverse con flexibilidad (Perkins, 1999), y por lo tanto es capaz de construir discursos en los que ejerce actividades propias de la mente superior. Cabe señalar que, un estudiante que ha accedido al nivel de maestría, puede analizar críticamente, asociar, comparar, inferir, interpretar, ejemplificar, explicar. En otras palabras, ejerce autonomía sobre lo que ha comprendido, moviéndose con propiedad por los corredores conceptuales, sobre los que construye metáforas imbuidas de símbolos como instrumento de comunicación de la ciencia.

Con el propósito de establecer el nivel de evolución que los estudiantes han obtenido a partir de superar el nivel ingenuo y llegar al de maestría, haciendo el tránsito por el de principiante y aprendiz en la comprensión de los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares, se sugieren las siguientes estrategias:

- Desarrollo de clases centradas en el estudiante,
 - Implementación de un pre test y un post test, de tal manera que se tenga evidencia escrita de los progresos en la comprensión de los conceptos motivo de este estudio,
 - Generar interacción dialógica participativa a través de la constitución de pequeños grupos de discusión, en los que se pone a compartir a estudiantes que ejercen el “superior conocimiento” (Vygotsky, 1984), con otros de menor conocimiento, generando un escenario de zona de desarrollo próximo.
-

- Incluir en las evidencias de aprendizaje, el ejercicio de la escritura, la explicación oral y la confección de dibujos, ilustrando los conceptos comprendidos.
- Aplicación por parte del docente de la “técnica de realizar preguntas”, en aras de direccionar el pensamiento de los estudiantes hacia la profundización en los conceptos, retomando la propuesta de Sócrates.

Tabla 6.10. Criterios de evaluación formativa fenómeno día-noche.

FENÓMENO DÍA-NOCHE		
Subcategorías	Ideas principales	Criterios de evaluación
¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico determinado?	a) El Sol tiene la capacidad de brillar. b) La Tierra gira sobre su eje.	Describo acciones de las personas, animales, plantas, cuando el entorno está iluminado.
		Describo acciones de las personas, animales, plantas, cuando el entorno está a oscuras.
		Escribo un pequeño texto sobre cómo es mi entorno cuando todo está iluminado y otro texto cuando todo está a oscuras.
		Observo el atardecer durante diez minutos y a lo largo de cinco días, consignando los colores que veo en las nubes, las formas, el cambio de temperatura y todo lo que pueda percibir a través de mis sentidos. También incluyo dibujos.
		Describo las principales características del Sol.
		Describo las principales características de la Tierra.
		Describo en qué consiste el movimiento de la Tierra alrededor de su eje.
		Escribo un listado de acciones que realizo durante el día.
		Escribo un listado de acciones que realizo durante la noche.
		Escribo un pequeño texto en el que hablo del momento en el que el Sol ilumina el continente americano en la Tierra y, por lo tanto, Colombia está de día (incluyo un dibujo).
Escribo un pequeño texto en el que hablo del momento en que el Sol ilumina el continente asiático y, por lo tanto, Colombia está de noche (incluyo un dibujo).		

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. 11. Criterios de evaluación formativa fenómeno eclipses.

FENÓMENO DE LOS ECLIPSES DE SOL Y DE LUNA		
Subcategoría	Ideas principales	Criterios de evaluación
¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico determinado?		<p>Describo las características de un cuerpo luminoso.</p> <p>Describo las características de un cuerpo opaco.</p>
	a) La Tierra gira alrededor del Sol,	<p>Proyecto siluetas de animales sobre una pared, usando una linterna y mis manos (entre la luz de la linterna y la pared, se oponen mis manos, que son cuerpos opacos. A la vez, mis manos se ubican de tal manera que se proyecta sobre la pared la figura de un caballo, de una mariposa...)</p>
	b) La Luna gira alrededor de la Tierra,	<p>Proyecto siluetas de animales sobre una pared, usando una linterna y mis manos (entre la luz de la linterna y la pared, se oponen mis manos, que son cuerpos opacos. A la vez, mis manos se ubican de tal manera que se proyecta sobre la pared la figura de un caballo, de una mariposa...)</p>
	c) Cuando coinciden los tres astros, se produce un ocultamiento de la luz del Sol, bien sea por parte de la Tierra o por parte de la Luna.	<p>Escribo un pequeño texto sobre el fenómeno de interferencia de la luz de la linterna, por parte de mis manos, lo que significa que se proyecta sobre la pared, una silueta específica. También hago dibujos de las siluetas proyectadas.</p> <p>Escribo un pequeño texto acerca de las características de un eclipse de Sol, a partir de la visualización de un video real sobre ese fenómeno cósmico.</p> <p>Escribo un pequeño texto acerca de las características de un eclipse de Luna, a partir de la visualización de un video real sobre ese fenómeno cósmico.</p>

Incluyo dibujos de ambos fenómenos.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. 12. Criterios de evaluación formativa fenómeno fases lunares.

