

**UNA APROXIMACIÓN AL DESPERTAR DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA  
EN EL NIVEL MEDIO EN COLOMBIA**

Por:

**Julián Eduardo Jaramillo Zapata**

**Juan Esteban Arroyave Echavarría**

**Juan David Higueta Giraldo**

Asesor(a):

**Dra. Sonia Yaneth López Ríos**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN EN TIC PARA LA ENSEÑANZA DE LAS  
CIENCIAS**

**LIC. EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y  
EDUCACIÓN AMBIENTAL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN**

**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**

**MEDELLÍN**

**2012**

# ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.0.	JUSTIFICACIÓN.....	5
2.	OBJETIVOS.....	7
	OBJETIVOS GENERALES.....	7
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
3.	ESTADO DEL ARTE.....	8
3.0.	INTRODUCCIÓN.....	8
3.1.	APORTES DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR CATEGORÍA Y SUBCATEGORÍA.....	12
3.1.1.	<i>Categoría: enseñanza de la TER</i> .....	12
3.1.1.1.	Subcategoría: formación de maestros en la TER.....	12
3.1.1.2.	Subcategoría: formación de estudiantes universitarios en la TER.....	13
3.1.1.3.	Subcategoría: formación de estudiantes de educación media.....	17
3.1.1.3.1.	Formación de estudiantes de educación media (propuestas de investigación).....	17
3.1.1.3.2.	Formación de estudiantes de educación media (propuestas de enseñanza).....	26
3.1.1.3.3.	Formación de estudiantes de educación media (Trabajos Reflexivos).....	28
3.1.2.	<i>Categoría: uso de las TIC para la enseñanza de la TER</i> .....	33
3.1.2.1.	Subcategoría: propuestas didácticas.....	33
3.1.3.	<i>Categoría: currículo</i> .....	36
3.1.3.1.	Subcategoría: currículo en Colombia.....	36
3.1.3.2.	Subcategoría: currículo en otros países.....	38
3.1.3.3.	Subcategoría: currículo de Física.....	42
3.1.3.4.	Subcategoría: propuestas didácticas para un cambio curricular.....	44
3.1.3.5.	Subcategoría: revisiones bibliográficas en enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea (FMC) ....	51
3.2.	APORTES DE LOS TRABAJOS POR CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS: IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE ASPECTOS RELEVANTES PARA UN ABORDAJE CONTEXTUALIZADO DE LA TER A PARTIR DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LA REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	53
3.2.1.	<i>Categoría: enseñanza de la TER</i> .....	55
3.2.1.1.	Subcategoría: formación de maestros en la TER (Ver tabla II).....	55
3.2.1.2.	Subcategoría: formación de estudiantes universitarios en la TER (Ver tabla III).....	56
3.2.1.3.	Subcategoría: formación de estudiantes de educación media.....	57
3.2.1.3.1.	Subcategoría: formación de estudiantes de educación media en la Teoría Especial de la Relatividad TER. (Propuestas de Investigación) (Ver tabla IV).....	57
3.2.1.3.2.	Subcategoría: formación de estudiantes de educación media (propuestas didácticas) (Ver tabla V).....	58
3.2.1.3.3.	Subcategoría: formación de estudiantes de educación media (Trabajos Reflexivos) (ver tabla VI) .	59
3.2.2.	<i>Categoría: uso de las TIC para la enseñanza de la TER</i> .....	60
3.2.2.1.	Subcategoría: propuestas didácticas (ver Tabla VII).....	60
3.2.3.	<i>Categoría: currículo</i> .....	61
3.2.3.1.	Subcategoría: currículo en Colombia (Ver tabla VIII).....	62
3.2.3.2.	Subcategoría: currículo en otros países (ver tabla IX).....	62
3.2.3.3.	Subcategoría: currículo de Física (ver tabla X).....	63
3.2.3.4.	Subcategoría: propuestas didácticas para un cambio curricular (ver tabla XI).....	63
3.2.3.5.	Subcategoría: revisiones bibliográficas en enseñanza de la FMC (ver tabla XII).....	64
3.3.	POSIBILIDADES Y LIMITACIONES DE INTRODUCIR LA TER EN LA ENSEÑANZA MEDIA.....	92
3.3.1.	<i>Enseñanza de la TER</i> .....	100

3.3.2. <i>Uso de las TIC para la enseñanza de la TER</i> .....	100
3.3.3. <i>Renovación del currículo</i> .....	101
3.4. <i>ALGUNAS CONCLUSIONES Y ALTERNATIVAS PARA LA INTRODUCCIÓN DE LA TER EN LA EDUCACIÓN MEDIA</i> .....	102
<b>4. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>104</b>
4.0. BASES EPISTEMOLÓGICAS.....	104
4.0.1. <i>Racionalismo crítico de Karl R. Popper</i> .....	104
4.0.2. <i>Revoluciones científicas de Thomas Kuhn</i> .....	108
4.0.3. <i>Filosofía del "No" de Gastón Bachelard</i> .....	113
4.0.4. <i>Evolucionismo conceptual de Stephen Toulmin</i> .....	120
4.0.5. <i>Programas de investigación científica de Imre Lakatos</i> .....	124
4.0.6. <i>Contra-inducción de Paul Feyerabend</i> .....	127
4.0.7. <i>Contribución de las bases epistemológicas en la presente investigación</i> .....	132
4.1. BASES PEDAGÓGICO-DIDÁCTICAS.....	135
4.1.1. <i>¿Qué es el aprendizaje significativo?</i> .....	135
4.1.2. <i>¿Qué es el aprendizaje significativo crítico?</i> .....	136
4.1.3. <i>¿Qué es un subsumidor?</i> .....	136
4.1.4. <i>¿De dónde vienen los subsumidores?</i> .....	138
4.1.5. <i>¿Qué hacer cuando no existen subsumidores?</i> .....	138
4.1.6. <i>Condiciones para que ocurra aprendizaje significativo</i> .....	139
4.1.7. <i>Moreira (2005) presenta nueve principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico</i> .....	141
4.1.8. <i>Tipos de aprendizaje significativo</i> .....	143
4.1.9. <i>Contribución de las bases pedagógico-didácticas en la presente investigación</i> .....	144
4.2. <i>TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN (TIC)</i> .....	145
4.2.1. <i>La normativa y su papel en la educación</i> .....	145
4.2.2. <i>Aportes para la enseñanza de las ciencias</i> .....	146
<b>5. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA</b> .....	<b>150</b>
5.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	150
5.1.1. <i>Tipo de estudio</i> .....	152
5.1.2. <i>Contexto de la investigación</i> .....	157
5.1.3. <i>Procedimientos e instrumentos de recolección de información</i> .....	160
5.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DIDÁCTICA.....	168
5.2.1. <i>Triangulación</i> .....	182
5.2.2. <i>Cronograma de la investigación</i> .....	185
<b>6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>187</b>
CATEGORÍA 1: BASES TEÓRICAS DEL CURRÍCULO.....	190
CATEGORÍA 2: CONTRIBUCIÓN DE LA POSTURA TEÓRICA DEL INVESTIGADOR A LA CONTEXTUALIZACIÓN DEL CURRÍCULO EN FÍSICA.....	200
ANÁLISIS Y CONCLUSIONES POR SUBCATEGORÍA DE LOS CASOS.....	203
ANÁLISIS Y CONCLUSIONES POR CATEGORÍA DE LOS CASOS.....	263
<b>7. CONCLUSIONES GENERALES</b> .....	<b>292</b>
<b>8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>294</b>
<b>9. ANEXOS</b> .....	<b>303</b>

ANEXO 1: PORTADA CARTILLA.....	303
ANEXO 2: LECTURA, EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: SUS ORÍGENES Y ALGUNOS RASGOS CARACTERÍSTICOS.....	304
ANEXO 3: ACTIVIDAD 1, EL CONOCIMIENTO CIENTÍFICO: SUS ORÍGENES Y ALGUNOS RASGOS CARACTERÍSTICOS.....	314
ANEXO 4: LECTURA, BREVE BIOGRAFÍA CLÁSICA DE ALBERT EINSTEIN.....	317
ANEXO 5: LECTURA. LOS CONCEPTOS DE ESPACIO Y TIEMPO.....	320
ANEXO 6: ACTIVIDAD 2, DE LO ABSOLUTO A LO RELATIVO.....	325
ANEXO 7: ACTIVIDAD 3., INSTRUMENTO DE IDEAS PREVIAS.....	328
ANEXO 8: LECTURA, BREVE HISTORIA DEL CONCEPTO DE ÉTER.....	331
ANEXO 9: ACTIVIDAD 4, LA HISTORIA DEL CONCEPTO DE ÉTER.....	334
ANEXO 10: ACTIVIDAD 5, TEMÁTICA TRABAJADA POR MEDIO DE CLASE MAGISTRAL.....	336
ANEXO 11: ANIMACIÓN SOBRE DILATACIÓN DEL TIEMPO: PARADOJA DE LANGEVIN.....	341
ANEXO 12: EJEMPLOS PROPUESTOS SOBRE DILATACIÓN DEL TIEMPO.....	342
ANEXO 13: EJERCICIOS PROPUESTOS SOBRE DILATACIÓN DEL TIEMPO.....	345
ANEXO 14: ACTIVIDAD 6, TEMÁTICA TRABAJADA EN CLASE MAGISTRAL: CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD.....	348
ANEXO 15: EJEMPLOS Y EJERCICIOS PROPUESTOS SOBRE CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD.....	349
ANEXO 16: ACTIVIDAD 8, SIMULACIÓN DE DILATACIÓN DEL TIEMPO Y DIAGRAMA AVM.....	353
ANEXO 17: ACTIVIDAD 9, SIMULACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD Y DIAGRAMA AVM.....	355
ANEXO 18: ACTIVIDAD 10, VALORACIÓN FINAL.....	357
ANEXO 19: INSTRUMENTO PARA VALORAR LA EXPERIENCIA PEDAGÓGICA.....	359

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1: RESULTADOS POR AÑO ENCONTRADOS EN LA BÚSQUEDA REALIZADA PARA EL ESTADO DEL ARTE.....	95
GRÁFICA 2: NÚMERO DE TRABAJOS ENCONTRADOS POR PAÍS.....	98

## ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN I: ESQUEMA SOBRE CRITERIO DE DEMARCACIÓN DE POPPER.....	107
IMAGEN II: ESQUEMA SOBRE CRITERIO DE DEMARCACIÓN DE KUHN.....	112
IMAGEN III: ESQUEMA SOBRE CRITERIO DE DEMARCACIÓN DE BACHELARD.....	119
IMAGEN IV: ESQUEMA SOBRE LA ARGUMENTACIÓN PROPUESTA POR TOULMIN.....	123
IMAGEN V: ESQUEMA SOBRE CRITERIO DE DEMARCACIÓN DE LAKATOS.....	127
IMAGEN VI: DIAGRAMA DE LAS RELACIONES TEÓRICAS.....	149
IMAGEN VII: DIAGRAMA AVM CASO 1.....	206
IMAGEN VIII: DIAGRAMA AVM CASO 2.....	213
IMAGEN IX: DIAGRAMA AVM CASO 3.....	219
IMAGEN X: DIAGRAMA AVM CASO 4.....	224
IMAGEN XI: DIAGRAMA AVM CASO 5.....	230
IMAGEN XII: DIAGRAMA AVM CASO 6.....	237
IMAGEN XIII: EVIDENCIA SOBRE EJERCICIOS DE DILATACIÓN DEL TIEMPO.....	241
IMAGEN XIV: DIAGRAMA AVM CASO 7.....	244
IMAGEN XV: DIAGRAMA AVM CASO 8.....	252
IMAGEN XVI: DIAGRAMA AVM CASO 9.....	256
IMAGEN XVII: DIAGRAMA AVM CASO 10.....	262
IMAGEN XVIII: PORTADA DE LA CARTILLA.....	304
IMAGEN XIX: ANIMACIÓN PARADOJA DE LANGEVIN.....	329

IMAGEN XX: REPRESENTACIÓN DEL EXPERIMENTO MENTAL PARA LA TRANSFORMACIÓN DE LORENTZ.....	339
IMAGEN XXI: ANIMACIÓN SOBRE PARADOJA DE LOS GEMELOS.....	341
IMAGEN XXII: REPRESENTACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD (REGLA).....	349
IMAGEN XXI II : REPRESENTACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD (TRIÁNGULO).....	350
IMAGEN XXIV: REPRESENTACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD.....	351
IMAGEN XXV: REPRESENTACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD (CUADRADO).....	351
IMAGEN XXVI: REPRESENTACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD.....	352
IMAGEN XXVII: REPRESENTACIÓN DE LA DILATACIÓN DEL TIEMPO Y DIAGRAMA AVM.....	353
IMAGEN XXVIII: REPRESENTACIÓN DE LA CONTRACCIÓN DE LA LONGITUD Y DIAGRAMA AVM.....	355

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I: CATEGORÍAS Y SUBCATEGORÍAS DE ANÁLISIS.....	10
TABLA II: SUBCATEGORÍA FORMACIÓN DE MAESTROS EN LA TER.....	65
TABLA III: SUBCATEGORÍA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS EN LA TER.....	66
TABLA IV: SUBCATEGORÍA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA EN LA TER (PROPUESTAS DE INVESTIGACIÓN).....	69
TABLA V: SUBCATEGORÍA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA EN LA TER (PROPUESTAS DIDÁCTICAS).....	75
TABLA VI: SUBCATEGORÍA FORMACIÓN DE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA EN LA TER (TRABAJOS REFLEXIVOS).....	76
TABLA VII: SUBCATEGORÍA PROPUESTAS DIDÁCTICAS.....	78
TABLA VIII: SUBCATEGORÍA CURRÍCULO EN COLOMBIA.....	80
TABLA IX: SUBCATEGORÍA CURRÍCULO EN OTROS PAÍSES.....	81
TABLA X: SUBCATEGORÍA CURRÍCULO DE FÍSICA.....	84
TABLA XI: SUBCATEGORÍA PROPUESTAS DIDÁCTICAS PARA UN CAMBIO CURRICULAR.....	86
TABLA XII: SUBCATEGORÍA REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS EN ENSEÑANZA DE LA FMC.....	91
TABLA XIII: NÚMERO DE ARTÍCULOS ENCONTRADOS POR CATEGORÍA Y SUBCATEGORÍA.....	96
TABLA XIV: RESUMEN DE LAS VISIONES EPISTEMOLÓGICAS ABORDADAS.....	131
TABLA XV: RELACIÓN DE LAS ACTIVIDADES CON RESPECTO A LOS PRINCIPIOS DE LA TASC.....	180
TABLA XVI: CRONOGRAMA DE LA INVESTIGACIÓN.....	185
TABLA XVII: RELACIÓN DE LAS SUBCATEGORÍAS Y CATEGORÍAS CON LOS OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	189

*“Los maestros deambulan desnudos por el Jardín del Edén sin un retal de epistemología con que cubrirse y sin avergonzarse ante su Dios: la enseñanza ”*

**Julián Jaramillo**

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Desde una perspectiva crítica es preocupante ver como en Colombia el currículo en educación media en ciencias no se encuentra contextualizado con el mismo conocimiento científico, pero más precisamente esta preocupación se ve plasmada en el área de Física, donde claramente se ha enmarcado todo el contenido curricular en la Física clásica; es decir, en el antiguo paradigma (en términos Kuhnianos) mecánico, empírico y positivista de la Ciencia; dejando de lado la ya antiquísima Física moderna (a saber: teorías como la relatividad de Albert Einstein y la mecánica cuántica), y con mayor razón la Física contemporánea (Teoría de cuerdas, súper cuerdas, entre otras), teorías que han dejado ver el avance del conocimiento científico como una construcción social del hombre. Esta situación puede evidenciarse no solo en la práctica educativa sino que además, es claramente observable en la evaluación planificada por el mismo sistema educativo, que supuestamente pretende una visión contextualizada de la ciencia y una educación acorde con esta visión, donde se concibe el conocimiento científico como una construcción cultural, pero que en todo caso, queda solo en algo totalmente ideal al ver la manera en que el mismo examen de estado arroja preguntas de respuesta única y enfocadas totalmente desde conceptos de la Física clásica, donde esa única respuesta se convierte en un dogma, mostrando y dejando en evidencia la vigente mirada mecánica, empírica y positivista del

conocimiento científico que posiblemente tengan los hacedores de la evaluación, y por ende, develando la falta de concordancia con los supuestos ideales del sistema educativo del estado.

Todo esto afecta el aprendizaje del estudiante, ya que adquiere una visión de ciencia lineal y acumulativa, mostrando a través de la educación en temas científicos una ciencia invariante y completa que no necesita ser modificada, concibiéndola como un todo e inequívoca.

Es sumamente importante preguntarse entonces *¿Qué posibles reflexiones de tipo epistemológico, pedagógico y didáctico puede generar para el currículo de Física de educación media, la implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de la TER a estudiantes del grado 11 de la IE Antonio José Bernal Londoño? Asimismo; ¿Qué papel desempeñan las simulaciones computacionales en la enseñanza y el aprendizaje del concepto espacio-tiempo en la Física relativista?* Es totalmente plausible entender la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de la mecánica clásica (como la mecánica newtoniana), ya que han sido teorías que han posibilitado el avance del conocimiento científico y por ende el avance de la humanidad, pero aunque estas teorías hayan explicado y puedan explicar de manera satisfactoria muchos aspectos cosmológicos, así como relativos al mundo macroscópico, son teorías que se han sometido a críticas bastante fuertes y varios de sus presupuestos han sido refutados por la misma comunidad científica.

Hay que ser conscientes que un cambio o reforma en el currículo va mucho más allá de un cambio de contenidos, puesto que para la misma comunidad científica esto más que ser un cambio de teorías, se convirtió en una manera diferente de observar el universo; es decir, una nueva cosmología. Para los mismos actores de la ciencia en la época (finales del Siglo XIX y principios del Siglo XX), donde se trascendió al nuevo conocimiento, el pensamiento de la Física se mantuvo fiel a la mecánica clásica, “estos pensadores se aferraban a una ciencia empírica cimentada sobre los hechos y creían que el modo más seguro de llegar a ella era el sustraerse de todas las reflexiones y especulaciones relacionadas con la teoría del conocimiento” (Cassirer, 1979), pero como es conocido, de nada serviría aferrarse a esta idea de universo ya que la “imagen del universo empezó a vacilar al declararse la crisis de fundamentos provocada por la teoría general de la relatividad y por el desarrollo de la teoría de los cuanta” (Cassirer, 1979).

De la misma manera que para la comunidad científica estos acontecimientos fueron ampliamente atendidos y dieron lugar a una nueva cosmovisión; la enseñanza de la ciencia y más precisamente, la enseñanza de la Física, debe acogerse a los nuevos presupuestos de la misma, con el único fin de contextualizar la adquisición del conocimiento científico, que además de cambiar o adicionar teorías, mostrará una nueva visión de lo que es la ciencia y por ende una nueva visión de universo.

Para abordar la enseñanza la relatividad especial o restringida en la educación media se contó con el apoyo metodológico de las Tecnologías de la Información y la



Comunicación (TIC), concretamente desde el uso de simulaciones, con el fin de representar los fenómenos teóricos estudiados. Pues de acuerdo con Yamamoto & Barbeta (2001), las simulaciones permiten el estudio de condiciones que en la práctica serían difíciles y, a veces, este mismo es inviable de ser realizado en un laboratorio didáctico.

Como se conoce, reproducir fenómenos relativistas en un laboratorio convencional es casi imposible; por eso, para tener una interrelación entre teoría-práctica, es necesaria la utilización de este método de enseñanza para que el estudiante adquiriera una mayor comprensión de lo que se está planteando. Pero esta elección se debe realizar de forma analítica, ya que no todas las simulaciones en este campo son las más adecuadas y muchas veces pueden reproducir errores y desviar el conocimiento a conjeturas mal estructuradas, ya sea por parte del estudiante y/o hasta del mismo docente.

Como lo afirma Medeiros (2002), incluso los investigadores admiten que hay equivocaciones en el diseño de los software debido a una cierta falta de cuidado o incluso, una falta de conocimiento en Física puede ocurrir y conducir a los niños a un pensamiento de modo incorrecto y, consecuentemente, a no comprender la naturaleza. Por consiguiente, es de suma importancia un análisis riguroso sobre las simulaciones que se presentan en el aula de clase, para no generar ideas erróneas en los estudiantes ni generar conflictos con la teoría establecida.

## **1.0. Justificación**

En esta investigación se pretendió indagar sobre qué implicaciones tiene para el currículo, la introducción de la Física moderna en las mallas curriculares de educación media, para esto fue preciso indagar sobre la estructura y conformación del currículo de Ciencias colombiano, con el fin de saber si es necesaria una reestructuración o reforma; asimismo fueron examinados los aportes y contribuciones que la epistemología, la pedagogía, la didáctica y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), pueden ofrecer para el enriquecimiento del currículo de Ciencias mismo. Con este propósito se utilizó el tema: Teoría Especial o restringida de la Relatividad de Albert Einstein, contenido que fue introducido en la malla curricular de uno de los grupos de grado undécimos de Física de la Institución educativa Antonio José Bernal de la ciudad de Medellín. Con esto se tenía como propósito generar reflexiones en torno a la necesidad de llevar a cabo un cambio necesario en el contenido disciplinar del currículo de Ciencias Colombiano, cambio que se ha venido dando de manera gradual en otros contextos: “estas reformas introducidas por varios países en los currículos de ciencias para el nivel medio en la última década han impuesto, al menos en el ámbito de los ministerios, una actualización de los mismos, introduciendo, en el caso de la Física, temas que se encuadran en las denominadas Física Moderna y Física Contemporánea” (Arriasecq, 2008, p.1); además es de vital importancia que este posible cambio no subsista enmarcado en una simple estructura literal - es decir, que no solo se quede plasmado en el papel -, y trascienda al campo práctico, a las instituciones educativas que es donde se encuentran las verdaderas necesidades.

Siguiendo el orden de ideas expuesto anteriormente, el análisis epistemológico fue abordado de manera sistemática desde varias perspectivas con la intención de develar cómo en la naturaleza de la ciencia per sé -más puntualmente la Física- y en su estructura se han suscitado cambios a lo largo de la historia, mudanzas que en definitiva muestran los diversos rasgos de la ciencia contemporánea. Desde el punto de vista pedagógico y didáctico se acentuó la reflexión sobre las ideas que propone la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico o Subversivo (Moreira, 2005) con el fin de observar los diversos factores que influyen en el proceso de enseñanza - aprendizaje; además de valorar la manera en que estos elementos afectan tanto el contenido disciplinar como el contexto educativo.

Para cumplir con el propósito de abordar la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en la Institución Educativa Antonio José Bernal, se contó con el apoyo metodológico de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la enseñanza de la ciencia, específicamente, del uso de simulaciones relacionadas con contenidos de Física relativista, con el fin de representar visualmente los fenómenos teóricos abordados, ya que “las simulaciones permiten el estudio de condiciones que en la práctica serían difíciles” de evidenciar (Yamamoto & Barbeta 2001). Como se conoce, reproducir fenómenos relativistas en un laboratorio convencional es casi imposible, por esto, para tener una interrelación entre teoría-práctica, es necesaria la utilización de este tipo de metodología de enseñanza, la cual podrá posibilitar que el estudiante adquiera una mayor comprensión de lo que se está planteando teóricamente.

## **2. OBJETIVOS**

### **Objetivos Generales**

- > Develar las posibles reflexiones epistemológicas, pedagógicas y didácticas que puede generar para el currículo de Física de educación media, la implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de la TER.
- > Analizar el papel desempeñan las simulaciones computacionales en la enseñanza y el aprendizaje del concepto espacio-tiempo en la Física relativista.

### **Objetivos específicos**

- > Identificar y analizar la estructura, la postura epistemológica, pedagógica y didáctica del currículo de ciencias en Colombia.
- > Determinar las posibles contribuciones de la epistemología, la pedagogía, la didáctica y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a la contextualización del currículo de Física.
- > Valorar el aporte de las simulaciones para la enseñanza de la Teoría Especial o restringida de la Relatividad en el nivel medio educativo en Colombia.

### **3. ESTADO DEL ARTE**

#### **3.0. Introducción**

La enseñanza de las ciencias y de la física en particular, en la actualidad se encuentra en un punto coyuntural en el sentido que viene siendo objeto de numerosas investigaciones que proclaman por la introducción de la Física Moderna y Contemporánea (FMC) en el plan de estudios de educación media y en carreras universitarias. En esta revisión bibliográfica se hará mayor énfasis en la Física Moderna (FM) por estar dentro de una investigación que aboga por la introducción de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en el nivel medio de enseñanza en Colombia, también se tuvieron en cuenta algunos trabajos sobre la introducción de la FMC. En este sentido, varios investigadores han aportado luces que apuntan esencialmente a, ¿Cuáles tópicos de FMC deberían ser enseñados en la escuela media?, ¿Qué metodología posibilita un aprendizaje significativo de los alumnos?, ¿Qué materiales didácticos deben ser producidos? y ¿Qué implicaciones trae esta temática a la formación de estudiantes y profesores?

La Teoría Especial de la Relatividad como contenido no ha escapado a la creciente preocupación por la inserción de teorías modernas en los planes de estudio, es así que desde su enseñanza y aprendizaje han surgido diversas investigaciones. La introducción de la TER requiere un alto grado de abstracción que actualmente no se implementa siquiera en

los libros de texto utilizados por docentes para preparar sus clases; además, no se incluye en los planes de estudios de infinidad de países; por consiguiente no se enseña o se deja al libre albedrío del docente, con el agravante de que al no evaluar este tipo de temáticas al terminar la educación media, ni al ingreso a la educación superior, no se enseñan en ninguno de los niveles educativos, precisamente por no estar contempladas en el currículo. Curiosamente, como se mostrara más adelante; resulta preocupante el escaso número de propuestas que reclaman su inclusión en el currículo de Física; por consiguiente, lo logrado en el sentido de su inclusión es poco, ya que en muchos países (incluyendo Colombia) se deja a disposición de los docentes que poco o nada se dan a la tarea de repensar el currículo en términos de una recontextualización de los temas de las disciplinas de la ciencia; en nuestro caso particular de una disciplina como la Física.

Son relativamente pocos los trabajos de investigación referidos al tratamiento de la FMC, específicamente los vinculados con la TER; ya que la mayor parte de las propuestas relativas a la Física hacen referencia a tópicos de mecánica clásica. Sin embargo, existen algunas investigaciones que se ocupan de aspectos específicos de la TER en el ámbito universitario y unas pocas en el nivel medio de enseñanza.

Todos los trabajos aquí analizados fueron publicados en las principales revistas de referencia del área, pero es de vital importancia aclarar que el rastreo que presentamos en el ámbito de este trabajo, se realizó entre los años 2000 y 2012 en revistas como: Science & Education, Science Education, International Journal of Science Education, Enseñanza de

las Ciencias, Investigares em Ensino de Ciências, Revista Ciencia & Educado, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Journal of research in science teaching, Caderno Catarinense de Ensino de Física, Revista Cubana de Física, Revista Eureka, Revista Electrónica de Enseñanza Educativa, Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa [en línea], Revista Educado, Revista e Currículum, Investigares em Ensino de Ciências, Educado: Teoría e Prática, American Journal of Physis. De la misma manera, también se utilizaron bases de datos como ERIC, memorias de congresos y tesis doctorales en enseñanza de las ciencias; todos estos recursos han sido una fuente importante de información que nos permitió configurar nuestra propuesta didáctica. Para la revisión bibliográfica se tuvieron en cuenta cuarenta y dos artículos, en los que se han usado como criterios de análisis categorías y subcategorías que se presentan en la siguiente tabla:

**Tabla I: categorías y subcategorías de análisis**

<b>CATEGORÍAS</b>	<b>SUBCATEGORÍAS</b>
<b>1. Enseñanza de la TER.</b>	1.1 Formación de maestros en la TER.
	1.2 Formación de estudiantes universitarios en la TER.
	1.3 Formación de estudiantes de educación media. 1.3.1 Reportes de investigación 1.3.2 Propuestas de enseñanza 1.3.3 Trabajos Reflexivos

<p><b>2. Uso de las TIC para la enseñanza de la TER.</b></p>	<p>2.1 Propuestas Didácticas.</p>
<p><b>3. Renovación del currículo.</b></p>	<p>3.1 currículo en Colombia.</p>
	<p>3.2 currículo en otros países.</p>
	<p>3.3 currículo de Física.</p>
	<p>3.4 Propuestas didácticas para un cambio curricular.</p>
	<p>3.5 Revisiones bibliográficas en enseñanza de la FMC</p>

La metodología implementada para la construcción de este estado del arte en enseñanza de la TER y contextualización del currículo fue la siguiente: i) búsqueda de artículos teniendo en cuenta las tres categorías de análisis y un rango de tiempo entre los años 2000 y 2012; ii) clasificación y categorización de los trabajos encontrados; iii) definición de temas encontrados en los trabajos para la elaboración de tablas por categoría con el fin de facilitar el análisis de la información. Posterior a todo esto, se hizo lectura de todos los artículos y a la par se fueron construyendo las tablas y sintetizando la información de cada trabajo en el texto. Cabe destacar que las subcategorías emergieron a partir de la lectura de los trabajos. Con la información obtenida en la que su disposición es cronológica (y alfabética dentro de cada año), en el texto como en las tablas se hacen los análisis correspondientes y se describen a continuación los principales aportes de los textos revisados:



### **3.1. Aportes de los trabajos de investigación por categoría y subcategoría**

#### **3.1.1. Categoría: enseñanza de la TER**

*Subcategoría: formación de maestros en la TER*

Arriasecq & Greca (2004) presentan un artículo enfocado en las dificultades de los docentes y los textos de uso habitual para la enseñanza de la teoría de la relatividad especial en el ciclo polimodal, en conformidad con el consenso que existe entre investigadores en enseñanza de la Física respecto de la necesidad de actualizar los currículos de la misma, particularmente en el nivel medio/polimodal donde los conceptos físicos abordados no superan los de comienzo del siglo XX. Este trabajo se implementó con base en una encuesta realizada a docentes de Física que comprende diseño, implementación y resultados. Ésta indaga sobre las dificultades que enfrentan los docentes que abordan la TER en el aula de clase en relación con los conceptos previos que se supone los alumnos deben tener claros; además, los libros que utilizan para preparar sus clases. Dentro de los resultados obtenidos del trabajo realizado con profesores de ciencias, se tienen al analizar las justificaciones que brindan respecto de la importancia de la TER, son que los alumnos comprendan que las teorías físicas se modifican, aspecto que es importante pero no el único, dado que la TER tuvo profundas implicaciones dentro y fuera de la Física: genera un cambio revolucionario en conceptos propios de la disciplina pero también rompe con los de "sentido común" como espacio, tiempo y adición de velocidades (considerando sólo aspectos cinemáticos). De la misma manera, analizan aspectos epistemológicos como producción de conocimientos acumulativa o progreso en ciencia por rupturas; asimismo,

analizan el rol de la experimentación y la influencia de los aportes de trabajos científicos anteriores en el surgimiento de nuevas teorías. Este trabajo sirvió posteriormente para que las autoras formularan una propuesta didáctica basada en la teoría del aprendizaje significativo, y propendiendo por la implementación de la Física moderna, específicamente la TER en el currículo de ciencias de Argentina. En este artículo se presenta como una de las dificultades de los docentes para abordar la TER, los libros de texto que utilizan, los cuales no tienen una presentación adecuada de los conceptos de espacio-tiempo, y no tienen en cuenta los preconceptos de los estudiantes, obstruyendo de manera contundente el aprendizaje significativo de la TER. Con base en los resultados de estas encuestas, las autoras dicen que sería importante que el docente tenga la oportunidad de realizar cursos de actualización y perfeccionamiento en temas como la TER, donde pueda discutir aspectos específicamente conceptuales y, al mismo tiempo, analizar aportes provenientes de investigaciones en la enseñanza del tema que le permitan hacer un uso más crítico de la bibliografía que habitualmente consulta. También aducen que parecería necesaria la elaboración de material didáctico que puedan utilizar, tanto docentes como alumnos, donde se presente una discusión profunda de los aspectos conceptuales relevantes de la TER a partir de los aportes de investigaciones en el área de enseñanza de la Física.

### *3.1.1.2. Subcategoría: formación de estudiantes universitarios en la TER*

Scherr, Shaffer & Vokos (2001) publicaron un artículo que hace referencia a una investigación acerca de la comprensión de los estudiantes del concepto de tiempo enmarcado dentro de la Teoría Especial de la Relatividad, en el que describen el cambio

conceptual que debe darse para la comprensión de la TER en el contexto más amplio. Este artículo hace hincapié en las circunstancias generales en las que el cambio conceptual es posible que se produzca y sugiere amplias estrategias de enseñanza para fomentar dicho cambio. Además, ilustra paso a paso el razonamiento que hace el estudiante para comprender conceptos de la TER. Esta investigación se llevó a cabo con 800 estudiantes de pregrado de la universidad de Washington; en ella se encontró que los estudiantes a partir de una introducción estándar de la TER o un curso universitario avanzado sobre la TER, suelen dejar sus creencias erróneas acerca del tiempo de un evento y de los marcos de referencia inerciales para obtener una más profunda comprensión de cómo aplicar los conceptos de simultaneidad y marco referencia. Se utilizaron variantes de tres preguntas: la cuestión naves espaciales (cuatro versiones), explosiones y el sismólogo. Todos ellos implican dos observadores con movimiento relativo: a los estudiantes se les dice que el tiempo de los hechos es determinado por un observador y luego se les pregunta sobre el tiempo para el segundo observador. Esta investigación ha identificado dificultades generalizadas que tienen los estudiantes con la definición del tiempo de un evento relativo y la función de los observadores inerciales. Después de la instrucción, más de la mitad de los estudiantes de otras carreras y de los estudiantes de pregrado en física son incapaces de aplicar el constructo de un marco de referencia para determinar si dos eventos son simultáneos.

Scherr, Shaffer & Vokos (2002) publicaron un artículo en el cual describen el desarrollo y evaluación de materiales didácticos destinados a mejorar la comprensión del estudiante hacia el concepto de tiempo en la relatividad especial, la relatividad de la

simultaneidad y el papel de los observadores en sistemas de referencia inerciales. En este artículo presentan un informe sobre el desarrollo y evaluación del plan de estudios diseñado para ayudar a los estudiantes a construir una comprensión significativa de temas de la relatividad que tienen que ver con la simultaneidad. El desarrollo inicial fue guiado por la investigación anterior. El uso de materiales en el aula revela formas de pensar en los estudiantes que no se habían encontrado anteriormente. Estas ideas llevaron a modificaciones que aumentan la eficacia de la instrucción en el aula. El artículo fue elaborado con base en una investigación que realizaron, para lo cual fueron trascendentales las comparaciones del desempeño de los estudiantes en las pruebas previas y post-test que fueron implementadas con la finalidad de proporcionar una evaluación del aprendizaje de los estudiantes y orientar a las modificaciones del plan de estudios. En la investigación realizada observaron que los estudiantes a menudo no logran interpretar correctamente el tiempo de un evento y la noción de marco de referencia; aunque utilizaron tutoriales de simultaneidad de eventos y de sistemas de referencia con la intención de guiar a los estudiantes hacia un verdadero aprendizaje de la TER. De los resultados obtenidos se tiene que, muchos estudiantes que estudian la relatividad especial en el pregrado en el nivel de licenciatura no desarrollan una comprensión funcional; incluso en cursos avanzados, los estudiantes a menudo no reconocen las implicaciones de la relatividad especial. Al igual que en otros países, encontramos que muchos estudiantes presentan dificultades con este material, esto podría ser por falta de comprensión de los conceptos más básicos de la TER.

Guisasola, Solbes & otros (2007) realizaron una unidad didáctica como puente entre el contexto escolar y el contexto del museo, ésta apunta a la enseñanza de la Teoría

Especial de la Relatividad a partir de la visita guiada a un museo: la exposición “Centenario de la Teoría Especial de la Relatividad 1905-2009” con actividades previas y posteriores a la misma. Esta situación ocurre no solo porque muchas investigaciones plantean las oportunidades perdidas en la visita a museos, ya que en ocasiones aparecen inesperadas ideas alternativas a las concepciones científicas. De este modo, es necesario guiar a los estudiantes en la comprensión de las nuevas experiencias e ideas que experimentan en la visita. Por lo anterior, se plantea la necesidad de diseñar un plan de actividades para antes, durante y después de la visita que proporcione a los estudiantes oportunidades para situarse en el contexto, conocer sus objetivos y discutirlos una vez realizada. La propuesta surge ante la importancia del aprendizaje informal como parte del currículo escolar y universitario, la necesidad de alfabetización científica y la importancia de los temas de ciencia contemporánea con implicaciones sociales en la vida cotidiana. Uno de los objetivos planteados es fomentar el interés y la motivación de los estudiantes hacia las ciencias y su aprendizaje. Las visitas a museos de ciencias representan un tipo de estas actividades y son utilizadas con el propósito de alfabetizar científicamente a estudiantes y adultos. Para efectuar esta investigación de tipo cualitativo uno de los interrogantes planteados por los investigadores fue sobre la influencia de la visita al museo en la comprensión de los estudiantes en temas como la Teoría Especial de la Relatividad y sus aplicaciones. La conclusión a la cual llegaron es que la visita a la exposición aumentó claramente el conocimiento y comprensión de los estudiantes sobre la Teoría Especial de la Relatividad; sin embargo, también encontraron algunos problemas respecto a la introducción de nuevos conceptos en el museo y la integración en un modelo científico, lo que indica que debe haber comunicación entre educadores y diseñadores de los museos,

para que hablen el mismo idioma en el sentido de la veracidad de la información que se presenta.