FENÓMENO DE LAS FASES LUNARES		
Subcategoría	Ideas principales	Criterios de evaluación
¿Cómo demuestran los alumnos que han comprendido un tópico determinado?	a) En la Luna también se produce día-noche	<p>Escribo un pequeño texto sobre las características de la luz solar y sobre las características de la luz lunar.</p> <p>Dibujo lo observado en la tabla de la Luna.</p>
	b) Dependiendo de la posición relativa entre el Sol, la Tierra y la Luna y la posición de un observador en la Tierra, la Luna se ve iluminada por sectores.	<p>Escribo un pequeño texto sobre lo observado en la "tabla de la Luna" acerca de las ocho posiciones en las que observo la Luna.</p> <p>Describo verbalmente los fenómenos cósmicos asociados con las ocho observaciones que hago.</p> <p>Dibujo sobre las observaciones de la Luna real, durante cinco noches. (También apunto en mi explora-bitácora).</p> <p>Escribo un texto sobre los fenómenos de las fases lunares, a partir de las observaciones reales y las observaciones en la tabla de las fases lunares.</p>

Fuente: elaboración propia.

El desarrollo de la matriz permitió entre otras cosas, documentar aspectos disciplinares de la ciencia; definir herramientas pedagógicas para la enseñanza de la astronomía básica; mostrar el proceso de transformación del currículo estatal, en currículo planeado; construir un pequeño discurso sobre la influencia del sistema de creencias y valores de los profesores en la enseñanza; construir un escenario de integración de los referentes curriculares del Estado, en el que las estrechas relaciones existentes entre el estándar general, los derechos básicos de aprendizaje, las acciones de pensamiento, los aprendizajes y las evidencias, se unieron en torno a los tres fenómenos motivo de este estudio; construir analogías entre las tres fases del ciclo de aprendizaje de Karplus (1967)

y los cuatro niveles de comprensión de Perkins (1999), los cuales han sido usados para delinear un avance gradual en la complejidad de las actividades.

Así mismo, este instrumento metodológico condujo a auscultar las concepciones alternativas más comunes sobre estos contenidos; aplicar aspectos de las teorías del aprendizaje al diseño de las actividades; tomar elementos de la pedagogía general para hacer recomendaciones al docente en cuanto a la manera de gestionar el aula, los cuales están consignados en el documento del profesor y; generar unos criterios de evaluación, dirigidos a monitorear la comprensión que los estudiantes han alcanzado al enfrentar los fenómenos cósmicos día-noche, eclipses y fases lunares.

Del mismo modo, fue posible estructurar el presente tratado, a través de dos fases que se encuentran estrechamente relacionadas: la primera fase, fue dirigida a construir un conjunto de teorías de dominio específico sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares. La segunda fase, consistió en la materialización de las citadas teorías, por medio de una secuencia de actividades de aprendizaje puestas en un escenario digital.

6.2. MATERIALIZACIÓN DE LAS TEORÍAS DE DOMINIO ESPECÍFICO EN UN FORMATO DIGITAL.

En este capítulo, se hace referencia a la manera como han sido construidos los artefactos digitales resultado de la presente indagación, en cumplimiento del tercer objetivo específico. En virtud de esto, conviene señalar que las semillas de dichos mecanismos educativos, surgen desde las sinergias generadas en el instrumento metodológico para la comprensión. Así que, este mecanismo de construcción de teorías humildes, se convierte en el núcleo de este trabajo, y constituye una fuente epistemológica no solo para diseñar las actividades, sino para iluminar otro tipo de acciones educativas, según los profesores usuarios lo decidan.

En esa dirección, conviene recordar que, el diseño educativo distingue dos tipos de investigación: uno centrado en las innovaciones del currículo y otro concebido desde el desarrollo de teorías de dominio específico (Confrey, Prediger & Gravemeijer, 2015). Ahora bien, a pesar de que existe una estrecha relación entre las dos citadas líneas de indagación, de acuerdo con sus características, el presente trabajo sobre los fenómenos día-noche, eclipses y fases lunares, pertenece al segundo grupo. En concordancia con

esto, a partir de las citadas ideas, se ha elaborado un material de naturaleza digital, el cual consta de cinco principios, los cuales recogen los resultados de la investigación, el material del enseñante y la cartilla del estudiante. A continuación, se describe la misión de cada uno de los componentes de esta propuesta, cuyo propósito es apoyar al estudiante en su deseo de acceder a la comprensión de los tres citados tópicos.

La integración de las TIC a la educación desde argumentos pedagógicos, tiene la capacidad de acrecentar la motivación tanto de educadores como de aprendices, en el desarrollo de la comprensión de los conceptos de la ciencia (Lanoven & Ampuja, 2005). De igual manera, la página web que acompaña este trabajo, contiene diferentes herramientas de naturaleza cognitiva, las mismas que constan de: videos, imágenes interactivas e hipertextos. Así pues, al profesor estas herramientas le permiten ampliar el espectro de posibilidades en el momento de tomar decisiones curriculares, y en el caso del estudiante, éste se beneficia del hecho de que accede a la cognición distribuida en el sentido de que las potencialidades de los medios electrónicos, le apoyan en el camino del entendimiento de los conceptos.

El formato digital empleado ha sido el programa adobe flash. Como resultado del avance que ha tenido esta tecnología desde 1993, el usuario puede hacer en él animaciones, importar imágenes, generar aplicaciones para dispositivos portátiles y guardar archivos en formatos JPEG, GIF y PNG. Otra de las cualidades de esta plataforma, es que pueden utilizarse comandos que direccionan a herramientas digitales, en ausencia de internet. Tomando esto en consideración, se espera que los usuarios de este documento digital, puedan beneficiarse de la mejor manera para enfrentar los tres eventos cósmicos, motivo de este estudio.