### *3.1.1.3. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media*

#### 3.1.1.3.1. Formación de estudiantes de educación media (propuestas de investigación)

Alemañ & Pérez (2000) implementaron una propuesta didáctica con la cual pretendían esbozar normas esenciales de la enseñanza por cambio conceptual, teniendo en cuenta los siguientes factores (profesor, estudiantes y clima del aula); además, mostrar la utilidad del cambio conceptual en la transición desde el pensamiento físico clásico al de la relatividad Einsteiniana desde un enfoque constructivista. Para tal fin, utilizaron como marco teórico el cambio conceptual de Posner y Hewson, teniendo como eje fundamental las ideas previas de los estudiantes, debido a que la enseñanza por cambio conceptual induce en los alumnos un proceso de supervisión y valoración crítica de sus propias ideas según los autores; para lo cual no solo basta con rechazar las ideas previas y sustituirlas por otras que consideren más adecuadas, sino que para cambiar el valor relativo de tales ideas previas dentro de un marco conceptual e ideológico modificado por la adquisición de nuevos conocimientos o incluso, para permanecer con las ideas propias. En cuanto a la metodología, la investigación se centra en un grupo de seis estudiantes que libremente (sin presiones o sugerencias de calificaciones positivas o negativas) decidieron recibir instrucción suplementaria sobre este tema. Los alumnos (4 chicos y 2 chicas) pertenecían al 2º curso de bachillerato y todos ellos presentaban las características típicas de los alumnos

de su nivel de desarrollo intelectual y emocional, sin que ninguno precisase de refuerzos docentes ni ayudas especiales de tipo alguno. Algunos de los resultados obtenidos en esta investigación cualitativa hacen alusión a la costumbre que tienen los estudiantes de visualizar en imágenes muchos de los conceptos que se les presentan; propiciando un bloqueo cuando llegan a un grado de abstracción en el que ya no es posible visualizar de esta manera. También obtuvieron como resultado que el aprendizaje significativo de los alumnos conforme se desarrollan intelectualmente, acceden a conocimientos más complejos; tal parece que se da por un proceso de cambio conceptual sucesivo en el que un marco intelectual es subsumido por otra visión del mundo. Con la presente investigación llegaron a concluir que las dificultades que encuentran los alumnos para asimilar el punto de vista de la teoría de la relatividad se deben generalmente a su falta de hábito en concebir el mundo físico como un entramado espacio-temporal de cuatro dimensiones (distinto al simple espacio tridimensional) con unas propiedades geométricas peculiares. Asimismo, los modelos de pensamiento de la Física de Newton cuando son asumidos plenamente por el estudiante, se resisten a su remodelación con el mismo vigor con que se resistían las ideas de la Física ingenua del sentido común (llamada por algunos «Física aristotélica») a ser sustituidas por las de Galileo-Newton. Por último, según los autores el aprendizaje por cambio conceptual ayuda a ensanchar en la mente del estudiante su visión de la ciencia y del universo.

Ostermann & Ricci (2002) presentaron un artículo en el cual se discute el criterio bajo el cual se han adoptado la introducción de temas sobre la Relatividad en los libros de texto de Física para las escuelas secundarias, poniendo como excusa la contracción de

Lorentz y la apariencia visual de los objetos en el contexto relativista. La idea es la de alertar el hecho de que el sujeto no ha puesto la debida atención en libros de texto, ya que éstos suelen tener graves errores conceptuales. En este artículo resaltan la necesidad de enriquecer en Brasil los currículos de Física con temas de FMC. De la revisión bibliográfica realizada, destacan que son muy pocos los libros de texto que incluyen en sus contenidos temáticas de Física del siglo XX, por consiguiente no incluyen tópicos de la Teoría de la Relatividad Restringida; sin embargo, destacan que uno de los tópicos de la teoría de la relatividad restringida más explorados en los pocos textos disponibles para la enseñanza media es la del comportamiento de objetos en movimiento relativo a lo largo de la dirección del movimiento, pero en las pocas obras en que este asunto es mencionado, omisiones e imprecisiones se hacen notar. Por último, la consulta que realizaron a los libros de texto para la enseñanza de la Física de nivel Medio reveló que aspectos de la relatividad no son tratados en la mayoría de obras.

Pérez & Solbes (2003) realizaron un análisis sobre la enseñanza-aprendizaje de la relatividad en la enseñanza secundaria, centrándose un poco en la Teoría de la Relatividad Especial sin desconocer la general. Según ellos, la enseñanza-aprendizaje de la física moderna propicia en los estudiantes una visión más correcta de cómo se desarrolla la ciencia, evitando visiones lineales, acumulativas y mostrando cómo la física clásica no pudo explicar los problemas que suscitaban, lo que provocó su crisis y el desarrollo de la Física moderna. Este estudio es de tipo metodológico mixto, y fue realizado teniendo en cuenta estudiantes de 4° de eso y 1° de bachillerato; además, libros de textode4° de ESO, 1° de bachillerato y 2°de bachillerato; de la misma manera que profesores de estos niveles. En



el análisis de los libros de texto, encontraron que en ellos no se patentizan los propios límites de la relatividad especial, se induce con ello la idea de la ciencia como un conocimiento acabado. En cuanto a los profesores, están presentes expresiones y frases que revelan un desconocimiento profundo de los aspectos más básicos de la teoría; algunas respuestas indican que no se diferencia la relatividad Einsteiniana de la clásica. En cuanto a lo observado en los estudiantes el concepto de tiempo presenta una mayor dificultad de verbalización, lo que se traduce en menores porcentajes de explicaciones suficientemente correctas. Los estudiantes de 4° de ESO y 1° de bachillerato recogen un abanico amplio de propiedades en la perspectiva clásica. De acuerdo a lo anterior los investigadores concluyeron que muchos de los libros de texto utilizados en los niveles inferiores de la secundaria no presentan adecuadamente los conceptos de espacio y tiempo. Además, en la práctica habitual los profesores introducen de forma acrítica y poco reflexiva los conceptos desde orientaciones epistemológicas distorsionadas. Y finalmente, los alumnos como consecuencia de la enseñanza recibida, muestran un aprendizaje escasamente significativo y se consolidan poco las nuevas concepciones en los estudiantes.

Ostermann & Ricci (2004) publican un artículo en el cual abordan dos conceptos ampliamente difundidos en los libros didácticos de enseñanza media que abordan la Relatividad Restringida (RR), más concretamente la masa relativista y la equivalencia entre masa-energía, y lo hacen a partir de un análisis crítico del abordaje de esos conceptos en diversos textos. En Brasil, donde los libros no constituyen un objeto de alto consumo para la mayoría de ciudadanos brasileños, termina por ser el libro de texto el único instrumento mediador de contenido de conocimiento científico ya sistematizado. Por lo tanto, es

importante que los libros didácticos incluyan el contexto de la enseñanza de las ciencias en Brasil; además de eso, hay diversos factores que afectan la contextualización del currículo de física, como las precarias condiciones de trabajo y de remuneración de los profesores, las dificultades para mejorar su formación contribuyen a que, especialmente en las escuelas públicas, el libro de texto es el único que sirve como soporte central e incluso el único criterio del maestro en la preparación de sus clases. Con la revisión bibliográfica realizada fue posible constatar, por un lado que la masa relativista se introduce como un concepto fundamental de TER; de hecho, es una noción inadecuada y que por lo tanto, no hay que acercarse a ella; por otro lado, que a menudo estos libros erróneamente interpretan el significado de la equivalencia masa-energía; por tanto, hay una cierta displicencia en autores de libros didácticos de enseñanza media.

Klein (2005) diseñó e implementó una propuesta didáctica para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad en el aula de clase, a través de un módulo didáctico basado en el abordaje histórico-filosófico en los términos epistemológicos de Thomas Kuhn sobre la teoría de la relatividad restringida con estudiantes de cuarta fase de educación media. El análisis de resultados fue realizado con base en la receptividad por parte de los alumnos de las actividades realizadas y sobre los cambios en sus concepciones sobre la naturaleza de la ciencia. Dentro de los resultados presentados se encuentra que las estrategias utilizadas y los temas tratados en la propuesta didáctica contribuyeron para un cambio favorable y significativo en la visión de los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico. Una de las conclusiones a la que llegó es que la única forma en que la enseñanza de la ciencia puede apoyar al estudiante en la búsqueda de una

ciudadanía consciente y activa, es que debe ir más allá de la simple enseñanza-aprendizaje de hechos, leyes y teorías científicas. Es introduciendo en el currículo la historia de la ciencia mediante teorías como la TER, que además despierta el interés de los estudiantes por la Física.

Arriasecq & Greca (2006) aplicaron una propuesta didáctica para introducir la Teoría Especial de la Relatividad en el nivel medio polimodal en Argentina a partir de los invariantes considerados no adecuados; han determinado objetivos-obstáculos que deberían ser superados por los alumnos en el contexto del aula y con la mediación de una propuesta didáctica para un aprendizaje significativo de la TER; por consiguiente, en el presente artículo muestran un análisis de ciertas nociones que los alumnos del nivel medio/polimodal de Argentina poseen respecto de conceptos fundamentales de Física clásica que son necesarios para una adecuada conceptualización de algunos de los aspectos más relevantes de la Teoría Especial de la Relatividad (TER). Esta propuesta se encuentra enmarcada dentro de una investigación, cuyo objetivo es determinar ejes epistemológicos, históricos y didácticos necesarios para introducir la TER en el nivel polimodal de Argentina desde una perspectiva contextualizada, a partir de una extensa revisión de la bibliografía existente sobre el tema en el área de historia, epistemología y enseñanza de las ciencias en los últimos 25 años. De lo anterior, destacan que la dificultad de los docentes para enseñar la TER es porque carecen de una comprensión profunda de los conceptos relevantes para interpretarla; además, del escaso abordaje de los libros de texto sobre esta teoría. Los elementos teóricos considerados para esta investigación se sustentan en tres ejes: epistemológico, psicológico y didáctico. El aspecto epistemológico, es tomado desde la

postura de Bachelard para quien un análisis epistemológico profundo de los problemas intrínsecos a determinada teoría es el punto de partida para realizar investigación; en el eje psicológico, es la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud. La finalidad de la propuesta fue analizar las dificultades de los alumnos de ese nivel para construir conceptos, científicamente adecuados en el campo conceptual de la TER. Los resultados obtenidos parecen indicar que los invariantes operatorios que los alumnos utilizan frente a varias situaciones respecto de las nociones de “espacio”, “tiempo”, “sistema de referencia”, “observador”, “simultaneidad”, "postulado" y "teoría científica" no son totalmente adecuados para la comprensión de los conceptos correspondientes desde el punto de vista científico, habiendo podido identificar varios teoremas-en-acto no apropiados que los alumnos estarían utilizando para dar sentido a las situaciones propuestas. Ahora bien, según los autores es comprensible que los alumnos no hayan construido representaciones adecuadas respecto de los conceptos antes mencionados, dado que en las clases de Física, por diversas razones, no es una práctica habitual realizar un abordaje de los temas combinando aspectos conceptuales, epistemológicos y psicológicos como tampoco es común tomar en consideración los aportes.

Barbosa (2006) presentó algunos diagramas que pueden ser útiles en la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad para estudiantes de educación media, diagramas que pueden ser utilizados para demostraciones de contracción de la longitud y dilatación del tiempo. Para tal fin, propone la construcción de un péndulo para demostrar la diferencia en el avance del tiempo de dos sistemas de referencia: el primero en reposo y el segundo en movimiento en relación con el mismo observador. Con el objetivo de contribuir con

diagramas no solo para que los estudiantes mantengan el interés en la Física moderna, sino también para que los profesores de Física de educación media tengan una manera de explicar la TER a través de diagramas como herramienta metodológica. En esta propuesta no solo se dice qué tipo de diagrama utilizar, sino cómo construirlo con materiales fáciles de encontrar (cartulina, escuadra, regla y compas), esto para el diagrama sobre contracción de la longitud. Como conclusión se tiene que la construcción de instrumentos (diagramas) como los que se muestran en este trabajo pueden ser muy útiles para el profesor de educación media; así como para el profesor de Física básica en cursos de ingeniería que muchas veces presentan dificultades para hacer algunas abstracciones de la Física moderna.

Sotomaior & Silva (2006) presentaron una propuesta didáctica, que tiene como referente a Gastón Bachelard, ésta fue realizada con estudiantes de primer año de enseñanza media, con el objetivo de abordar temas de la Teoría Especial de la Relatividad a partir de los conceptos previos de los estudiantes; los temas tratados en la propuesta metodológica giraron en torno a los conceptos de espacio-tiempo y para el análisis de la información recogida a través de los diferentes instrumentos con los cuales querían analizar si los estudiantes aprendían realmente esta temática, crearon una serie de categorías relacionadas con el concepto tiempo, estas se muestran a continuación: tiempo psicológico, tiempo cronológico, tiempo absoluto, tiempo discreto, tiempo determinístico, tiempo y probabilidad, y tiempo relativo. Esto para mostrarles a los estudiantes desde un abordaje histórico-filosófico el concepto de tiempo, para lo cual utilizaron varias estrategias como videos de Discovery Channel; entre ellos, uno denominado el eterno movimiento, con el fin de abordar la evolución en la precisión de los relojes con el objetivo de hacer aflorar las

ideas de los estudiantes. En este estudio se percibió que los estudiantes separan el tiempo de su medida; es decir, aseguran que el tiempo existe independientemente de ser medido o no. Sobre la implementación de esta propuesta se concluyó que la enseñanza de tópicos de la TER amplía el perfil conceptual del concepto tiempo y esto es propiciado por su relación con la velocidad y dependencia del sistema de referencia.

Caruso & De Freitas (2009) diseñaron una propuesta para enseñar la TER a través de Cómics, para lo cual tuvieron en cuenta siete Cómics originales como soporte de un abordaje lúdico y divertido de la Física moderna, evidenciando las contribuciones de Einstein para la consolidación de la importante revolución científica como lo fue su Teoría de la Relatividad. Los autores buscaban mostrar que el lenguaje de los Cómics puede apoyar el planteamiento de temas extra-curriculares (TER), tomando ventaja de los puentes entre la Física y el arte. Este trabajo fue presentado como proyecto multidisciplinar de enseñanza de las ciencias a través de procedimientos no formales, vinculando la producción cognitiva y artística de los alumnos. Los objetivos que establecieron los investigadores al ejecutar esta propuesta de enseñanza fueron cinco, a continuación solo se presentan los dos primeros, los cuales consideramos más importantes. En primer lugar, ellos querían dar prioridad a una pedagogía que se ocupe de las relaciones entre la educación, el conocimiento, la sociedad y la integración de los contenidos metodológicos de materias curriculares a través de la producción artística. En segundo lugar, querían contribuir con el estudiante para que juegue un papel importante en la difusión del conocimiento, un suceso que comienza en los procesos de enseñanza y culmina con el acto creativo; es decir, un proceso que dará una nueva dimensión dialógica de la enseñanza y el aprendizaje. La

conclusión de este trabajo fue que los Cómics pueden ser utilizados por el profesor como herramienta de apoyo en sus clases, ya que por su carácter lúdico son capaces de "captar la atención" de los estudiantes; además, tienen la ventaja de que con ellos cualquier tema de ciencias puede abordarse en primera instancia sin recurrir a la matemática.

Arriasecq & Greca (2012) realizaron un trabajo en el cual analizan las contribuciones de la historia y la filosofía de la ciencia para la introducción de la TER en la escuela secundaria. El marco teórico de esta investigación está constituido por tres ejes: epistemológico, psicológico y pedagógico. El epistemológico sustentado en Bachelard; el componente psicológico se definió basándolo en una síntesis de las diversas perspectivas sobre el desarrollo de los conceptos que ayudan a interpretar cómo los estudiantes son capaces de conceptualizar algún contenido particular de la clase y el pedagógico en la metodología implementada. Los resultados obtenidos parecen indicar que la propuesta ha sido eficaz en cuanto a los aspectos motivacionales y ha proporcionado en los estudiantes la comprensión de algunos de sus conceptos.

#### 3.1.1.3.2. Formación de estudiantes de educación media (propuestas de enseñanza)

Alemañ & Pérez (2001) construyeron una propuesta didáctica en referencia a la enseñanza de la teoría de la relatividad mediante la cual pretendían llenar los vacíos detectados y solventar los malentendidos que todavía persisten en la docencia de este

campo de la Física a través de un refinamiento y mejora de las unidades didácticas utilizadas por los docentes, buscando mejorar la práctica docente a través de la implementación del cambio conceptual como estrategia metodológica. Desde esta propuesta fue posible construir un proyecto didáctico alternativo en el tema de relatividad fundado en una perspectiva espacio-temporal de dicha teoría, lo que nos acerca mucho más al verdadero contenido de la misma que las unidades didácticas más usuales. Esta propuesta didáctica alternativa sobre el tema de la relatividad la esquematizan los autores en tres etapas: iniciación, innovación y aplicaciones. En la etapa de la iniciación se pretende explicitar el dilema al que había llegado la Física en relación con la relatividad, en la segunda etapa se introducen ahora nuevos conceptos, ya netamente relativistas la mayoría de ellos, siguiendo la línea del artículo de Einstein de 1905, en cuyo prólogo el sabio alemán explica las razones que le han llevado a su teoría, y éste es leído en clase. De la realización de esta propuesta concluyen que parece posible construir un proyecto didáctico alternativo en el tema de relatividad fundado en una perspectiva espacio-temporal de dicha teoría, lo que nos acerca mucho más al verdadero contenido de la misma que las unidades didácticas más usuales, pese a las dificultades surgidas al conectar las representaciones visuales y gráficas relativistas con las concepciones personales de los alumnos sobre las propiedades del espacio y el tiempo en el marco de su visión intuitiva del mundo.