En cuanto a los cinco principios, ellos contienen el sùmmum de las teorías de dominio específico construidas durante el desarrollo de este trabajo. En efecto, ellos son: a) "Contexto", en el cual se presenta un camino para "bajar" al aula, el currículo prescrito por los referentes curriculares del Estado colombiano; b) "Tópicos generativos", el mismo que incluye el plan de integración de componentes curriculares; c) "Metas por comprensión", en el que se muestra una secuencia de actividades en concordancia con los niveles de comprensión esbozados por Perkins (1999), y el ciclo de aprendizaje de Karplus (1967), d) "Desempeños por comprensión", el cual exhibe las actividades estrechamente relacionadas con un plan de gradualidad que incluye las acciones de pensamiento necesarias para alcanzar el estándar y e) "Evaluación formativa", en la que estriban criterios de evaluación de los desempeños propuestos en las actividades. Acorde con esto,

el educador puede consultar estos cinco principios cuando necesite resolver alguna duda en cuanto al sustento teórico de cada una de las actividades.

Haciendo referencia al material del educador y a la cartilla del estudiante, estos dos *corpus* están estrechamente relacionados. En gracia de esto, en el primer documento, el profesor halla recomendaciones y sustento teórico acerca de por qué desarrollar la clase de una u otra manera. En el segundo tratado, el estudiante encuentra los videos, las prácticas interactivas y los formatos en PDF para que resuelva las tareas problema inherentes a las actividades. Cabe señalar que, para la elaboración de ambos materiales, se utilizó el programa Adobe InDesign.

A continuación, se presenta la dirección de la página web de “Sol y Lunita”.

<https://sites.google.com/view/solylunita-exploradores/inicio>

Al abrirla el usuario, puede acceder a todo el documento digital, el cual contiene el documento del profesor, el del estudiante y los cinco principios

Una vez el usuario haya abierto el material, podrá decidir a cuál de los topics quiere acceder. Están a su disposición, el fenómeno día-noche, los eclipses y las fases lunares, con diferentes recursos, los cuales tienen la capacidad de entregar todos los elementos necesarios para avanzar en su comprensión. Además, estos medios de aprendizaje tienen la ventaja de que pueden ser vistos una y otra vez por parte de los interesados.

Capítulo 7.

Conclusiones y recomendaciones

Se presenta aquí, un conjunto de conclusiones producto de la reflexión sobre el trabajo del diseño de herramientas, para apoyar a los estudiantes en su intento de comprender tres fenómenos cósmicos: el día y la noche; los eclipses solar y lunar, además de las fases de la Luna. Han sido especialmente reveladores, aspectos como la problematización, la construcción de los objetivos, la metodología usada, la construcción de las teorías de dominio específico y la materialización de estas, a través de la construcción de las actividades de aprendizaje. Si bien, todos los documentos académicos pueden ser susceptibles de mejoría, se considera que éste tratado constituye una buena herramienta, tanto para profesores como para estudiantes, en el ejercicio de la profundización en los tres fenómenos anteriormente citados.

El objetivo general de este trabajo, reza: “Diseñar un material de enseñanza desde el aprendizaje por comprensión, sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares”. Así pues, con el propósito de desarrollar ese cometido, fue necesario formular unas teorías de dominio específico, de las que derivaron unas actividades guiadas por el ciclo de aprendizaje de Karplus (1967) y por los niveles de comprensión de Perkins (1999), las mismas que fueron materializadas en un

formato accesible y dinámico, con el propósito de que beneficiaran a todos los que así lo decidieran. Naturalmente, el trabajo tiene unas bases anteriores, en el sentido de que, con antelación, se construyó una problematización, y se definió una metodología, las cuales permitieron acceder a unos resultados finales. De allí, de las experiencias gestadas a través del desarrollo de este diseño, surgen unas reflexiones, que se presentan a continuación.

El ejercicio de la construcción de la problematización, condujo a desvelar aspectos como los vacíos en la conexión entre las lecciones de los libros de texto de la astronomía, lo cual genera ausencia de coherencia curricular, es decir, no existe una secuenciación que conecte al niño con un camino de comprensión de los conceptos científicos de una manera llana y agradable. En atención a estos planteamientos se puede afirmar que, estos obstáculos se presentan debido a que no existe interés (en la mayoría de los casos), en tomar en cuenta las recomendaciones y observaciones realizadas por los especialistas en el campo educativo. De ahí que, en la medida en que el profesor reflexione sobre estos aspectos, es decir, que se convierta en docente-investigador, es posible avizorar una disminución en la brecha existente entre las propuestas de los investigadores de la educación en ciencias y la práctica al interior del aula.

Animadas por las intenciones del diseño, la pedagogía general y las teorías del aprendizaje, se unen al propósito de acercar al aula, los constructos proporcionados por los estudiosos de la enseñanza de las ciencias, en aras de poder tomar decisiones curriculares e instruccionales en el sentido de resolver los interrogantes que plantea este estudio. Así mismo, se toman en cuenta aportes de la literatura de educación en astronomía para amalgamarlas en el instrumento metodológico prescrito desde las premisas de Krippendorff, el cual permite hacer un recorrido por unidades de muestreo, de contexto y de registro, las mismas que alimentan el crisol para que surjan las teorías de dominio específico. Siendo la principal misión de estos postulados, construir principios y apoyar la construcción de una secuencia coherente de actividades, aparece como hoja de ruta para ello, el Plan de Integración de componentes curriculares, un instrumento que relaciona

estrechamente los estándares de competencias, los derechos básicos de aprendizaje y las matrices de referencia.