Kenny (2006) publicó un artículo en el cual se muestra que la conocida fórmula de Lorentz para la dilatación del tiempo puede ser derivada de un gráfico de distancia-tiempo trazado para una nave espacial que busca comunicarse con la Tierra. Este autor sustenta que el efecto de la dilatación del tiempo de la relatividad especial tiene un alto grado para la



curiosidad de la gente, no sólo entre los estudiantes sino también para las personas en general. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los libros de texto al tratar esta temática dejan grandes vacíos en cuanto a su comprensión; en este sentido la propuesta de estos autores radica en enseñar estas temáticas mediante el uso de un gráfico de distancia versus tiempo para una nave espacial con respecto a la tierra y así poder explicarle a los estudiantes cómo calcular la magnitud del efecto, aprovechando la familiaridad de los estudiantes hacia este tipo de gráficas. Para abordar esta temática también utilizan la paradoja de los gemelos como propuesta de enseñanza.

#### 3.1.1.3.3. Formación de estudiantes de educación media (Trabajos Reflexivos)

Arriasecq & Greca (2002) concibieron un artículo acerca de algunas consideraciones históricas, epistemológicas y didácticas para el abordaje de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio y polimodal, en el cual presentan una serie de consideraciones emergentes de aportes recientes de la Historia de la Ciencia, la Filosofía de la Ciencia y la Didáctica de las Ciencias, relevantes para la introducción de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en la enseñanza secundaria. Con el objetivo de realizar un aporte para la incorporación de contenidos más actuales en el currículo de Ciencias en el nivel medio y polimodal, dentro del marco de una postura contextualista en la enseñanza de la ciencia, considerando los aspectos destacados que deben estar presentes en los libros de texto para el abordaje de la TER en el nivel medio y polimodal; esto pretenden lograrlo presentando la TER contextualizada desde el punto de vista histórico, epistemológico y didáctico. Allí destacan que el uso de la historia de la ciencia debería mostrar que el

conocimiento actual es el resultado de un largo proceso, en donde la interrelación teoría-práctica es constante y sobre el cual los factores filosóficos, culturales, sociales e incluso estéticos, tienen un peso importante. Para tal fin, plantean que para introducir la TER en la educación media o polimodal, primero debe hacerse una contextualización histórica del surgimiento de la misma desde las investigaciones anteriores que ayudaron a su consolidación, preparando el terreno de la teoría como tal. Además, plantean que es necesaria una reflexión epistemológica referida a la génesis de la TER que establezca el rol de la experimentación en ésta, la originalidad de la misma y que se haga referencia a comprobaciones experimentales y aplicaciones, entre otras. Como consideración final las autoras afirman que el estudio de casos históricos, como la TER, situándolos en la propia época que se generó la teoría, evitaría que los estudiantes se formen una imagen distorsionada de la metodología científica (de los científicos como “súper genios”), permitiendo visualizar el modo en que distintas ideas se van perfilando en concepciones más poderosas y se unen para formar entramados conceptuales, como lo son las teorías científicas.

Drewes & Palma (2006) realizaron un trabajo reflexivo en el cual presentan una crítica al concepto de experimento crucial sobre la base de un análisis histórico de la serie de experimentos interferométricos iniciados por Michelson y Morley, reiterados y refinados por diversos investigadores en las décadas siguientes; donde éstos, basados en la hipótesis de existencia de un medio material denominado éter, trataban de explicar la propagación de ondas luminosas; donde todos estos desarrollos solo eran un intento de salvar el ajuste entre el formalismo electrodinámico de Maxwell y la Mecánica Newtoniana, mediante la

postulación de un hipotético sistema de referencia inercial en reposo absoluto. Los autores también realizan un análisis epistemológico en relación a las interpretaciones lógicas estrechas del cambio de teorías en Física desde posturas logicistas y las reconstrucciones racionales del cambio de teorías; todo esto en la línea de Mario Bunge. En el presente trabajo también se discuten brevemente algunas implicaciones que arrojan conclusiones para la enseñanza y el rediseño del currículo de Física en contextos CTS (Ciencia Tecnología-Sociedad) en el nivel Polimodal de Argentina. En relación al currículo los autores pretenden reflexionar acerca de la desactualización de los enfoques histórico-epistemológicos de los contenidos de ciencia enseñada en el caso argentino y llegan a la conclusión de que una consecuencia grave de los modelos de ciencias descontextualizados y afines a concepciones de ciencia logicistas, es la persistencia de prácticas docentes y de libros de texto que asignan un rol meramente funcional al experimento dentro de la organización de los trabajos prácticos, que por otra parte, no presentan el experimento en contexto socio-histórico, y lo supeditan a un mero nivel de “aplicación” de los contenidos teóricos.

Pérez & Solbes (2006) realizaron una reflexión en la cual se analiza el debate en torno a la utilización de la historia de la ciencia para orientar la didáctica de la relatividad en la enseñanza secundaria, a partir del debate acerca del uso de la historia de las ciencias para su enseñanza-aprendizaje y del cambio conceptual como modelo de aprendizaje, apuntando a algunas notas acerca de la evolución histórica de los conceptos que inciden en la enseñanza de la relatividad especial. Buscando ayudar a superar visiones sesgadas de la ciencia: visiones empiristas y ateóricas, rígidas, aproblemáticas, ahistóricas, acumulativas

lineales, elitistas y especialmente una concepción de la ciencia descontextualizada; destacan que la historia de la ciencia puede contribuir a que la enseñanza de la Física y la Química adquiera un componente crítico con las imágenes tópicas y deformadas de la ciencia que son difundidas en ocasiones por los propios textos. Especialmente interesante es la posibilidad que brinda de profundizar en su carácter hipotético y tentativo las limitaciones de sus teorías y los problemas pendientes de solución. Para los autores, es útil atender a las aportaciones que puede ofrecer la perspectiva histórica para la investigación didáctica sobre las ideas de los estudiantes, para favorecer su actitud positiva hacia la ciencia, para cambiar la enseñanza de la misma, haciéndola más contextualizada en la sociedad y el entorno y asimismo, más útil y actualizada con el fin de mejorar el aprendizaje.

Holanda & Ostermann (2007) realizaron un trabajo con el fin de analizar las deformaciones geométricas evidentes entre tres objetos en movimiento relativista: Una barra recta, un aro circular y una bola; con lo cual pretendían abordar una cuestión más bien interesante y poco explorada en los libros de texto que es: el aspecto geométrico de los cuerpos en movimiento relativista con velocidad constante. Los autores encontraron que la relatividad restringida es encontrada en los libros de Física general de educación superior de una forma muy superficial, teniendo en cuenta que aparecen las transformaciones de Lorentz sin demostración; también se pueden encontrar en libros los efectos conocidos de la dilatación del tiempo, contracción longitud, tiempo y la energía cinética relativista sin el uso directo de las transformaciones de Lorentz, siendo esta la parte fundamental para el conocimiento de la teoría de la relatividad restringida y debido a esto se conlleva

constantemente a estudiantes y profesores a cometer errores conceptuales. La conclusión a la que llegaron fue que la visualización de los objetos en movimiento relativistas sigue siendo un tema relativamente inexplorado para libros de texto en Brasil, tanto en la escuela secundaria y en el nivel universitario.

Guerra, Reis & Braga (2010) publicaron un artículo con la firme intención de conceder subvenciones a la discusión en torno a la introducción de temas de Física Moderna y Contemporánea (FMC) en la escuela secundaria, con el argumento de que, en el caso específico del estudio de la Teoría de la Relatividad, el trabajo en el aula debe seguir un enfoque histórico-filosófico, porque la contextualización de este conocimiento permitirá a los estudiantes estudiar el contenido que trae problemas muy diferentes de los que han aprendido con el sentido común. En estos términos, la discusión contextual o contextualización se refiere a la enseñanza de la ciencia y, la culminación de la misma en la educación básica, que debe permitir al joven y también al adulto la comprensión del mundo en que vive, en el sentido de que pueda reconocer los problemas de su tiempo y los caminos para solucionarlo; por lo que enfatizan fuertemente en que la ciencia no debe verse como un producto acabado, sino como una construcción de teorías con aplicación a problemas concretos y abstractos, tarea primordial de los ingenieros. En así que afirman que la inclusión de temas de FMC no debe ser tema solo de debate para estudiantes de educación media, sino también de ingenieros, matemáticos, artistas y científicos. Como conclusión, muchos contenidos de FMC considerados fundamentales para la enseñanza media, pueden ser utilizados para ejemplificar lo que entendemos por esa visión contextualizada del

conocimiento científico. Dentro de ellos se destaca el estudio de la Teoría de la Relatividad Restringida (TRR).

### ***3.1.2. Categoría: uso de las TIC para la enseñanza de la TER***

#### ***3.1.2.1. Subcategoría: propuestas didácticas***

Alonso & Soler (2005) luego de detectar las dificultades que se presentan a la hora de llevar la teoría de la relatividad al aula de clase en bachillerato, plantearon una propuesta a partir de Applets, videos y páginas web para la enseñanza de la relatividad, mostraron además que algunas de estas dificultades radican en la libertad que tienen los docentes para incluir o no esta temática; de la misma manera, argumentan que la situación se agrava por la dificultad que encuentra el profesorado en este tema. Bastantes profesores de esta etapa no son licenciados en Física y la relatividad no se incluyó en su formación universitaria. Los materiales accesibles ayudan poco a solucionar el problema; de este modo, la intención de los autores con esta propuesta es aportar materiales que sirvan como herramientas metodológicas para facilitar la enseñanza de la relatividad apoyada en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), con la intención de aumentar el interés del estudiante por esta área del conocimiento. Los materiales que hacen parte de esta propuesta son: un libro de texto llamado “construyendo la relatividad” elaborado por ellos mismos, un programa guía de actividades que sigue el hilo conductor del libro, un curso de formación para docentes, y un conjunto de Applets que completan las actividades del programa guía. Todo esto, para intentar facilitar el proceso de cambio conceptual, epistemológico y

actitudinal de los estudiantes; además, para lograrlo, se apoyan en enseñanza y aprendizaje por investigación. Para finalizar, con este trabajo se busca justificar la enseñanza de la relatividad en el bachillerato en lugar de suprimirla de los contenidos.

Alonso & Soler (2006) realizaron una propuesta didáctica para la introducción de la teoría de la relatividad en el bachillerato, temática que no aparece en la enseñanza tradicional. Para esta propuesta se basan en investigaciones didácticas y en su experiencia como profesores de ciencias; cabe destacar que esta propuesta está dada en tres productos: el primero un libro construido por Alonso y Soler en el año 2002 para segundo de bachillerato en la modalidad de ciencias, dirigido a profesores que impartan la relatividad general; el segundo es un CD con materiales interactivos que contiene una unidad didáctica con guía para profesor y alumno, una presentación en Power Point que resume de forma algo más visual conceptos importantes de esta teoría, textos, biografías, bibliografía y treinta animaciones informáticas de elaboración propia enlazadas con la presentación y con el contenido del tema; el tercer producto es un curso de formación docente con una duración variable entre 20 y 30 horas, en la que los profesores recrean las actividades del programa-guía sometiéndose a retos parecidos a los que tendrán que enfrentar sus alumnos si deciden utilizar estos materiales. Esta propuesta sobre la enseñanza de la relatividad en el bachillerato como motivación para el aprendizaje de la Física, utiliza el cambio conceptual y la relación enseñanza-aprendizaje como investigación de los modelos; los autores destacan la importancia de la relatividad para motivar el interés de los estudiantes hacia la Física, debido a que el papel de la relatividad en la historia de la Física proporciona una oportunidad para reflexionar acerca de la creación de teorías y de la evolución de

conceptos; de la misma manera, muestran como principales causas de la actitud desfavorable y el desinterés de los estudiantes hacia la ciencia y su aprendizaje, la enseñanza de una ciencia descontextualizada de la sociedad y del entorno, poco útil y sin temas de actualidad; asimismo, el método de enseñanza del profesor, al que califican de aburrido y poco participativo; también la escasez de prácticas de laboratorio o de campo y la falta de confianza en el éxito cuando son evaluados. Al aplicar esta propuesta los resultados obtenidos mostraron que al enseñar la teoría de la relatividad aumenta la comprensión de la mecánica Newtoniana y desaparece el mito de su complejidad, además aumenta el interés de los alumnos por la ciencia y de los profesores por su enseñanza.

Pérez & Solbes (2007) realizaron una investigación que implementa una propuesta didáctica para la enseñanza de la relatividad en el bachillerato, utilizando como estrategia metodológica el cambio conceptual; además, se apoyan en el uso de simulaciones (Applets) para sistemas cuyo tratamiento en la realidad presenta grandes dificultades, cómo experiencias y experimentos que no se pueden realizar en el laboratorio y como un instrumento para familiarizarlos con las TIC, buscando a través de éstas una mejor comprensión de conceptos tales como espacio-tiempo. Como principales herramientas para que los estudiantes comprendan los conceptos referentes a la TER utilizan la enseñanza-aprendizaje como investigación a partir de la resolución de problemas y de la historia de la Física, para mostrar cómo se da la construcción del conocimiento. Los resultados que allí se presentan muestran que la enseñanza de la relatividad a través de esta metodología, da lugar en los estudiantes a una mejora en su aprendizaje y un cambio actitudinal, conceptual y metodológico. Por consiguiente, los aspectos más apreciados de la propuesta es que



aumenta el interés de los alumnos y produce una mejora sustancial en la comprensión de los conceptos básicos de espacio y tiempo; además, permite el desarrollo de un pensamiento más estructurado, lo que supone la superación de concepciones intuitivas e ideas previas. Luego de aplicar la propuesta, los autores concluyeron que es posible diseñar una enseñanza de la relatividad en la secundaria mediante programas de actividades diseñados en consonancia con un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación.

### ***3.1.3. Categoría: currículo***

#### *3.1.31. Subcategoría: currículo en Colombia*

Aristizabal, *et al.* (2005) realizaron una aproximación crítica al concepto de currículo, comparando algunas de sus variantes conceptuales con el futuro de la educación en América Latina y Colombia. Los aportes de Ángel Díaz Barriga son el referente teórico de la presente reflexión, sobre los cuales se explora una mirada al desarrollo de lo curricular en la educación en general y en la Universidad del Cauca en particular. Uno de los temas tratados en esta aproximación crítica es el concepto de campo técnico o currículo técnico, que tiene que ver con la concepción tradicional (plan de estudios) con la cual el Ministerio de Educación Nacional manejó todo el proyecto de tecnología educativa, que inició con Pilar Santamaría de Reyes. En el aspecto curricular en la Universidad del Cauca, hubo una ruptura que se volvió traumática porque floreció una resistencia al modelo de tecnología educativa, pero en ésta no se generó un movimiento como en otras universidades. La universidad dicen los autores, carece de una producción pedagógica crítica alrededor del

currículo ya que esta categoría contiene múltiples concepciones. En su génesis connota el educar para la utilidad, para la producción, para el empleo; y ésta es una de las ideas centrales que permea sus demás acepciones y usos. Subyace, tanto en la génesis como en su recorrido histórico de la sociedad estadounidense, la imperiosa idea del fenómeno currículo asociado a las necesidades del desarrollo social, restringido a las necesidades del mercado. Al transponerse esta idea global de currículo en nuestro país, se convierte en un fenómeno de imposición que pretende determinar y abarcar todo el campo de la Educación, en aras de optimizar los recursos, reduciendo al ser a una concepción unidireccional, en función de una materialidad y un pragmatismo para lo útil, donde el ser humano se vuelve un instrumento y pierde su dimensión de sujeto. Estas reflexiones sobre el currículo nos develan un conflicto de la universidad pública y es el de su autonomía frente al Estado. Precisamente, este fenómeno del currículo es una consecuencia histórica de las políticas de control e imposición; pero hay experiencias en el país que desde lo pedagógico desmienten o contrarían esta idea del currículo como dominación ideológica en la educación, experiencias esperanzadoras donde es evidente la intención educativa desde la convicción y no desde la imposición.

Salazar (2009) realizó una recopilación de las memorias del primer congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología sobre elementos para la introducción de la teoría de la relatividad al aula escolar a partir de la historia de las ciencias, con base en la necesidad establecida por las diversas investigaciones que se han realizado sobre la enseñanza de las ciencias. El eje central de este trabajo fue la necesidad de renovar los currículos de Física de educación básica y media, con la inclusión de

temáticas tales como la Teoría Especial de la Relatividad. Allí se muestran algunas dificultades que se presentan a la hora de incluir temáticas sobre Física moderna, uno de ellos es que el ICFES (ahora, pruebas saber) no contempla esta temática y como tal no la evalúa; otra es la manifestación de algunos docentes en el sentido de que temáticas como la TER presentan muchas dificultades para ser entendidas por los estudiantes; agregando a lo anterior una crítica frente a la postura de no enseñar la Física moderna (Relatividad) por su complejidad y abstracción.

#### *3.1.3.2. Subcategoría: currículo en otros países*

Herrmann (2000) publicó un artículo en el cual compara el desarrollo del saber científico con la evolución de sistemas biológicos, con relación a esto hace la similitud entre los fósiles del sistema biológico y los fósiles del currículo de Física, refiriéndose específicamente a los conceptos de Física que considera obsoletos. Sobre lo anterior el autor afirma que el crecimiento del saber científico es similar a la evolución de los sistemas biológicos, ya que en ambos tipos de sistemas existen generaciones. El profesor y alumno son miembros de generaciones distintas. El profesor antes de transmitir el contenido de Física a los jóvenes miembros de otra generación lo tiene que aprender; sin embargo, entre aprender y transmitir, el saber científico sufre cambios. Por tal motivo se propone con su trabajo a buscar rodeos históricos y temas obsoletos para eliminarlos del currículo. En este artículo se presentan una serie de ejemplos de temas que según el autor deberían ser eliminados del currículo de Física buscando simplificar el proceso de enseñanza, haciendo una sugerencia de cómo hacerlo.

Martínez, *et al* (2001) realizaron una investigación de tipo cualitativo a profesores y estudiantes. De acuerdo con el planteamiento de la investigación y dentro del marco teórico propuesto, el objetivo general de este estudio fue describir y analizar el pensamiento del futuro profesor de ciencias de educación secundaria en dos ámbitos: uno en relación con aspectos profesionales y otro sobre aspectos curriculares. La población estuvo constituida por 692 alumnos de la modalidad de ciencias naturales y 627 de la modalidad Física y Química para un total de 1.319 individuos. Los resultados obtenidos apuntan a los estudios sociológicos sobre el profesorado que parecen poner de manifiesto relaciones entre los contextos socio profesionales, el pensamiento y la práctica docentes; como consideración es necesario reflexionar sobre el contenido escolar que el futuro profesor tendrá que enseñar y sobre lo que sus alumnos saben y pueden aprender para poder realizar la transposición didáctica que permita elaborar conocimiento escolar a partir del conocimiento científico y cotidiano.

Vega & Corral (2006) se refieren a que en ocasiones el diseño de los planes y programas de estudio de las carreras de educación superior es realizado por sujetos que poco o nada tienen que ver con las disciplinas, afirman que estos se enfrentan empíricamente a esta tarea sin conocer a fondo los referentes teóricos del trabajo que deben realizar; es decir, lo realizan de acuerdo a su experiencia, a los requerimientos de los entes gubernamentales y no a las necesidades de los centros educativos. El objetivo de los autores es realizar un breve recorrido sobre la temática del currículo y sus referentes, buscando una

profundización en el fundamento epistemológico que permitirá derivar una serie de principios cuya transposición pedagógica resulte importante para el diseño de una carrera de perfil investigativo. Como fuentes teóricas de un currículo dirigido a la formación de investigadores y a la temática del currículo contribuyen: la epistemología, la pedagogía, la sociología y la psicología. La fuente epistemológica es de mucha importancia en la elaboración del diseño del currículo, ya que permite dar claridad a las relaciones existentes entre investigación, conocimiento y aprendizaje. El aspecto pedagógico que contribuye al currículo integra tanto la contextualización del proceso enseñanza-aprendizaje a nivel teórico, como la experiencia del maestro basada en su práctica docente. Desde el referente sociológico, al currículo le interesa el conjunto de competencias que contribuyen a la socialización del alumno dentro de las pautas culturales de una comunidad. Al currículo le importa en relación a las fuentes psicológicas la interpretación acerca de los procesos de desarrollo y de aprendizaje de los alumnos. Una de las conclusiones a las que llegan los autores es que una comprensión de la ciencia como proceso social permite derivar un conjunto de principios epistemológicos que sirvan de fundamento para el diseño curricular en la educación superior.

Dos santos (2011) realizó un rastreo bibliográfico con la ayuda de autores de diversas áreas, tales como: currículo, filosofía, pedagogía, psicología y sociología. Todo esto, con el fin de reflexionar sobre el campo del currículo, explicando sus relaciones con otras áreas del conocimiento. Además, quiso reflexionar sobre las interacciones del plan de estudios con las áreas de conocimiento y filiales, vinculado la educación y algunas ideas erróneas que puede ser generadas por una mirada reductiva sobre las contribuciones que se

hacen al currículo desde las diferentes áreas del conocimiento. Esta investigación fue motivada por la percepción acerca de las lecturas reduccionistas y restricciones en el ámbito educativo generadas por la adopción de cimientos de un solo teórico o pocas áreas del conocimiento, debido a que no permite la formación de sujetos con capacidad de ejecutar una transformación social, ya que esto sólo es posible con un plan de estudios que conlleve al establecimiento de una sociedad que valore las interacciones sociales y que contribuya a la formación de identidad en los individuos y grupos. Dentro de esta perspectiva, el autor señala que el currículo es algo más que un simple plan de estudios (un objeto que se crea por interacción de varios campos, a través de varias acciones ejecutadas por varios agentes) y que debe ser construido no solo por teóricos, sino también por todos los autores involucrados de forma colectiva; en síntesis, el currículo se constituye como el elemento que da norte a las prácticas educativas, resultante de un proceso de construcción colectivo, sustentado en las diversas fuentes teóricas subsidiarias y ligadas a la educación. Además, el autor manifiesta la importancia de comprender el plan de estudios como algo que subyace de un proceso de construcción social, importancia que radica en su propio proceso de construcción y en la formación de sujetos activos frente a los procesos sociales y a su propio proceso de constitución como sujetos. Los maestros que conciben el currículo como un plan de estudios no llevan a los contenidos científicos a una trasposición didáctica que permite que el proceso de enseñanza aprendizaje se produzca con menos sufrimiento para sus actores; mucho menos, le dan el sentido propio a la pedagogía que es una de las fuentes que enriquece las prácticas educativas. Sin lo anterior la escuela no aporta ni aportará a la constitución de verdaderos sujetos y mucho menos a un cambio social.

### *3.1.3.3. Subcategoría: currículo de Física*

Colombo (2003) realizó un trabajo acerca de los aportes de la epistemología de la ciencia a la enseñanza de la misma, enfocándose directamente al currículo de Física; en este trabajo el currículo es un proyecto educativo en construcción permanente y los temas tratados sobre el mismo son: el marco teórico de referencia, la selección y organización de contenidos y la integración de componentes cognoscitivos, metodológicos y afectivos de cada contenido. En este artículo se muestra que la ciencia no debe ser vista como algo lineal, sino como una construcción de conceptos. Para la autora estos tienen unos significados conceptuales que los definen: son de carácter abierto, están en permanente reconstrucción y esto es lo que da valor al aprendizaje de la ciencia; sobre la integración de las componentes de los contenidos curriculares considera dos aspectos útiles a la hora de diseñar el currículo: la relación entre la teoría y los hechos y los aportes de las concepciones de Laudan sobre el conocimiento científico como posible fundamento para una instancia superadora del modelo de cambio conceptual. En cuanto a lo epistemológico, se piensa en el progreso y la racionalidad del conocimiento científico desde Laudan; como observaciones de la autora el análisis epistemológico ayuda no sólo a otorgar significados a conceptos sino a valorizar cuestiones procedimentales; además, cada situación experimental concreta se transforma en una investigación personal. Asimismo, se hacen necesarias intervenciones didácticas intencionalmente planificadas para favorecer los cambios en todas y cada una de las componentes del contenido de aprendizaje (currículo). Como conclusión del trabajo realizado, los aspectos analizados proporcionan valiosos elementos para un trabajo docente crítico y creativo, proporcionando criterios que guíen la planificación de innovaciones, su instrumentación y evaluación.

Oliva & Acevedo (2005) presentaron un artículo acerca de la educación científica hoy, este enfatiza en los problemas específicos relacionados con la educación científica, debido a que existe hoy cierto sentimiento de frustración en los colectivos de profesores de ciencias e investigadores de didáctica de las ciencias experimentales ante su realidad profesional. En primer lugar, señalan y justifican algunos de los problemas a los que se enfrentan los profesores de ciencias, para aportar después algunas sugerencias y propuestas de mejora, aprovechando la coyuntura de la reforma de las leyes educativas en España. Con el objetivo de reflexionar sobre la presencia de las materias de ciencias en el actual sistema educativo, la naturaleza y extensión de los currículos oficiales de ciencias, y los aspectos metodológicos en la enseñanza de las ciencias; muestran que en secundaria la orientación de los contenidos es casi exclusivamente propedéutica; esto es, supuestamente enfocada a la preparación de una minoría de estudiantes para cursar carreras universitarias de ciencia y tecnología. Con ello, se está olvidando que esa no puede ser la principal finalidad de una enseñanza obligatoria, la cual debería estar destinada sobre todo a la educación científica para la ciudadanía. En este sentido destacan que es imprescindible un replanteamiento global al alza del papel de las materias de ciencias en el sistema educativo; en concreto, proponen revisar y en el caso de que se considere necesario, otorgar un estatus propio a las Ciencias de la Naturaleza en el tercer ciclo de primaria, con una carga lectiva razonablemente mayor que la que tiene en la actualidad en ese ciclo.



#### *3.1.3.4. Subcategoría: propuestas didácticas para un cambio curricular*

Entre sus muchos aportes Ostermann & Moreira (2000) realizaron un trabajo de investigación a partir de la preocupación por la enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea (FMC) en las escuelas y en los cursos básicos de la universidad, con el objetivo de despertar la curiosidad de los alumnos y ayudarlos a reconocer la Física como una empresa humana y, por lo tanto, cercana a ellos. Debido a que los estudiantes no tienen contacto con el excitante mundo de la Física actual, pues la Física que ven no pasa del año 1900. Dicha situación es inaceptable en un siglo en el cual ideas revolucionarias han cambiado totalmente la ciencia. Esta investigación fue realizada entre los años 1997 y 1998 en Brasil con estudiantes de secundaria, pensando no solo en la inclusión de la Física moderna en el currículo de ciencias, sino también elementos de Física contemporánea (teoría M). Con el fin de identificar los tópicos de Física contemporánea a enseñar, realizaron un estudio Delphi, que es una técnica de búsqueda de consenso por aproximaciones sucesivas, con la participación inicial de físicos, investigadores en enseñanza de la Física y profesores de Física; de lo anterior salió una lista referida a los tópicos de Física contemporánea que deberían ser enseñados en secundaria para actualizar el currículo en ese nivel. Dentro de los tópicos elegidos se encuentran: efecto fotoeléctrico, átomo de Bohr, leyes de conservación, radioactividad, fuerzas fundamentales, dualidad onda-partícula, fisión y fusión nucleares, origen del universo, rayos X, metales y aisladores, semiconductores, láser, superconductores, partículas elementales, relatividad especial, entre otros. Los tópicos elegidos fueron superconductividad y partículas elementales y la justificación se fundamenta en que encajan bien en la llamada Física contemporánea. La metodología utilizada por los autores fue un estudio descriptivo que se efectuó a través de

la implementación de una propuesta didáctica en la cual fueron incluidos como grupo de estudio profesores de Física en formación y estudiantes de secundaria, dentro de los resultados obtenidos encontraron que todos los futuros docentes han atribuido mucha importancia a la problemática de la actualización curricular en Física. En general, consideraron que es necesario repensar el currículo de Física en secundaria con el objetivo de incluir tópicos más nuevos en él. Una de las conclusiones a que llegaron es que actualizar el currículo de Física en secundaria a través de la incorporación de tópicos modernos y contemporáneos y de la exclusión de tópicos clásicos es muy importante. No obstante, para eso es necesario preparar materiales y profesores porque los alumnos parece que ya están listos.

Sánchez & Valcárcel (2000) realizaron una investigación de tipo cualitativo con el objetivo de conocer y analizar las decisiones sobre la selección y secuenciación del contenido de enseñanza de los profesores de educación secundaria. Con esta investigación quisieron responder a tres interrogantes ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan y secuencian el contenido de enseñanza?, ¿Cómo valoran los profesores el contenido ofertado en un curso de formación desde determinados criterios necesarios para que sea utilizado en su práctica docente (comprensión, validez formativa, compatibilidad, viabilidad e interés)?, ¿Cuáles son los aprendizajes y cambios docentes generados en relación con la propuesta? En esta investigación proclaman por la contextualización del currículo en España y además no solo indagan sobre el papel de los profesores en esta modificación curricular como diseñadores de contenidos educativos, sino también de las estrategias didácticas y de evaluación necesaria para el desarrollo y evaluación de las

unidades didácticas. En este artículo también presentan los resultados de esta investigación realizada a 27 profesores de secundaria sobre el proceso de planificación de sus clases, en los resultados se pone de manifiesto que la atención del profesor se dirige principalmente hacia el contenido disciplinar, siendo su selección la decisión que con más frecuencia se toma en primer lugar. Junto a esto, también se ha apuntado el papel destacado, y a veces exclusivo, que los libros de texto y las guías del profesor tienen en la selección del contenido de enseñanza y el hecho de que los profesores como expertos en una disciplina más que como docentes, a menudo convierten los contenidos disciplinares en contenidos curriculares sin establecer diferencias. Además, los profesores procuran que las unidades tengan coherencia incluyendo contenidos científicamente relacionados, pero condicionando su extensión por el tiempo disponible para todo el programa. Es frecuente encontrar distribuciones como: bloque temático por trimestre o mes, tema por semana y lección por sesión.

Almeida & Tavolaro (2001) realizaron un trabajo en el cual muestran la posibilidad de discutir los fundamentos de la Física moderna en la enseñanza media, para lo cual realizaron una investigación de la cual resultaron muchos materiales didácticos para su abordaje, materiales que permiten a través de una metodología adecuada la ejecución de una serie de experimentos que llevan a la comprensión de la Física de la actualidad. El objetivo principal de esta investigación fue realizar un proyecto que atiende a las necesidades para que los alumnos tengan un dominio de los principios científicos y tecnológicos inmersos en la Física moderna, dando algunas opciones para la inserción de ésta en la enseñanza media, a partir del comportamiento dual de la luz y del efecto

fotoeléctrico, con la finalidad de mostrar el nacimiento de la mecánica cuántica y su importancia en el cambio de concepción de mundo. Sobre el trabajo realizado concluyen que muestra el surgimiento de una nueva forma de ver el mundo, además muestra diferentes versiones de la verdad.

Ostermann & Moreira (2001) relatan una experiencia de enseñanza de dos tópicos de Física contemporánea, partículas elementales y superconductividad en una escuela de nivel medio de enseñanza en Porto Alegre; esta experiencia de enseñanza hizo parte de una investigación de tres años y comprende la selección de tópicos utilizando la técnica Delphi, elaboración de materiales y preparación de profesores en formación inicial e implementación en el salón de clase. En esta investigación los autores buscaron responder a las siguientes preguntas: ¿Cuáles tópicos de FMC deberían ser enseñados en la escuela media?, ¿Qué metodología posibilita un aprendizaje significativo de los alumnos?, ¿Qué materiales didácticos deben ser producidos?, ¿Qué implicaciones trae esta temática a la formación de profesores?, con el objetivo de establecer las implicaciones que tiene la introducción de tópicos de FMC en la escuela media. Un resultado relevante de esta investigación es que todos los participantes sin excepción, dieron un alto grado de importancia a la cuestión de la actualización del plan de estudios. En general, se considera la necesidad de repensar el plan de estudios de Física en la escuela con el objetivo de introducir temas más actuales. También la prueba de acceso (obligatorio para el ingreso a la universidad) fue un tema mencionado por algunos como un obstáculo para actualizar el plan de estudios de Física. Los dos temas que se enseñaron no están en la lista de contenidos de este examen en nuestro país, esto dificulta su inclusión en las clases de Física

en Escuelas Intermedias. Sin embargo, es factible implementar temas de Física Moderna y Contemporánea en escuelas intermedias; ya que no encontramos obstáculos cognitivos y los requisitos previos se superaron.

Banet (2007) a partir de algunas reflexiones sobre aspectos que caracterizan la situación de la educación científica en España, realiza una investigación en dos fases. En la primera analiza el diagnóstico hecho por una muestra de docentes de enseñanza secundaria en relación con las finalidades educativas sobre las que incide la enseñanza de las ciencias en secundaria, considerando los enfoques con los que ésta se desarrolla en las aulas. En la segunda examina lo que, según estos profesores, podría ser la situación deseable en relación con estas finalidades educativas, así como las actuaciones que se podrían desarrollar para mejorar la calidad de la formación científica que reciben los estudiantes de secundaria. Esta fue realizada a una muestra de docentes de secundaria, implicados en iniciativas de innovación y/o investigación. En concreto se les consulta sobre las dimensiones formativas que prioriza la enseñanza habitual, los aprendizajes que producen en los estudiantes, así como las razones que pueden explicar esta situación. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto profundos obstáculos que habría que salvar para promover una educación científica de mayor calidad y más adecuada a las demandas de la sociedad actual. En conclusión, la educación científica debería contribuir a dotar a los estudiantes de cultura básica que les permita tomar decisiones que les afectan a nivel personal, a la vez que intervenir como ciudadanos en procesos y decisiones de trascendencia social (alfabetización científica y tecnológica; ciencia para todas las personas; educación

científica humanística; cultura científica y tecnológica; educación en ciencia, tecnología y sociedad).

Ferreira, Miranda & Scofano (2007) presentan un trabajo acerca de lo que dicen los profesores acerca de la enseñanza de la Física moderna en la enseñanza media. La enseñanza en Física en el nivel medio no ha sido acompañada de los avances tecnológicos. El currículo obsoleto, anticuado y descontextualizado representa un problema para estudiantes y profesores, ya que hace que la práctica pedagógica se reduzca por lo general a la pizarra, monotonía y desinterés de los actores involucrados. En este sentido la investigación realizada pretende desarrollar enfoques de clasificación que puedan promover la motivación y el diálogo en las clases de ciencias, específicamente en Física. Una cuestión que se ha potenciado con la introducción de tópicos de Física Moderna (FM) en el plan de estudios de la enseñanza media, con el objetivo de presentar los resultados de una encuesta realizada a los profesores de Física de enseñanza media en referencia a la inclusión de tópicos de FM. Basándose en los resultados de búsqueda desarrollaron una propuesta para enseñar metodológicamente rayos X con énfasis en el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS), obteniendo resultados muy satisfactorios en cuanto a aceptación y disposición para el uso de este material.

Da Silva & Assis (2012) realizaron un trabajo con una actividad experimental abordando el efecto fotoeléctrico, haciéndolo con algunas aplicaciones tecnológicas que los estudiantes vivencian en su cotidianidad, vinculando además la interacción social en el aula, buscando despertar el interés, la curiosidad y la motivación de los estudiantes. Con

esta propuesta didáctica querían abordar el efecto fotoeléctrico de una forma experimental, buscando incentivar al estudiante hacia el aprendizaje de la Física Moderna, pensando en la necesidad de incluir la FMC en el currículo. Los autores luego de aplicar la propuesta didáctica consideran que la actividad experimental puede ser un óptimo recurso para las clases de Física al despertar emociones positivas en los alumnos, tal como la curiosidad y el extrañamiento que causa la motivación por aprender.

Zanotello & Fagundes (2012) realizaron una investigación de tipo cualitativo, sobre la cual presentan una reflexión acerca de la enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea (FMC), buscando que en la contextualización del currículo de Física sea obligatoria, tanto para los estudiantes en el primer semestre de carreras que tenga que ver con la Física como las ingeniería, como también para los estudiantes de básica secundaria. Los datos recogidos tras la investigación indican que los estudiantes y profesores comparten la opinión de que la inclusión de FMC en este contexto, es interesante y su aprendizaje no requiere el estudio de toda la Física clásica, sino que requiere un nuevo enfoque en el uso de las matemáticas y enfoque de los conceptos físicos, incluyendo la apertura de nuevas perspectivas sobre los temas que la FMC aborda, con ello se busca impregnar de dichas temáticas la enseñanza en la educación básica. El objetivo de esta investigación fue conocer las expectativas de estudiantes y profesores sobre la inclusión de la Física Moderna y Contemporánea en el primer semestre de carreras afines a la Física; además, indagar por papel de la FMC en el proceso de integración de los estudiantes de básica a la educación superior. Sobre lo cual se concluye que los cambios curriculares son significativos, pero deben ser sometidos al análisis de los principales protagonistas de los

procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula; ya que se deben considerar sus colocaciones para una evaluación crítica de los nuevos componentes del plan de estudios.