Es preciso señalar que, la construcción de las actividades gobernada por este plan, fue realizada a través de ir y venir una y otra vez, en cumplimiento de una de las premisas del diseño educativo, en el sentido de diseñar, reflexionar, corregir y volver a diseñar. En ese mismo proceso, algunas de las prácticas inicialmente concebidas sufrieron tantas transformaciones que casi desaparecieron, debido a que finalmente en nada se parecían a la concepción inicial. Además, la conexión profunda entre las actividades y dicho plan, garantiza la coherencia curricular la cual es uno de los anhelos de este trabajo.

Visto esto, es pertinente hacer caer en cuenta de la importante misión que cumplen las teorías de dominio específico, en el sentido de servir de plataforma para la construcción de las secuencias de actividades, además de orientar su implementación, transversalizadas por la coherencia. Cabe resaltar, que esta característica les concede a las citadas conjeturas, la capacidad de disminuir la distancia entre las propuestas teóricas y el ejercicio al interior del aula. En ese aspecto, el diseño de materiales basados en ámbitos reales, ha incursionado desde hace tres décadas en el escenario de los constructos generados por la comunidad de educación en ciencias, como una herramienta para apoyar la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes.

Por lo que atañe a los referentes curriculares del Estado colombiano, estos instrumentos, si bien, son hijos de la coherencia, es necesario adaptarlos a cada contenido específico. Así pues, una de las misiones de este trabajo, fue construir un plan de integración de coherencia curricular, que pudiera hacer las veces de faro para iluminar el camino hacia actividades genuinas. El citado plan, es un escenario que construye fuertes lazos entre un estándar general, tres derechos básicos, las acciones de pensamiento para alcanzar el estándar y, un aprendizaje abarcador surgido en la matriz de referencia, a través de la intersección entre el componente y la competencia. Cabe señalar que, todos los esfuerzos de esta estructura para la enseñanza, están dirigidos a alcanzar el siguiente estándar: “Me

ubico en el universo y en la Tierra, e identifico características de la materia, fenómenos físicos y manifestaciones de la energía en el entorno” (MEN, 2004, p.17). Conviene tener presente que, si bien, el PICC es un instrumento con muchas virtudes, es solo un elemento que hace parte de un engranaje mayor, en el que la estructura de la investigación en diseño, se blindada para no ser afectada por la ausencia de coherencia. En efecto, desde la perspectiva de esta ciencia, cuando un profesor-diseñador, va a crear un ambiente de aprendizaje, el artefacto debe estar iluminado por las premisas del diseño, las teorías del aprendizaje, la pedagogía general, los referentes curriculares de cada país y la literatura de educación en ciencias. Los antecedentes confirman que, cuando se han diseñado estrategias de aprendizaje en la que no concurren estos elementos, no se gestan conexiones en su estructura interna.

Así mismo, al culminar este trabajo sobre la enseñanza-aprendizaje de fenómenos básicos de la astronomía, el cual ha sido concebido desde la idea de privilegiar la comprensión, se resalta la necesidad de contar con aquellos elementos que conducen a la construcción de teorías de dominio específico. En gracia de esto, se garantiza la presencia de la coherencia curricular. Ciertamente, al hacer uso de esta posibilidad académica, el profesor-diseñador entra a hacer parte de transformaciones al interior del aula, creando un ámbito en el que el primer beneficiario es el estudiante.

En esa misma dirección, es importante hacer mención de la secuenciación de las actividades. Estas prácticas, cuyo propósito es generar un acercamiento paulatino entre el niño y el fenómeno natural, fueron guiadas a través de una heurística construida por la conjunción entre los niveles de comprensión de Perkins (1999) y el ciclo de aprendizaje de Karplus (1967). Dicho brevemente, estas tareas discurren una tras otra, de tal manera que la siguiente siempre se apoya en la anterior, construyendo un camino de gradualidad, en el que no existen baches en el proceso por medio del cual, el aprendiz construye su modelo mental e interioriza el concepto.

Del mismo modo, el haber elegido las teorías del diseño como instrumento rector de este estudio, obligó a adentrarse en un escenario de constante reflexión, si se

tiene en cuenta que, esta ciencia genera innovaciones estrechamente relacionadas con interrogantes de indagación. En efecto, ante el reto de construir asociaciones entre las teorías de grano grueso y las de grano fino, fue necesario consultar artículos, capítulos de libro y libros, con capacidad de inspirar el trabajo en la gestación de las teorías de dominio específico. En ese marco, la metodología aportada por Krippendorff (1990), permitió discurrir sin tropiezos por las unidades de muestreo, contexto y registro.

Si bien, los objetivos y la metodología de este trabajo, han apuntado siempre a la construcción de una secuencia de actividades, es posible afirmar que, la presente indagación va más allá de esto. En efecto, aunque dichos instrumentos de desempeño, son sumamente valiosos, el enriquecimiento que ha producido la andadura en la búsqueda de elementos para la construcción de estos, puede ser, si se quiere más importante. Por ejemplo, el descubrimiento de la estrecha relación entre los postulados de Perkins (1999) y los de Karplus (1967), como mecanismos de orientación del paulatino y seguro avance en el desarrollo de los tres conceptos; el hallazgo del diseño de experimentos, como instrumento de aplicación en contextos reales; el acercamiento a teorías como el enfoque sociocultural, la cognición situada, el aprendizaje significativo; el conocimiento de los dos tipos de coherencias (inter e intra); el encuentro con la metodología del análisis documental y, sobre todo la construcción del plan de integración de coherencia curricular, el mismo que se convirtió en núcleo del tratado.

En esa misma dirección, se ha comportado la auscultación de unidades de muestreo, de contexto y de registro, las cuales han permitido hacer un enriquecedor recorrido por valiosos instrumentos de la literatura relativa a la ciencia y al ejercicio de la educación. Es preciso enfatizar, que la citada búsqueda permitió entre otras cosas, nutrirse de la epistemología de la ciencia con sus principales exponentes, Kuhn y Popper; profundizar en el estudio de los referentes curriculares del Estado colombiano y sus conexiones; conocer y adaptar modelos de actividades de otros países, dirigidos a la enseñanza de la astronomía y, descubrir concepciones alternativas tanto de estudiantes como de profesores. En ese sentido, es posible decir que “los medios han sido tan nobles como los fines”.

A manera de colofón, se presentan algunas consideraciones importantes acerca del “material de enseñanza por comprensión sobre los tópicos día-noche, eclipses y fases lunares” dirigido a niños de quinto grado:

1. No solamente con actividades que se hacen en papel y en pantalla, sino principalmente a partir del ejercicio de observación del cielo, se genera en el estudiante un acercamiento con los astros especialmente con la Luna y el Sol, por ser los más cercanos. Ciertamente, así como el ser humano necesitó muchos años para superar el postulado de que “la Tierra es nuestra, y podíamos explotarla ilimitadamente, ahora se acepta que “pertenece a ella”. En ese mismo sentido, es posible afirmar, que pertenecemos al Universo y, que somos hijos de las estrellas (Sagan, 1980), así que se espera que poco a poco, los niños nuevos, pueden empezar a reconocerse como seres cósmicos.
2. Las actividades están transversalizadas por el ejercicio de la lectura bien sea de textos lingüísticos o de textos multimediales. En este sentido, se hace énfasis en que este ejercicio permite a los niños interactuar con el escrito, con sus pares, con los profesores y consigo mismo (Barrentine, 1996), alentando la profundización en los conceptos a través del mecanismo de la reorganización de las ideas. Por añadidura, se incentiva en el aprendiz el disfrute por la lectura, desde la idea de que, a través de las representaciones semióticas puestas en el escrito, el ser humano ingresa a otros mundos, en este caso, los de la ciencia.

Cabe señalar que, al diseñar las evidencias de aprendizaje posteriores al ejercicio de las actividades, siempre se les pide a los estudiantes, que comuniquen los conceptos comprendidos, a través de la oralidad, la escritura o el dibujo. Otro ejercicio en el que el infante se ve obligado a reorganizar sus ideas y, por lo tanto, a reafirmar sus conceptos, se da cuando el profesor, detiene un video en un punto que él considera crucial, realiza preguntas y el pupilo responde en voz alta.

3. Haciendo referencia a las capacidades de las TIC para potenciar las virtudes de una investigación, este trabajo se ha visto favorecido. En efecto, el hecho de que sea posible poner en un documento digital los cinco principios expresados como culmen de las teorías de dominio específico, más el manual del profesor y la cartilla del estudiante, es una circunstancia afortunada. Esto implica que cualquier profesor del mundo, puede acceder a los documentos y adaptarlos a su contexto, cumpliendo con uno de los postulados de la investigación en diseño, de confeccionar documentos compartibles (Candela, 2019). Adicionalmente, la gestión del aula se ve enriquecida con la posibilidad de disponer de software y hardware a través del computador, la Tablet o el Smart phone.
4. Como se sabe, este documento es un diseño, es decir, posteriormente debe ser implementado y evaluado. En ese sentido, los profesores que lo utilicen para enseñar astronomía o física o matemáticas, podrán adaptarlo a sus contextos, respondiendo a las necesidades propias de sus centros educativos. Se espera eso sí, que no se caiga en la llamada “mutación deletérea” y menos en la “mutación letal”, las cuales desvirtúan el espíritu del estudio.

Capítulo 8.

Bibliografía.

Álvarez, C. (2015). Teoría frente a práctica educativa: algunos problemas y propuestas de solución. *Perfiles educativos* vol.37 no.148 México abr./jun. 2015.

Alzaghbi, M. (2010). *Instructional design: Development, implementation and evaluation of a teaching sequence about plant nutrition in Saudi*. The University of Leeds School of Education.

Anderson, L., y Krathwohld, E. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assesing a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Abridged edition.

Atkin, J., y Karplus, R. (1962). *Discovery or invention Science Teacher*, 29, 45.

Ausubel, D. (2005). *Psicología educativa. un punto de vista cognoscitivo*. Editorial Trillas, México.

Badilla, E. (2009). *Diseño curricular: de la integración a la complejidad*. Revista Electrónica publicada por el Instituto de Investigación en Educación Universidad de Costa Rica. Volumen9, Número 2 pp. 1-13.