### *3.1.3.5. Subcategoría: revisiones bibliográficas en enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea (FMC)*

Ostermann & Moreira (2000) realizaron una revisión bibliográfica sobre la línea de investigación en enseñanza de Física Moderna y Contemporánea en enseñanza media, los materiales revisados fueron artículos de revista, libros didácticos, tesis, entre otros. Para la revisión se tomaron trabajos de la década del 70 en adelante y los trabajos revisados fueron clasificados en seis categorías. En este artículo como justificación se tiene la importancia de enseñar Física moderna en la escuela, como una forma de conectar al estudiante con su propia historia y de la Física como una forma de conocer la naturaleza del conocimiento científico. Con esta investigación fue posible verificar que hay muchos trabajos divulgados sobre Física Moderna y Contemporánea además de los que se encuentran de solo consulta para profesores de enseñanza media. Por otro lado, existe una considerable escasez de trabajos sobre concepciones alternativas de los estudiantes sobre tópicos de Física Moderna y Contemporánea, pero se encontraron también buenas investigaciones con propuestas de aprendizaje y resultados. También se evidenció que la mayor parte de las publicaciones se centran en la presentación de un tema de la enseñanza de Física Moderna y Contemporánea.



Ostermann & Pereira (2009) hicieron una revisión bibliográfica sobre la enseñanza de la Física Moderna y Contemporánea, esta fue realizada a través de la consulta de artículos publicados en las principales revistas de enseñanza de las ciencias en Brasil y en el extranjero desde el año 2001 hasta el 2006. En total analizaron 102 artículos, los cuales fueron clasificados en cuatro categorías: propuestas didácticas para realizar en clase, estudio de las concepciones, bibliografía de consulta para profesores y análisis curricular. Los resultados obtenidos muestran que 52 de los 102 artículos pertenecen a la categoría de consulta para profesores y los otros 50 artículos restantes pertenecen a las otras tres categorías, de lo anterior se puede concluir que: en lo que a investigaciones para la enseñanza de FMC se refiere la mayoría de artículos hacen referencia a bibliografía de consulta.

Ostermann & Moreira (2000) plantean que la Física moderna es considerada difícil y abstracta por los docentes. En referencia al trabajo realizado por Arriasecq y Greca (2004) se hace énfasis en que los pocos libros de texto que abordan esta temática la presentan en forma de anexo, provocando que se dé un tratamiento superficial de ésta y por tanto, se construyan ideas inadecuadas sobre los conceptos científicos que en ella se desarrollan. La autora llega a la conclusión de que es necesario, para introducir la TER, tener en cuenta la historia de las ciencias como recurso educativo, pues a través de ella se puede conocer la construcción de los conceptos, y a partir de ello establecer los hechos que fundamentan y dan ideas para la creación de propuestas de enseñanza y aprendizaje de conceptos de ciencias.

### **3.2. Aportes de los trabajos por categorías y subcategorías de análisis: identificación y análisis de aspectos relevantes para un abordaje contextualizado de la TER a partir de los datos obtenidos en la revisión bibliográfica**

En esta parte se rescatan una serie de consideraciones que emergen de los aportes de los autores mencionados en los párrafos anteriores en consideración a las implicaciones que tiene el abordaje de la TER en la enseñanza de nivel medio, en carreras universitarias y en la formación de profesores; además, las implicaciones de una contextualización del currículo de ciencias. Muchos de estos autores consideran que los libros de texto deberían jugar un papel muy importante en la contextualización del currículo; asimismo, circulan por los caminos de la FMC proclamando su inclusión en todos los ámbitos de la formación.

Ya se ha expresado que la TER es una temática que aún no se incluye en los planes de estudio de muchos países, esto es preocupante ya que es un contenido básico, entre muchos otros que sirven para mostrar la ciencia contextualmente;

Una consecuencia es que una restructuración o remodelación de la ciencia se vuelve cada vez más difícil. La fuerza motriz para un cambio es cada vez más débil. En otros términos: Cuanto más complejo es un sistema en proceso de evolución, tanto más conservador será. Por esta razón, el saber científico refleja su propio desarrollo histórico. (Herrmann, 2000, p 4)

Cuando muchos docentes quieren salirse de la ataduras del currículo para llevar a sus clases de ciencia temáticas enmarcadas en la FMC, deben enfrentarse a un sinnúmero de situaciones que los condicionan; una de las más comunes (creemos nosotros) es que no se les permite, dado que estas temáticas no son evaluadas al terminar ni al empezar los ciclos de enseñanza; en el caso de nuestro país las pruebas de estado no incluyen estas temáticas que surgen como una manera nueva de ver el mundo en la actualidad. Lo preocupante es que desde hace más de cien años surgió la TER y aun se continúa deambulando por conceptos obsoletos de la Mecánica Clásica. Aun cuando, “en cierto sentido, el crecimiento del saber científico es similar a la evolución de sistemas biológicos” (Herrmann, 2000, p 4). La afirmación precedente se pone claramente de manifiesto al observar los resultados y las conclusiones que al respecto se han elaborado en investigaciones de diferente naturaleza, desde distintas perspectivas teóricas, desde enfoques que se han abordado para la enseñanza-aprendizaje de la TER y desde los problemas de descontextualización del currículo. Con objeto de extraer una visión de conjunto al respecto, se ha llevado a cabo una revisión de algunos de esos trabajos y propuestas que, de ninguna manera, ha pretendido ser exhaustiva, sino simplemente aportar un marco de referencia en el que ubicar la investigación desarrollada; algunos de esos trabajos han tenido como objeto específico la TER, pero se han incluido otros que dan idea sobre la FMC que creemos pertinentes para nuestro tema de interés.

Es por esto que se analizan cuarenta y dos trabajos de investigación en los que se han usado como criterios de análisis: autor, año, objetivos, marco teórico, fundamentación metodológica, principales resultados, conclusiones y/o observaciones, país, entre otros; se

ha elaborado una tabla por cada subcategoría con la información obtenida en la que su disposición es cronológica y alfabética dentro de cada año.

### ***3.2.1. Categoría: enseñanza de la TER***

Esta categoría está relacionada con investigaciones que surgen en la búsqueda de cómo incorporar la TER en la enseñanza de nivel medio, en carreras universitarias y en la formación de profesores, un aspecto trascendental para la ciencia, que hasta el momento ha sido poco estudiado y que en la actualidad solo países como Brasil, España, Argentina, Estados Unidos e Inglaterra, han sido los más abanderados en la enseñanza de esta temática. Brasil y España en su respectivo orden en muchos de los trabajos revisados y ubicados en esta categoría, argumentan que, al no estar contemplada en los contenidos curriculares oficiales, la TER se suele presentar en los textos como un anexo y este tratamiento superficial podría generar en los lectores conceptos científicamente inadecuados.

#### *3.2.1.1. Subcategoría: formación de maestros en la TER (Ver tabla II)*

En muchos de los trabajos realizados se destacan la formación de profesores en la TER, pero son solo Arriasecq y Greca (2004) quienes proponen un trabajo con esta naturaleza; además de una propuesta metodológica con el cambio conceptual como marco teórico. Esto en el marco de una investigación de tipo cualitativo que aflora consideraciones que deben ser tenidas en cuenta si de lo que se trata es de entender mejor los procesos de

enseñanza-aprendizaje de temáticas tan complejas como la TER. Para esta subcategoría los criterios de análisis son: autor/año de publicación, conceptos de la TER trabajados, objetivos de la investigación, marco teórico, fundamentación metodológica, principales resultados, conclusiones y/o observaciones y país.

### *3.2.1.2. Subcategoría: formación de estudiantes universitarios en la TER (Ver tabla III)*

En cuanto a formación de estudiantes universitarios en la TER son relativamente pocos los trabajos que apuntan a esta subcategoría de análisis. Para esta subcategoría los criterios de análisis son: autor/año de publicación, conceptos de la TER trabajados, objetivos de la investigación, marco teórico, grupo de estudio, fundamentación metodológica, principales resultados, conclusiones y/o observaciones y país.

En estados unidos, España y Brasil se han ejecutado investigaciones que se ocupan de la enseñanza de la TER a estudiantes universitarios, estas en su mayoría son propuestas didácticas apoyadas o sustentadas en el cambio conceptual como marco teórico, diseñadas para enseñar la TER en carreras como matemáticas, ingeniería, artes, entre otras. También se encontró que en estas propuestas de enseñanza los conceptos más utilizados para la enseñanza-aprendizaje de la TER en la formación de estudiantes universitarios son tiempo, espacio-tiempo y simultaneidad. Aunque en muchos de estos trabajos se considera que los estudiantes universitarios presentan dificultades para apropiarse de estos conceptos hay

quienes aseguran que con estrategias como la visita guiada a un museo posibilita el manejo de ellos por parte de los estudiantes universitarios.

### *3.2.1.3. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media*

En esta parte de la revisión bibliográfica se rescata una serie de trabajos que apuntan a la formación de estudiantes de educación media, que emergen a partir de la preocupación por la no inclusión de la TER en las clases de ciencias, sus aportes apuntan a incluirla por medio de la Historia de las Ciencias y teorías de aprendizaje, ejes centrales que promueven para la introducción de la TER en la enseñanza de nivel medio/polimodal. Esta subcategoría se divide en tres ejes fundamentales de la formación de estudiantes de educación media en la TER, ellos son: i) propuestas de investigación, ii) propuestas didácticas y iii) trabajos reflexivos.

#### *3.2.1.3.1. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media en la TER. (Propuestas de Investigación) (Ver tabla IV)*

En esta subcategoría se ubican una serie de trabajos que corresponden a resultados de investigación, en los cuales predominan las propuestas de enseñanza para introducir la TER en la formación de estudiantes de educación media/polimodal en países como Argentina, España y Brasil. En la siguiente tabla se hace alusión a algunos artículos de tipo reflexivo adscritos a propuestas de enseñanza, por tal motivo no se incluyeron en la subcategoría de trabajos reflexivos. Para esta subcategoría los criterios de análisis son:

autor/año de publicación, conceptos de la TER trabajados, objetivos de la investigación, fundamentación metodológica, marco teórico, principales resultados, conclusiones y/o observaciones y país.

Esta es una serie de trabajos de investigación en los cuales se implementan propuestas de enseñanza fundamentadas en el enfoque CTS, en el cambio conceptual, en la historia y epistemología de la ciencia y en la resolución de problemas; estas propuestas en su gran mayoría se enfocan en los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud y por consiguiente, los conceptos de espacio-tiempo y simultaneidad.

#### 3.2.I.3.2. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media (propuestas didácticas) (Ver tabla V)

En este ítem se tienen trabajos de investigación sin resultados en el sentido de que en los artículos no se muestran reportes o resultados de investigación. Para esta subcategoría los criterios de análisis son: autor/año de publicación, conceptos de la TER trabajados, objetivos de la investigación, fundamentación metodológica, marco teórico, conclusiones y/o observaciones y país.

Los trabajos encontrados en esta subcategoría de análisis apuntan hasta cierto punto a la reflexiones que debe suscitar el diseño de propuestas didácticas para la formación de estudiantes de enseñanza media/polimodal en la TER. Allí se argumenta sobre las

posibilidades y los materiales a utilizar para tal fin. En los pocos trabajos encontrados para esta subcategoría se destaca la importancia de la historia de las ciencias en futuras propuestas didácticas, que muy seguramente surgirán de estos trabajos reflexivos en torno a la TER.

#### 3.2.I.3.3. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media (Trabajos Reflexivos) (ver tabla VI)

Los trabajos reflexivos que se presentan a continuación apuntan a la necesidad de incluir la TER en la educación media, ya que plantean que mediante esta se le puede mostrar a los estudiantes cómo la ciencia actual es el resultado de un proceso continuo de construcción; además, útil para favorecer su actitud positiva hacia la ciencia, para cambiar la enseñanza de la ciencia haciéndola más contextualizada en la sociedad y el entorno, más útil y actualizada y mejorar el aprendizaje. Para esta subcategoría los criterios de análisis son: autor/año de publicación, objetivos de la reflexión, estrategias, marco teórico, pretensiones, grupo al que va dirigido, conclusiones y/o observaciones y país.

Las reflexiones realizadas por estos autores están fundamentadas básicamente en el cambio conceptual, el enfoque CTS y fuertemente en la historia y epistemología de las ciencias. Los autores de estas reflexiones sitúan la TER como un caso histórico y argumentan que su inclusión en las clases de física en educación media evita que los estudiantes se formen una imagen distorsionada de la metodología científica, de los



científicos en muchos casos como genios, permitiendo visualizar el modo en que distintas ideas se van perfilando en teorías científicas.

### ***3.2.2. Categoría: uso de las TIC para la enseñanza de la TER***

Las propuestas de enseñanza que se presentan a continuación apuntan a la necesidad de incluir la TER en la educación media, ya que plantean que mediante esta se le puede mostrar a los estudiantes cómo la ciencia actual es el resultado de un proceso continuo de construcción; además, útil para favorecer su actitud positiva hacia la ciencia, por cambiar la enseñanza de la ciencia haciéndola más contextualizada en la sociedad y el entorno, más útil y actualizada y mejorar el aprendizaje. Para este fin utilizan las TIC con el propósito de facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Para esta subcategoría los criterios de análisis son: autor/año de publicación, conceptos de la TER, objetivo, marco teórico, fundamentación metodológica, conclusiones y/o observaciones y país.

#### ***3.2.2.1. Subcategoría: propuestas didácticas (ver Tabla VII)***

Con respecto a esta subcategoría hay que decir que son relativamente pocas las propuestas de enseñanza que utilizan las TIC para enseñar tópicos de la TER. Además de resaltar que la mayoría se sustentan en el cambio conceptual y casi todas fueron llevadas a cabo en España.

Teniendo en cuenta que la relatividad es un contenido importante de la Física Moderna, es inconcebible que no se articule su enseñanza-aprendizaje con las TIC, en una época en que andamos con ellas en nuestros bolsillos y abundan en nuestras instituciones educativas. En este sentido seguimos ahondando en prácticas tradicionales en la enseñanza de la TER. Aun cuando Existen hoy trabajos como estas propuestas didácticas con valiosos resultados que muestran que es posible una enseñanza ajustada a las contribuciones de las TIC y que suscite en los estudiantes un cambio actitudinal, conceptual y metodológico.

Es preocupante el hecho de que en solo cinco propuestas didácticas de veinticinco se utilizan las TIC como mediadoras del proceso de enseñanza-aprendizaje de la TER. Aunque más lamentable resulta que casi la totalidad de estas propuestas se lleven a cabo en un solo país del mundo y solamente en Brasil y Estados Unidos hay un pequeño asomo de propuestas didácticas que introduzcan en sus metodologías elementos de las TIC.

### ***3.2.3. Categoría: currículo***

Se han incluido en esta categoría diecisiete trabajos que se refieren a la necesidad de renovar el currículo. En esta perspectiva los investigadores cuestionan la naturaleza del conocimiento científico, y sus interpretaciones y significaciones están limitadas por los intereses e intencionalidades del poder. Ellos intentan poder resolver y comprender las limitaciones a que son sometidas las grandes ideas enmarcadas en la (FMC); en este sentido reclama la ciencia como una tentativa de mundo.

### *3.2.3.1. Subcategoría: currículo en Colombia (Ver tabla VIII)*

Para esta subcategoría los criterios de análisis son: autor/año de publicación, objetivos de la reflexión, concepción de Currículo, estrategias, referente teórico, principales resultados, conclusiones y/o observaciones, tipo de trabajo y país.

No es mucho lo que se puede decir cuando un país como Colombia aporta poco a la necesidad de ver una ciencia diferente a la que hoy se ve en el currículo, mientras que en otros países su renovación se pide a gritos. En Colombia seguimos viendo a la ciencia como un cúmulo de descubrimientos y sin la alternativa de una evolución; cuando hace más de cien años viene evolucionando, como en el caso de la Física, a pasos agigantados.

### *3.2.3.2. Subcategoría: currículo en otros países (ver tabla IX)*

El currículo en otros países se piensa ya con la inclusión de la FMC y la fundamentación que le debe dar la historia y epistemología de las ciencias. Por ser un ente que evoluciona con el pasar de los años y lograr con ella una evolución en el pensamiento de nosotros los humanos. En este sentido en países como Brasil y España principalmente son cada vez más frecuentes las reflexiones que suscitan la renovación del currículo de ciencias, de tal manera que incluya temáticas que estén inmersas en la FMC.

Además, estos trabajos muestran que la ciencia evoluciona como los humanos, por consiguiente muestran una serie de conceptos de Física que para la actualidad ya son obsoletos, haciendo el símil con los mecanismos de evolución de las especies; y mostrando que los currículos de ciencia en la actualidad redundan en la misma mecánica clásica todo el tiempo, lo que nos lleva a pensar que una organización de los contenidos de forma que se articulen los temas, daría demasiado espacio para introducir la FMC en el nivel medio/polimodal. Esto respondiendo a aquellos docentes que consideran que no hay tiempo para enseñar estas temáticas.

#### *3.2.3.3. Subcategoría: currículo de Física (ver tabla X)*

Los trabajos encontrados sobre el currículo de Física en su gran mayoría apuntan a reflexionar sobre la presencia de las materias de ciencias en el actual sistema educativo, la naturaleza y extensión de los currículos oficiales de ciencias, y los aspectos metodológicos en la enseñanza de las ciencias. Esto es la selección y organización de contenidos para introducir en el currículo de Física no solo teorías modernas y contemporáneas, sino también enseñar estos desde la historia de las ciencias.

#### *3.2.3.4. Subcategoría: propuestas didácticas para un cambio curricular (ver tabla XI)*

Son bastantes las propuestas de enseñanza que proclaman un cambio curricular; es decir, un cambio en cuanto a la mirada que se le da a la ciencia, no es posible enseñar Física de hace cien años, también es necesario enseñar la Física de la actualidad.

#### *3.2.3.5. Subcategoría: revisiones bibliográficas en enseñanza de la FMC (ver tabla XII)*

Estas revisiones bibliográficas que apuntan a reflexionar acerca de lo trabajado acerca de la FMC, no están muy lejos de lo que se ha encontrado en este estado del arte; siguen siendo casi las mismas, desde los mismos países y con el mismo enfoque. Aunque hay que rescatar que cada vez aparecen más investigadores interesados por este tema de investigación, quienes abordan con más auge la caracterización de las perspectivas mecanicistas y fenomenológicas. Siendo el mecanicismo una manera de significar las cosas a través de lo que es la mecánica clásica y el fenomenismo a través de lo que es la FMC.

Tabla II. Subcategoría: formación de maestros en la TER

AUTOR/ AÑO	CONCEPTOS DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Arriasecq & Greca 2004	Espacio-tiempo simultaneidad	<p>Indagar las dificultades con que se han enfrentado los profesores que han abordado en el aula el tema de la TER en el ciclo polimodal, además libros de texto estudiados por ellos y recomendados a sus estudiantes para su enseñanza-aprendizaje.</p> <p>Permitir que los estudiantes tengan la posibilidad de incorporar a su formación científica aspectos de la física moderna y contemporánea que han generado cambios radicales en la ciencia.</p>	Cambio Conceptual	<p>Enfoque de Investigación: cualitativa</p> <p>Metodología implementada: (propuesta de enseñanza)</p>	Los docentes consideran que el aprendizaje de la TER es relevante para el alumno y, por lo tanto, debería incluirse efectivamente en los planes de estudio de Física en el nivel polimodal.	Es necesario en los docentes realizar cursos de actualización y perfeccionamiento en temas como la TER donde pudiera discutir aspectos específicamente conceptuales y, al mismo tiempo, analizar aportes provenientes de investigaciones en la enseñanza del tema que le permitirían hacer un uso más crítico de la bibliografía que habitualmente consulta.	Argentina

**Tabla III. Subcategoría: formación de estudiantes universitarios en la TER.**

AUTORES/ AÑO	CONCEPTOS DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	GRUPO DE ESTUDIO	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Scherr, Shaffer & Vokos 2001	Tiempo Simultaneidad Sistemas de referencia	Ilustrar el razonamiento que hacen los alumnos en el proceso de apropiación de conceptos de la TER.	Cambio Conceptual	800 estudiantes de pregrado de la universidad de Washington	Enfoque de Investigación: Cualitativo  Metodología implementada: Propuesta de enseñanza	Se encontró que los estudiantes a partir una introducción estándar de la TER o un curso universitario avanzado sobre la TER suelen dejar sus creencias erróneas acerca del tiempo de un evento y sobre los marcos de referencia.	Esta investigación ha identificado dificultades generalizadas que tienen los estudiantes con la definición del tiempo de un evento relativo y la función de los observadores inerciales. Después de la instrucción, más de 2/3 de la física de estudiantes de pregrado, es decir estudiantes de otras carreras y 1/3 de los estudiantes de pregrado en física son incapaces de aplicar el constructo de un marco de referencia para determinar si dos eventos son simultáneos.	Estados Unidos

Scherr, Shaffer & Vokos 2002	Tiempo Simultaneidad Sistemas de referencia	Describir y evaluar el desarrollo de materiales didácticos destinados a mejorar la comprensión del estudiante del concepto de tiempo en la relatividad especial, la relatividad de la simultaneidad y el papel de los observadores en sistemas de referencia inerciales.	Cambio Conceptual	350 estudiantes de pregrado de la universidad de Washington
---------------------------------	--	--	----------------------	--



<p><b>Enfoque de Investigación:</b> Cualitativo</p> <p><b>Metodología implementada:</b> Propuesta de enseñanza</p>	<p>El uso de materiales en el aula revela formas de pensar en los estudiantes que no se habían encontrado anteriormente.</p>	<p>Muchos estudiantes que estudian la relatividad especial en el pregrado en el nivel de licenciatura no desarrollan una comprensión funcional. Incluso en cursos avanzados, los estudiantes a menudo no reconocen las implicaciones de la relatividad especial. Al igual que en otros países avanzados, encontramos que muchos estudiantes presentan dificultades con este material podría ser por falta de comprensión de la más básicos, conceptos de la TER.</p>	<p>Estados Unidos</p>
--	--	--	-----------------------

<p><b>Guisasola, Solbes, Barragués, Moreno &amp; Moretin 2007.</b></p>	<p><b>Simultaneidad de sucesos Medida del tiempo</b></p>	<p>Evaluar el aprendizaje logrado por estudiantes de primer grado de ingeniería a partir de la visita guiada a un museo con actividades previas y posteriores</p> <p>Fomentar el interés y la motivación de los estudiantes hacia las ciencias y su aprendizaje.</p>	<p><b>Cambio conceptual (Toledo y Arriasecq, 1997)</b></p>	<p><b>Estudiantes de primer semestre de ingeniería.</b></p>	<p><b>Enfoque de Investigación: Cualitativa</b></p> <p><b>Metodología implementada: Unidad didáctica con: Visita guiada a la exposición “Centenario de la Teoría Especial de la Relatividad 1905-2009” que se desarrolló en el Yutxaespacio de la ciencia de San Sebastián.</b></p>	<p>Los estudiantes no solo expresaron tener mayor conocimiento acerca de la TER, sino también lo demostraron en las pruebas realizadas.</p>	<p>La visita guiada a las exposiciones que hacen referencia a la TER los museos de ciencias puede ser una herramienta de apoyo para su enseñanza y comprensión.</p>	<p><b>España</b></p>
<p><b>Guerra, Reis &amp; Braga 2010</b></p>	<p><b>Espacio Tiempo Simultaneidad</b></p>	<p>Conceder subvenciones a la discusión en torno a la introducción de temas de Física Moderna y Contemporánea en la Escuela Secundaria.</p>	<p><b>Enfoque histórico— filosófico</b></p>	<p><b>Ingenieros Científicos Artistas Matemáticos</b></p>	<p><b>Reflexivo</b></p>		<p>Muchos contenidos de FMC, considerados fundamentales para la enseñanza media, pueden ser utilizados para ejemplificar lo que entendemos por esa visión contextualizada del conocimiento científico. Dentro de ellos se destaca el estudio de la Teoría de la relatividad. (RR).</p>	<p><b>Brasil</b></p>

Tabla IV. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media en la TER. (Propuestas de Investigación).

AUTOR/ AÑO	CONCEPTOS DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL	OBJETIVOS	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	MARCO TEÓRICO	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Alemañ & Pérez 2000	Simultaneidad de sucesos  Dilatación del tiempo  Contracción de la longitud	Mostrar la utilidad del cambio conceptual en la transición desde el pensamiento físico clásico al de la relatividad Einsteiniana desde un marco constructivista.  Esbozar las normas esenciales de la enseñanza por cambio conceptual, teniendo en cuenta los siguientes factores (profesor, estudiantes y clima del aula)	Enfoque de Investigación: cualitativa  Metodología implementada: Propuesta didáctica  Grupo de Estudio: Seis estudiantes de segundo curso de bachillerato	Cambio conceptual  (Hewson, 1981, 1982; Posner et al., 1982; Hewson- Thorley, 1989; Thorley, 1990; Strike-Posner, 1985, 1992)	La costumbre de los estudiantes de visualizar en imágenes muchos de los conceptos que se les presentan les bloquea cuando llegan a un grado de abstracción en el que esto no es posible.  El aprendizaje significativo de los alumnos, conforme se desarrollan intelectualmente y acceden a conocimientos más complejos, parece darse por un proceso de cambio conceptual sucesivo en el que un marco intelectual es subsumido por otra visión del mundo.  El aprendizaje por cambio conceptual ayuda a ensanchar en la mente del estudiante su visión de la ciencia y del universo.	Las dificultades que encuentran los alumnos para asimilar el punto de vista de la teoría de la relatividad se deben generalmente a su falta de hábito en concebir el mundo físico como un entramado espacio-temporal de cuatro dimensiones (distinto al simple espacio tridimensional) con unas propiedades geométricas peculiares.  Los modelos de pensamiento de la física de Newton, cuando son asumidos plenamente por el estudiante, se resisten a su remodelación con el mismo vigor con que se resistían las ideas de la física ingenua del sentido común (llamada por algunos «física aristotélica») a ser Sustituidas por las de Galileo- Newton.	España
Ostermann & Ricci 2002	Contracción de Lorentz	Alertar al hecho de que el sujeto no ha recibido la debida atención de libros que hacen tener graves errores conceptuales.	Enfoque de Investigación: cualitativo  Metodología implementada:		Uno de los tópicos de la teoría de la relatividad restringida más explorados en textos disponibles para la enseñanza media es la del comportamiento de objetos en movimiento relativo, a lo	La consulta que realizaron a los libros de texto para la enseñanza de la física de nivel Medio reveló que aspectos de la relatividad no son tratados en la mayoría de obras.	Brasil

			<p>revisión bibliográfica artículos de revista y tesis</p> <p>Grupo de Estudio: Estudiantes de Educación Media</p>		<p>largo de la dirección del movimiento.</p>		
<p>Pérez &amp; Solbes 2003</p>	<p>Espacio y tiempo</p> <p>Masa</p>	<p>Propiciar la enseñanza-aprendizaje de la relatividad a partir de algunos problemas que surgen en su enseñanza.</p> <p>Cambiar la visión lineal que se tiene sobre la ciencia. A través de la influencia que tiene la relatividad el pensamiento y la cultura de su tiempo.</p>	<p>Enfoque de Investigación: Cualitativa</p> <p>Metodología implementada: Propuesta Didáctica</p> <p>Grupo de Estudio: estudiantes de 4° de eso y 1° de bachillerato</p> <p>Y Profesores</p> <p>Libros de texto</p>	<p>cambio conceptual (Hewson, 1982)</p>	<p>En los libros de texto no se patentizan los propios límites de la relatividad especial, se induce con ello la idea de la ciencia como un conocimiento acabado.</p> <p>En los profesores están presentes expresiones y frases que revelan un desconocimiento profundo de los aspectos más básicos de la teoría; por ejemplo, algunas respuestas indican que no se diferencia la relatividad Einsteiniana de la clásica.</p> <p>En los estudiantes el concepto de tiempo presenta una mayor dificultad de verbalización, lo que se traduce en menores porcentajes de explicaciones suficientemente correctas. Los estudiantes de 4° de ESO y 1° de bachillerato no recogen un abanico amplio de propiedades en la perspectiva clásica.</p>	<p>Los libros de texto utilizados en los niveles inferiores de la secundaria que se han analizado no presentan adecuadamente los conceptos de <i>tiempo</i> y <i>espacio</i>.</p> <p>En la práctica habitual los profesores introducen, de forma acrítica y poco reflexiva los conceptos, desde orientaciones epistemológicas distorsionadas.</p> <p>Los alumnos, como consecuencia de la enseñanza recibida, muestran un aprendizaje escasamente significativo y se consolidan poco las nuevas concepciones en los estudiantes.</p>	<p>España</p>
<p>Ostermann &amp; Ricci 2004</p>	<p>Masa relativista</p> <p>Equivalencia masa-energía</p>	<p>Alertar sobre la introducción errónea de conceptos de la</p>	<p>Enfoque de Investigación: cualitativo</p>		<p>Fue posible constatar, por un lado, que la masa relativista se introduce como un concepto</p>	<p>Hay una cierta displicencia en autores de libros didácticos de enseñanza media.</p>	<p>Brasil</p>

		relatividad restringida en libros didácticos	<p><b>Metodología implementada:</b> revisión bibliográfica artículos de revista y tesis</p> <p><b>Grupo de Estudio:</b> Estudiantes de Educación Media</p>		fundamental de RR, de hecho, es una noción inadecuada y que por lo tanto, no hay que acercarse a ella, y, por otro lado, que a menudo estos libros erróneamente interpretan el significado de la equivalencia masa-energía.		
Klein 2005	Dilatación del tiempo Contracción de la longitud Adición de velocidades	Darle un abordaje a la teoría de la relatividad restringida desde un enfoque histórico- filosófico para promover la inclusión de la misma en el currículo de ciencias.	<p><b>Enfoque de Investigación:</b> mixto</p> <p><b>Metodología implementada:</b> Propuesta Didáctica</p> <p><b>Grupo de Estudio:</b> 31 estudiantes de 4 fase de educación media</p>	Tres momentos pedagógicos de Angotti & Delizoicov (1992)  Resolución de problemas Peduzzi (1998)	Las estrategias utilizadas y los temas tratados en la propuesta didáctica contribuyeron para un cambio favorable significativo en la visión de los estudiantes acerca de la naturaleza de la ciencia y del trabajo científico.	La única forma para que la enseñanza de la ciencia pueda apoyar al estudiante en la búsqueda de un ciudadanía consciente y activa, debe ir más allá de la simple enseñanza-aprendizaje de hechos, leyes y teorías científicas. Es introduciendo en el currículo la historia de la ciencia mediante teorías como la TER.	Brasil
Arriasec & Greca 2006	Espacio y tiempo	<p>Determinar ejes epistemológicos, históricos y didácticos necesarios para introducir la TER en el nivel polimodal de Argentina desde una perspectiva contextualizada.</p> <p>Analizar las dificultades de los alumnos de ese nivel para construir</p>	<p><b>Enfoque de Investigación:</b> Cualitativo</p> <p><b>Metodología implementada:</b> Propuesta Didáctica</p> <p><b>Grupo de Estudio:</b> 18 Estudiantes de la asignatura de Física del tercer año del nivel polimodal de enseñanza</p>	Eje epistemológico: Bachelard Eje psicológico: Campos Conceptuales de Vergnaud	Los resultados obtenidos parecen indicar que los invariantes operatorios que los alumnos utilizan frente a varias situaciones, respecto de las nociones de "espacio", "tiempo", "sistema de referencia", "observador", "simultaneidad", "postulado" y "teoría científica" no son totalmente adecuados para la comprensión de los conceptos correspondientes desde el punto de vista científico, habiéndose podido identificar varios	<p>El progreso intelectual por realizar que permite tomar las decisiones didácticas vinculadas a la identificación de los obstáculos superables y el progreso intelectual correspondiente a la superación de los obstáculos; la elaboración del dispositivo didáctico que debe ser coherente con el progreso intelectual que se pretende lograr.</p> <p>Es comprensible que los</p>	Argentina

		conceptos, científicamente adecuados, en el campo conceptual de la TER			teoremas-en-acto no apropiados que los alumnos estarían utilizando para dar sentido a las situaciones propuestas.	alumnos no hayan construido representaciones adecuadas respecto de los conceptos antes mencionados, dado que en las clases de Física, por diversas razones, no es una práctica habitual realizar un abordaje de los temas combinando aspectos conceptuales, epistemológicos y psicológicos como tampoco es común tomar en consideración los aportes provenientes de la investigación en enseñanza de la Física	
Barbosa 2006	Contracción de la longitud y dilatación del tiempo	Contribuir con diagramas no solo para que los estudiantes mantengan el interés en la física moderna, sino también para que los profesores de Física de educación media tengan una manera de explicar la TER.	Enfoque de Investigación: Cualitativo  Metodología implementada: Propuesta Didáctica  Grupo al que va Dirigido: Estudiantes de básica media		Una de las grandes dificultades encontradas por los profesores de física de enseñanza media cuando van a abordar temáticas de física moderna es la falta fuentes bibliográficas al respecto, sumado a la abstracción que hay que tener para entender dicha temática.	La construcción de instrumentos (diagramas) como los que se muestran en este trabajo pueden ser muy útiles para el profesor de enseñanza media como para el profesor de física básica en cursos de ingeniería que a veces presenta dificultades para hacer algunas abstracciones de la física moderna.	Brasil

<p>Sotomaior, Silva &amp; Coimbra 2006</p>	<p>Tiempo</p>	<p>Abordar temas de la teoría especial de la relatividad a partir de los conceptos previos de los estudiantes</p>	<p><b>Enfoque de Investigación: mixto</b></p> <p><b>Metodología implementada: Propuesta Didáctica</b></p> <p><b>Grupo al que va Dirigido: Primer año de enseñanza media</b></p>	<p><b>Cambio Conceptual</b></p>	<p>En este estudio se percibió que los estudiantes separan el tiempo de su medida, es decir aseguran que el tiempo existe independientemente de ser medido o no.</p>	<p>La enseñanza de tópicos de la teoría especial de la relatividad amplía el perfil conceptual del concepto tiempo y esto es propiciado por su relación con la velocidad y dependencia del sistema de referencia.</p>	<p><b>Brasil</b></p>
<p>Caruso &amp; de Freitas 2009</p>	<p>Espacio, tiempo, simultaneidad, masa y energía</p>	<p>Mostrar que el lenguaje de los cómics puede apoyar el planteamiento de temas extra-curriculares (TR), tomando ventaja de los puentes entre la física y el arte.</p> <p>Dar prioridad a una pedagogía que se ocupe de las relaciones entre la educación, el conocimiento, la sociedad, la integración de los contenidos metodológicos de materias curriculares a través de la producción artística.</p> <p>Contribuir con el</p>	<p><b>Enfoque de Investigación: cualitativo</b></p> <p><b>Metodología implementada: Propuesta de Enseñanza a través de Comics</b></p> <p><b>Grupo de Estudio: Estudiantes de enseñanza media</b></p>	<p><b>Enseñanza no formal en el campo de las ciencias (Caruso, Carvalho y Silveira, 2005)</b></p>		<p>Los comics pueden ser utilizados por el profesor como herramienta de apoyo en sus clases, ya que por su carácter lúdico son capaces de "captar la atención" de los estudiantes, además tienen la ventaja de que con ellas cualquier tema de ciencias puede abordarse en primera instancia sin recurrir a la matematización.</p>	<p><b>Brasil</b></p>

		estudiante para que juegue un papel importante en la difusión del conocimiento, un proceso que comienza en los procesos de enseñanza y culmina con el acto creativo, un proceso que dará una nueva dimensión proceso dialógico de la enseñanza y el aprendizaje.					
Arriasecq & Greca 2012	Espacio-tiempo	<p>Analizar las contribuciones de la historia y epistemología de la ciencia para la introducción de la TER.</p> <p>Contribuir a la incorporación de temas que son relevantes para el programa de ciencias a nivel secundario que a su vez proporciona un marco contextualizado para la educación en ciencia.</p>	<p><b>Enfoque de Investigación:</b> cualitativo</p> <p><b>Metodología implementada:</b> Propuesta de Enseñanza a través de Comics</p> <p><b>Grupo de Estudio:</b> Estudiantes de enseñanza media</p>	<b>Cambio Conceptual</b>	<p>Los resultados del análisis de las actividades seleccionadas para evaluar la propuesta de enseñanza, parecen indicar que, a pesar de las circunstancias eran las más favorables, muchos de los objetivos propuestos se lograron.</p> <p>El número total de estudiantes respondió que las medidas tomadas por dos observadores en movimiento relativo dentro de los sistemas inerciales y en la velocidad relativa son diferentes.</p>	Es muy posible introducir elementos de la TER en la escuela secundaria usando el material diseñado, a pesar de la falta de profesores formados en el tema.	Argentina



**Tabla V. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media (propuestas didácticas)**

AUTOR/ AÑO	CONCEPTOS DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL	OBJETIVOS	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	MARCO TEORICO	ESTRATEGIAS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Alemañ & Pérez 2001	Movimiento Espacio-tiempo Contracción de la longitud Dilatación del tiempo	Elaborar una propuesta didáctica que permita al alumno experimentar un cambio epistemológico, una modificación de sus concepciones sobre el mundo físico, similar al que se produce en la transición desde el pensamiento aristotélico al paradigma científico de Galileo-Newton.	Enfoque de Investigación: Cualitativa  Metodología implementada: Propuesta Didáctica	Cambio Conceptual	Historia de las ciencias	Parece posible construir un proyecto didáctico alternativo en el tema de relatividad fundado en una perspectiva espacio-temporal de dicha teoría, lo que nos acerca mucho más al verdadero contenido de la misma que las unidades didácticas más usuales, pese a las dificultades surgidas al conectar las representaciones visuales y gráficas relativistas con las concepciones personales de los alumnos sobre las propiedades del espacio y el tiempo en el marco de su visión intuitiva del mundo.	España
Kenny 2006	Dilatación del tiempo	Darle un abordaje a la ter desde un gráfico distancia vs tiempo para lograr en los estudiantes una mayor comprensión de la misma	Enfoque de Investigación: Cualitativa  Metodología implementada: Propuesta de Enseñanza  estudiantes de educación media		A través de un gráfico distancia-tiempo		Inglaterra

Tabla VI. Subcategoría: formación de estudiantes de educación media (Trabajos Reflexivos).