Ballester, A. (2014). *Meaningful learning in practice*. *Journal of Education and Human Development* December 2014, Vol. 3, No. 4, pp. 199-209.

Barrentine, S. (1996). Engaging with reading through interactive read-alouds. *Reading Teacher*, 50(1), 36-43. EJ 533 985.

Baume, G. (2014). *La esfera celeste*. Universidad de la Plata, Argentina. Editorial de la Universidad de La Plata.

Blythe, T. (1999a). La enseñanza por comprensión. Guía del docente. Artículo en: *La Enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica*. Compilación de Martha Stone Wiske. Editorial Paidós.

Blythe, T. (1999b) *The teaching for understanding guide*. Jossey Bass. A Wiley Imprint.

Bodrova, E., y Leong, D. (2015). Vygotskian and posvygotskian Views of Children's play. *American Journal of Play*, Volume 7, Number 3.

Boix-Mansilla, V., y Gardner, J. (1999). ¿cuáles son las cualidades de la comprensión? Artículo en " *La Enseñanza por Comprensión*", compilación de Martha Stone Wiske.

Brophy, J. (2011). History of research management classroom. Article in *Handbook of Classroom Management. Research, Practice and Contemporary Issues*.

Brown, Collins, A., y Duguid, P. (1989). *Situated cognition and culture of learning*. Center for the Study of Reading. University of Illinois.

Bunge, M. (1959). *La ciencia, su método y su filosofía*. Editorial Laetoli.

Camino, N. (2011). La didáctica de la astronomía como campo de investigación e innovación educativa. Simposio nacional de educación en astronomía, Río de Janeiro, 2011, 1-13.

Camino, N., Nardi, R., Pedreros, R., García, E., y Castiblanco, O. (2016, enero-junio). Retos de la enseñanza de la astronomía en Latinoamérica. *Revista Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias* e-ISSN: 2346-4712•Vol. 11, No. 1 (ene-jun 2016), 5-6.

Campanario, J., y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 2000, Vol. 18, n.º 2, pp. 155-69.

Candela, B. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Editorial Universidad del Valle, 19-48.

Candela, B. (2017). Perspectivas que han direccionado la investigación y consolidación de la educación en ciencias como una disciplina científica. *Revista Praxis* Vol. 13N.º2, 139-152 Julio-diciembre 2010, ISSN 1728-5852.

Carretero, M. (2002). *Construir y enseñar*. Argentina, Aique, 2002.

Cobb, P., Confrey, J., di Sessa, A., Lereh, R., y Schauble, L. (2003, p. 9, january-february). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, vol. 31, 9-13.

Cobb, P., y Gravemeijer, K. (2008a). Experimenting to support and understand learning processes. Article in *Handbook on Design Research Methods in Education. Innovations in Science, Technology, Engineering and Mathematics Learning and Teaching*.

Cobb, P., y Gravemeijer, K. (2008b). Experimenting to support understanding learning processes. Article in "Handbook of design research methods in education".

Collins, A. (1991). Design issues for learning environments. Center for Technologie in Education. New York.

D.B.R. Collective. (2003, january-february). An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, Vol. 32, No. 1, 5-8.

De La Iglesia, J. (s.f.). Las artes liberales en la biblioteca real del escorial. Estudios superiores de la Biblioteca Real del Monasterio del Escorial.

Delceva, J. (2014). Classroom management *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education* Vol. 2, No.1, 2014.

Dewey, J. (1916). *Democracia y educación*. Ediciones Morata. Madrid.

Doyle, H. (2020). Nasa science for kids. eclipses lunares y solares program. Nasa Science for kids.

Duque, G. (2017). *Guía astronómica*. Universidad nacional de Colombia 2017.

Dzielska, M. (2004). *Hipatia de Alejandría*. Ediciones Siruela, Madrid 2004.

Esteban, M. (2009). *Del saber de las estrellas*. Universidad Complutense de Madrid.

Falout, J. (2014). Circular seating arrangements: Approaching the social crux in language classroom. *Studies in Second Language Learning and Teaching* Department of English Studies, Faculty of Pedagogy and Fine Arts, Adam Mickiewicz University, Kalisz SSLT 4 (2). 2014.275-300.

Fancello, O. (1990). *Il camino delle scienze i. dalle stelle alla vita*. Editorial Grijalbo, 51-93.

Fernández, L. (2005). Las tablas astronómicas de Alfonso X el sabio. *Universidad Complutense de Madrid. Anales de Historia del Arte* 2005, 15, 29-50.

Feyerabend, P. (1971). *Contra el método*. Editorial Verso Books.

Fierro, J. (2017a). *Astronomía para niños de cuarto de primaria*. Universidad Autónoma de México.

Fierro, J.(2017b). Astronomía para niños de cuarto de primaria. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: <https://www.facebook.com/QuantosdeCiencia/videos/571290827119084/>.

Flore, E., y Leymonié, J. (2007). Planificaciones de aula que promueven la comprensión. Artículo en: Didáctica práctica para enseñanza media y superior. Montevideo: Grupo Magro. Revista Alternativas, publicación trimestral de la Universidad de San Luis, Año VIII – No 33 (2003).

Fraknoi, A., Morrison, D., y Wolff, S. (2017). Astronomy. Open Stax Rice University. Houston Texas. Gaitano Játiva, M. (2013). Curso de iniciación a la astronomía. Recuperado de <http://www.elcielodelmes.com>.

García, S., Martínez, C., Mondelo, M., y Vega, P. (1997). La astronomía en textos escolares de educación primaria. Enseñanza de las Ciencias, número 15 (2), 225-232.

Gimeno, J. (1991). El curriculum: una reflexión sobre la práctica. Ediciones Morata. Glaser, y Strauss. (2006). The discovery of grounded theory. Strategies for qualitative research. Aldine Transaction. A Division of Transaction Publishers.

Guevara, G. (2009). La revolución galileana de la especulación teórica a la confirmación experimental. Revista Deslinde pp.105-120...

Hanuscin, D., y Lee, M. (2008). Using the learning cycle as a model for teaching the learning cycle to preservice elementary teachers. Journal of Elementary Science Education, Vol. 20, No. 2 (Spring 2008), pp. 51-66. ©2008 Document and Publication Services, Western Illinois University.

Harari, Y. (2014). Sapiens, de animales a dioses. Penguin Random House.

Heredia, D. (2018). ¿qué constituye al ser humano como ser humano? un intento de tomar parte en la búsqueda a una pregunta básica del que hacer filosófico. Universidad de Sevilla. España.

Hetland, L., Hammerness, K., Unger, K., y Wilson, D. (1999). artículo en” la enseñanza para la comprensión”. Editorial Paidós, Buenos Aires.

Jaramillo, V. (2002). Las empresas familiares frente a la implementación de sistemas de control de gestión. Forum Empresarial, vol. 7, núm. 2, diciembre, 2002, pp. 56-81 Centro de Investigaciones Comerciales e Iniciativas Académicas San Juan, Puerto Rico.

Jeffery, D. (1996). Lectures on the History of astronomy. Department of Physics and Astronomy.

Jiménez, A. (2011). Propuesta didáctica para pasar de preconceptos comunes a conceptos científicos, con estudiantes de quinto grado de primaria, a partir del desarrollo histórico del zodiaco hasta llegar a la eclíptica. Universidad Nacional de Colombia.

Karplus, R. (1980). Teaching for the Development of reasoning Research in Science Education Number 10, p.1–9.

Krista, K. (2018). Evidence for student centered learning. Education Evolving.

Kuhn, T. (1962). La estructura de las revoluciones científicas. Editorial University of Chicago.

Langhi, y Nardi. (2010). Astronomy education in Brazil: formal, informal, non-formal education, and scientific popularization. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4.

Lawson, A. (2002). The learning cycle. in a love of discovery: Science education, the second career of Robert Karplus. ed. R.G. Fuller, 51–62. New York, NY: Kluwer Academic.

Leguizamón, M., y Pastorelli, M. (2011). La experiencia para la comprensión en el nivel inicial: una experiencia que deviene y llega a la web, en la escuela José de San Martín de Santafé. Épsilon, revista de educación matemática. Volumen 28 (2) número 78, 59-70.

López, E., Armijos, J., Arias, M., Vera, F., D. and Aldás, y M., L. (2018). Capacitación en astronomía y astrofísica a docentes de las instituciones educativas municipales del distrito metropolitano de Quito. Observatorio Astronómico de Quito.

Maggiorelli, L. (2020). Diseño y técnicas de investigación. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Maniulenko, Z. (1975). The Development of voluntary behavior by preschool- Age children. Soviet Psychology 13:65–116. MEN. (2016).

Derechos básicos de aprendizaje. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. MEN. (1998).

Lineamientos curriculares ciencias naturales. Ministerio de Educación Nacional de Colombia. MEN. (2004). ¡formar en ciencias, el desafío! Currículum estatal de Colombia, 7.

Mendoza, J. (2010). Introducción a la astronomía y a la astrofísica. Introducción a la astronomía y a la astrofísica.

Montealegre, R. (2016). Controversias piaget-vygotsky en psicología del desarrollo. *Acta colombiana de psicología* 19 (1): 271-283.

Nardi, R., y Langhi, R. (2010-02-18). Ensino da astronomia no Brasil: educacao formal, informal, nao formal e divulgacao científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 4, 4402(2009).

National Research Council, T. (1999). *Designing mathematics on science curriculum programs. A guide for Using mathematics and science education estándar*. National Research Council, 1.

Novak, J. (1993). A Views on the current status of Ausubel's assimilation theory of learning. *The Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*.

Novak, J., y Gowin, D. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Press.

Patiño, L. (2007). Aportes del enfoque histórico-cultural para la enseñanza. *Educación y Educadores*, 2007, Volumen 10, Número 1, pp. 53-60.

Percy, J. R. (1996). *New trends in astronomy teaching*. Guoguenheim, Mcnolly an Percy editors.

Perelman, F. (2010). *Actas del segundo congreso internacional de didácticas específicas*. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Psicología.

Perkins, D. (1999, 02). *La enseñanza por comprensión*. Editorial Paidós, 69-107.

Perkins, D. (1999, p. 16, 02). *La enseñanza por comprensión*. Editorial Paidós, 69-107.

Perkins, D. (1999, p. 79, 02). *La enseñanza por comprensión*. Editorial Paidós.

Perrone, V. (1999). ¿por qué necesitamos una pedagogía de la comprensión? Artículo en *La Enseñanza por Comprensión*", compilación de Martha Stone Wiske.

Piaget, J. (1950). *Construction of the child's reality*. Routledge and Kegan Paul Publishers.

Popper, K. (1959). *La lógica de la investigación científica*. Editorial Julius Springer.

Porta, M. M., L. Yeyaide. (2017). *Pedagogías(s) vitale(s): cartografías del pensamiento y gestos ético-políticos en perspectiva des colonial*. Mar del Plata: EUDEM. 2017.

Pozo, J. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata. Pozo, J., y Gómez, M. (1998). *Aprender a enseñar ciencia*. Ediciones Morata.

Prediger, S., Confrey, J., y Gravemeijer, K. (2017). Design research with a focus on learning processes: an overview on achievements and challenges. Article in ZDM: the international Journal on mathematics education. September 2015.

Rockwell, E. (1980). Antropología y educación. problemas en torno al concepto de cultura. Editorial Mimeo, México.

Rodríguez, G. (2012). Los cuerpos celestes, una aproximación a los lineamientos de la astronomía como asignatura de educación media. Tesis de Maestría Universidad Nacional de Colombia.

Rosenvasser, E. (2004). Cielito lindo. astronomía a simple vista. Editorial Siglo XXI.

Ruiz, M., Meneses, A., y Maggio, M. (2014). Coherencia curricular y oportunidades para aprender. Ciencia y Educación, vol.20 (número 4), p.955-970.

Sacristán, J. (1991). El curriculum: una reflexión sobre la práctica. Ediciones Morata. Madrid1999.

Sadler, P. M. (1992). The initial knowledge state of high school astronomy students. A Dissertation Presented to the Faculty of the Graduate School of Education of Harvard University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Doctor of Education 1992.

Sagan, C. (1980). En la orilla del océano. <https://www.youtube.com/watch?v=JNFIAaS4xBw>.

Schmidt, W., Houang, R., y Cogan, L. (2002, summer). A coherent curriculum: The case of mathematics. American Educator, summer 2002, 1-19.

Smale, A. (2001). High energy astrophysics science archive research center (heasarc) office. NASA's Goddard Space Fly Center.

Solbes, J., y Palomar, R. (2015). Evaluación de una propuesta para la enseñanza y el aprendizaje de la astronomía en secundaria. Revista: Enseñanza de las Ciencias (2015):91-111.

Solbes, J., y Palomar Fons, R. (2011). ¿Por qué resulta tan difícil la comprensión de la astronomía, a los estudiantes? Didáctica de las ciencias experimentales y sociales, 187-211.

Starman, A. (2014). The case Study as a type of qualitative research. JOURNAL OF CONTEMPORARY EDUCATIONAL STUDIES 1-2013, 28-43.

Stone, M. (1999). La importancia de la comprensión. Artículo en: La Enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Compilación de Martha Stone Wiske. Editorial Paidós.

Stone, M. (1999, p. 23). La importancia de la comprensión. Artículo en: La Enseñanza para la comprensión. Vinculación entre la investigación y la práctica. Compilación de Martha Stone Wiske. Editorial Paidós.

- Tacca, D. (2011). La enseñanza de las ciencias naturales en la educación básica. *Investigación Educativa* Vol. 14 N.º 26, 139-152 Julio-diciembre 2010, ISSN 1728-5852.
- Tardif, M. (2014). Los saberes del docente y su desarrollo profesional. NARCEA, S.A. DE EDICIONES Paseo Imperial 53-55. 28005 Madrid. España.
- Tignanelli, H. (2007). *Astronomía en la escuela*. Editorial universitaria de Buenos Aires EUDEBA.
- Torres, E. (2018). La relevancia del docente en la educación centrada en el estudiante. *Voces de la educación*, 3 (5) pp.215-222.
- Torres, S. (2006). Algunas notas sobre la obra de Kepler. *Biblioteca Universitaria*, vol. 9, núm. 1, enero-junio, 2006, pp. 45-52 Universidad Nacional Autónoma de México.
- Urbano, D., y Rivas, F. (2017). Diseño de un material de enseñanza por comprensión del tópico "transformaciones físicas de las sustancias". Tesis de Maestría Universidad del Valle.
- Van Dijk, T. (1992). *La ciencia del texto*. Ediciones Paidós Buenos Aires.
- Vilches, J., y Ramos-Tamajón, C. (2014). La enseñanza-aprendizaje de fenómenos astronómicos cotidianos en la educación primaria española. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 12, núm. 1, enero-abril, 2015, pp. 2-21 Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA Cádiz, España.
- Weibell, C. (2011). Discovery learning. [<https://principlesoflearning.wordpress.com>]. Wells, G., y Mejía, R. (2005). Toward dialogue in the classroom: Learning and teaching through inquiry. *Working Papers on Culture, Education and Human Development* Year 2005, Volume1, Number 4.
- White, R. T., y Gunstone, R. F. (1992). *Probing understanding*. Britain: Falmer Press.
- Wiley, D. (s.f.). Connecting learning objects to Instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy. Utah State University Digital Learning Environments Research Group The Edumetrics Institute.
- Yin, R. (2008). *Case Study research: design and methods*. Copyright ©2009 by SAGE Publications.
- Zuluaga, J. (2016). Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=qsawiqrpm>. Universidad de Antioquia.