AUTORES/ AÑO	OBJETIVOS	ESTRATEGIAS	MARCO TEORICO	PRETENCIONES	GRUPO AL QUE VA DIRIGIDO	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Arriasecq & Greca 2002	<p>Considerar los aspectos destacados que deben estar presentes en los libros de texto para el abordaje de la TER.</p> <p>Realizar un aporte para la incorporación de contenidos más actuales en el currículo de Ciencias en el nivel medio y polimodal, dentro del marco de una postura contextualizada en la enseñanza de la ciencia.</p>	Contextualización histórica de la TER.	Historia de las Ciencias	realizar un aporte para la incorporación de contenidos más actuales en el currículo de Ciencias en el nivel medio y polimodal, dentro del marco de una postura contextualizada en la enseñanza de la ciencia.	estudiantes de educación media	<p>El uso de la historia de la ciencia debería mostrar que el conocimiento actual es el resultado de un largo proceso, en donde la interrelación teoría - práctica es constante y sobre el cual los factores filosóficos, culturales, sociales e incluso estéticos, tienen un peso importante.</p> <p>Consideración:</p> <p>El estudio de casos históricos, como la TER, situándolos en la propia época en la que se generó la teoría evitaría que los estudiantes se formen una imagen distorsionada de la metodología científica, de los científicos como “súper genios”, permitiendo visualizar el modo en que distintas ideas se van perfilando en concepciones más poderosas y se unen para formar entramados conceptuales, como lo son las teorías científicas.</p>	Argentina
Drewes & Palma 2006	Presentar una crítica al concepto de experimento crucial, sobre la base de un análisis histórico de la serie de experimentos interferométricos iniciados por Michelson y Morley (1881-87).	Análisis Histórico	Enfoque CTS.	Hacer una crítica al concepto de experimento crucial		<p>El sustento teórico para el desarrollo de la teoría relativista en su versión restringida habría sido esencialmente la reformulación por Lorentz de la teoría electromagnética de Maxwell, por una parte; y por otra, desde lo empírico-metodológico, el experimento de Fizeau (1851).</p> <p>En relación con las implicaciones educativas de visiones distorsionadas del</p>	Argentina

						rol del experimento (crucial) en el cambio de teorías, para el caso concreto del experimento de Michelson-Morley de 1887, el rol del experimento de Michelson en la génesis de la Teoría Especial de la Relatividad habría sido menor e indirecto.	
Pérez & Solbes 2006	Utilizar la historia de las ciencias para contribuir a que los conocimientos se estructuren en cuerpos coherentes que puedan sustituir de un modo global la imagen que los estudiantes tienen en este campo.	Historia de las ciencias para cambiar la visión cosmológica de la naturaleza de las ciencias.	Cambio conceptual	Un factor relevante de las pretensiones de los autores es mostrar la ciencia como una construcción colectiva humana, huyendo de la visión elitista de la ciencia, que la considera una sucesión de obras debidas a genios soslayando el papel de la colectividad en su progreso.	Estudiantes de ESO(Educación secundaria Obligatoria)	Es útil atender a las aportaciones que puede ofrecer la perspectiva histórica, para la investigación didáctica sobre las ideas de los estudiantes, para favorecer su actitud positiva hacia la ciencia, por cambiar la enseñanza de la ciencia haciéndola más contextualizada en la sociedad y el entorno, más útil y actualizada y mejorar el aprendizaje.  El origen de la teoría de la relatividad se presenta como una ocasión de cambio profundo, de modificación del paradigma físico. Ya que permite profundizar en los límites de validez del conocimiento científico y en el carácter lineal, o no, de la acumulación del conocimiento.	España
De Holanda & Ostermann 2007	Analizar las deformaciones geométricas evidentes tres objetos en movimiento relativista: Una barra recta, un aro circular y una bola.			Abordar una cuestión más bien interesante y poco explorado en los libros de texto, que es el aspecto geométrico de los cuerpos en movimiento relativista con velocidad constante.	Estudiantes de educación superior y media	La visualización de los objetos en movimiento relativista sigue siendo un tema relativamente inexplorado para libros de texto en Brasil, tanto en la escuela secundaria y en el nivel universitario.	Brasil
Guerra & Braga 2010	Conceder subvenciones a la discusión en torno a la introducción de temas de	Fomentar la discusión sobre la enseñanza de la	Enfoque histórico—filosófico	Utilizar los contenidos de la FMC para una	Estudiantes de educación media	Muchos contenidos de FMC, considerados fundamentales para la enseñanza media, pueden ser utilizados para ejemplificar lo	Brasil

	Física Moderna y Contemporánea en la Escuela Secundaria.	TER		visión contextualizada de la ciencia.		que entendemos por esa visión contextualizada del conocimiento científico. Dentro de ellos se destaca el estudio de la Teoría de la relatividad Restringida (TRR).	
--	--	-----	--	---------------------------------------	--	--	--

Tabla VII. Subcategoría: propuestas didácticas.

AUTOR/AÑO	CONCEPTOS DE LA RELATIVIDAD ESPECIAL	OBJETIVOS	TIPOS DE TICS	MARCO TEÓRICO	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Scherr, Shaffer & Vokos 2002	Simultaneidad Sistemas de referencia	Guiar a los estudiantes a través de tutoriales para un verdadero aprendizaje de la TER.	Tutoriales de simultaneidad de eventos y de sistemas de referencia	Cambio conceptual	Enfoque de Investigación: mixto  Metodología implementada: Propuesta Didáctica	Los Eventos y tutoriales marcos de referencia empieza por guiar a los estudiantes a formular procedimientos adecuados para la medición del tiempo de un evento.	La enseñanza de la relatividad especial en el pregrado en el nivel de licenciatura no desarrollan una comprensión funcional. incluso en cursos avanzados, los estudiantes a menudo no reconocen las implicaciones de la relatividad especial. Al igual que en otros países avanzados, encontramos que muchos estudiantes presentan dificultades con este material podría ser por falta de comprensión de la más básicos, conceptos de la TER.	Estados Unidos
Alonso & Soler 2005	Masa Espacio-tiempo: Dilatación del tiempo y contracción de la longitud	Contribuir a a la creación de un nuevo perfil de estudiante de bachillerato de ciencias y	Applets Videos y Páginas web	Enseñanza y aprendizaje por investigación (Gil, 1993; Rodrigo y Cubero, 2000;	Enfoque de Investigación: Cualitativa  Metodología implementada: Propuesta Didáctica		Los autores consideran plenamente justificado impartir la relatividad en el bachillerato. En lugar de suprimirla de los contenidos mínimos. Además argumentan que convendría plantearse si no es más oportuna	España

		aumentar el interés por esta área del conocimiento, y por la Física en particular.		Furió, 2001).			una revisión crítica sobre la forma como se venía impartiendo y aportar soluciones alternativas.	
Alonso & Soler 2006	Espacio-tiempo Masa y Energía	Cambiar la cosmovisión de ciencia lineal y acumulativa que se tiene.  Mostrar la ciencia como una construcción colectiva humana.	Animaciones	Cambio conceptual desde (Posner, 1982)	Enfoque de Investigación: cualitativa  Metodología implementada: Propuesta Didáctica  Profesores de colegios y universidades Estudiantes de segundo de bachillerato	Con la aplicación de esta propuesta se ha logrado un cambio en la visión sobre la ciencia de profesores y alumnos.	Es útil atender a las aportaciones que puede ofrecer la perspectiva histórica, para la investigación didáctica sobre las ideas de los estudiantes, para favorecer su actitud positiva hacia la ciencia, por cambiar la enseñanza de la ciencia haciéndola más contextualizada en la sociedad y el entorno, más útil y actualizada y mejorar el aprendizaje.  Uno de los principales problemas que acarrea la inserción o no en el bachillerato de la teoría de la relatividad corre a cargo del desinterés que muestran los profesores de ciencias frente a esta temática.	España
Sotomaior & Coimbra 2006	tiempo	Utilizar videos para incitar en los estudiantes ideas previas.	Videos	Cambio Conceptual	Enfoque de Investigación: mixto  Metodología implementada: Propuesta Didáctica	En este estudio se percibió que los estudiantes separan el tiempo de su medida, es decir aseguran que el tiempo existe independientemente de ser medido o no.	La enseñanza de tópicos de la teoría especial de la relatividad amplía el perfil conceptual del concepto tiempo y esto es propiciado por su relación con la velocidad y dependencia del sistema de referencia.	Brasil
Pérez & Solbes 2007	Masa Espacio-tiempo: Dilatación del tiempo y	Utilizar las simulaciones como principales	simulaciones	Cambio Conceptual	Enfoque de Investigación: Mixta	Los aspectos más apreciados de la propuesta es que aumenta el interés de	Es posible diseñar una enseñanza de la relatividad en la secundaria mediante programas de actividades diseñados en	España

	contracción de la longitud	herramientas para que los estudiantes comprendan los conceptos referentes a la TER			Metodología implementada: Propuesta Didáctica Estudiantes de 2° de bachillerato	los alumnos y produce una mejora sustancial en la comprensión de los conceptos básicos de espacio y tiempo. Además Permite el desarrollo de un pensamiento más estructurado.	consonancia con un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación.	
--	----------------------------	--	--	--	---	--	--	--

Tabla VIII: Subcategoría: currículo en Colombia.

AUTOR/ AÑO	OBJETIVOS	CONCEPCIÓN DE CURRÍCULO	ESTRATEGIAS	REFERENTE TEÓRICO	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	TIPO DE TRABAJO	PAIS
Aristizabal, 2005	Establecer una relación problemática entre currículo, programas de estudio y contenidos.	Un campo de conocimiento constituido como un espacio que articula problemas de construcción de la ciencia, apropiación del conocimiento y formas de transmisión en las aulas	Pedagogía como factor que recupere el verdadero sentido del currículo.	Los aportes de Ángel Díaz Barriga	En el Departamento de Educación y Pedagogía y en Ciencias Básicas, se presenta una hibridación confusa en torno a lo curricular, no se tiene claro qué es Currículo ni mucho menos sus múltiples acepciones y usos. Además toman el currículo como los planes de estudio que además no	En el Departamento de Educación y Pedagogía y en Ciencias Básicas, se presenta una hibridación confusa en torno a lo curricular, no se tiene claro qué es Currículo ni mucho menos sus múltiples acepciones y usos. Además toman el currículo como los planes de estudio que además no tienen en cuenta el contexto.  Si se recuperara la pedagogía como el campoprivilegiado del saber y el hacer educativo, la figura del maestro sería necesariamente revalorada y situada como actor	Artículo reflexivo	Colombia

					tienen en cuenta el contexto.	social fundamental en la educación. Porque el maestro es el que posee la inteligencia del proceso y de hecho se constituye en el portador y productor del saber.		
Salazar 2009	Evidenciar la necesidad de una renovación en los currículos de física de la educación básica y media.		Historia de las ciencias			Las implicaciones de la mecánica relativista evidencian la necesidad de pensar un currículo en física para la educación básica en donde se introduzcan temáticas de física moderna, pues desde investigaciones como las de Ostermann y Moreira (2000), se puede encontrar que enseñar temas actuales de la física contribuye a que el estudiante construya una visión más adecuada de la ciencia y de la naturaleza del trabajo científico.	Memorias de congreso de investigación en educación en ciencias.	Colombia

Tabla IX. Subcategoría: currículo en otros países.

AUTOR/ AÑO	OBJETIVOS	CONCEPCIÓN DE CURRÍCULO	ESTRATEGIA	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	TIPO DE TRABAJO	PAIS
Herrmann 2000	<p>Buscar rodeos históricos y temas obsoletos y eliminarlos del Currículo.</p> <p>Comparar s el proceso de crecimiento del saber físico con la evolución de los</p>		Construir un currículo de física con base al agrupamiento de temas.		<p>El saber científico refleja su propio desarrollo histórico.</p> <p>La historia de la ciencia es un tema de la enseñanza tan importante como los mismos contenidos físicos</p> <p>Para localizar conceptos obsoletos es preciso una actitud que se podría</p>	Artículo propositivo	Cuba

	sistemas biológicos.				<p>caracterizar como irrespetuosa.</p> <p>El crecimiento del saber científico es similar a la evolución de sistemas biológicos. En ambos tipos de sistemas existen generaciones. El profesor es miembro de una generación. Antes de transmitir el contenido de la Física a los jóvenes miembros de otra generación él mismo lo tiene que aprender. Sin embargo, entre aprender y transmitir, el saber científico padece cambios. Por un lado, el profesor va tener en cuenta nuevos resultados de la investigación científica. Por otro lado, puede ocurrir que introduce errores. Estos cambios se pueden comparar con las mutaciones de la genética.</p> <p>Para localizar conceptos obsoletos es preciso una actitud que se podría caracterizar como irrespetuosa. Efectivamente, es una falta de respeto, pero es falta de respeto hacia convicciones que se desarrollaron por mera costumbre o dejadez.</p>		
Martínez, del Pozo et al 2001	Describir y analizar el pensamiento del futuro profesor de ciencias de educación secundaria en dos ámbitos: uno en relación con aspectos profesionales y otro		<p>Enfoque de Investigación: Cualitativo</p> <p>Metodología implementada: estudio</p>	En cuanto a las licenciaturas específicas o idóneas, éstas no son las únicas que conducen a la docencia en secundaria: Además de los titulados	Es necesario, reflexionar sobre el contenido escolar que el futuro profesor tendrá que enseñar y sobre lo que sus alumnos saben y pueden aprender para poder realizar la transposición didáctica que permita elaborar conocimiento escolar a	Resultados de Investigación.	España



	sobre aspectos curriculares.		<p>descriptivo Con profesores de secundaria en formación</p>	<p>esperados, hay también. Los estudios sociológicos sobre el profesorado parecen poner de manifiesto relaciones entre los contextos socio profesionales, y el pensamiento y la práctica docentes.</p> <p>Diez de cada cien de los aspirantes a profesor tienen el grado de doctor. La licenciatura, tal cual, no parece ser la única formación aportada por quienes aspiran a ser profesores de ciencias de secundaria.</p>	<p>partir del Conocimiento científico y cotidiano.</p> <p>Potenciar el diseño, la puesta en práctica y la evaluación de unidades didácticas. La aceptación por parte de los futuros profesores de la idea de organizar la asignatura en unidades didácticas es un buen punto de partida para integrar los diferentes elementos curriculares.</p>		
Vega & Corral 2006	Realizar un breve recorrido sobre la temática del currículo y sus referentes. La profundización en el fundamento epistemológico permitirá derivar una serie de principios cuya transposición pedagógica resultan importantes para el diseño de una carrera de perfil investigativo.		Pensar en el diseño de una carrera con perfil investigativo.		<p>El diseño de los planes y programas de estudio de las distintas carreras de la educación superior es abordado por académicos de disciplinas específicas, que se enfrentan empíricamente a esta tarea, sin conocer a profundidad los referentes o fuentes teóricas del trabajo que deben hacer.</p> <p>Una comprensión de la ciencia como proceso social permite derivar un conjunto de principios epistemológicos que sirvan de fundamento al diseño curricular en la educación superior.</p>	Trabajo Reflexivo	Brasil

Dos Santos 2011	<p>Reflexionar sobre el campo del currículo, explicando sus relaciones con otras áreas del conocimiento.</p> <p>compartir las reflexiones del autor sobre las interacciones del plan de estudios con las áreas de conocimiento y filiales vinculado a la educación y algunas ideas erróneas que puede ser generadas por una mirada reductiva sobre las contribuciones</p>	<p>Elemento que le da sentido a las prácticas educativas, resultante de un proceso de construcción colectivo, sustentado en las diversas fuentes teóricas subsidiarias y ligadas a la educación. Se podría decir que es un objeto que se crea por interacción de varios campos, a través de varias acciones ejecutadas por varios agentes.(Proceso de construcción social)</p>	Rastreo bibliográfico	<p>Con la investigación y la reflexión, fue posible identificar, reforzar y ampliar los aspectos conceptuales relacionados con el plan de estudios a largo plazo.</p>	<p>La importancia de comprender el plan de estudios como algo que subyace de un proceso de construcción social radica en su propio proceso de construcción. Y en la formación de sujetos activos frente a los procesos sociales y a su propio proceso de constitución como sujeto.</p>	<p>Revisión bibliográfica realizada a autores en diversas áreas, tales como: currículo, filosofía, pedagogía, psicología y sociología.</p>	Brasil
--------------------	---	--	-----------------------	---	--	--	--------

Tabla X. Subcategoría: currículo de Física.

AUTOR/ AÑO	OBJETIVOS	CONCEPCION DE CURRÍCULO	ESTRATEGIAS	Aspectos tratados	CONCLUSIONES Y/OBSERVACIONES	TIPO DE TRABAJO	PAIS
Colombo 2003	<p>Analizar algunas cuestiones en las que la epistemología de la ciencia ha mostrado su utilidad en la enseñanza de las ciencias.</p>	<p>Se entiende por currículum "al relato del conjunto de experiencias vividas por los profesores y alumnos bajo la tutela de la escuela, un relato que incluye mucho más que un listado de contenidos disciplinares organizados en programas didácticos, o un</p>	<p>Incluir la epistemología en la Formación de profesores</p>	<p>El marco teórico de referencia.</p> <p>La selección y organización de contenidos.</p> <p>La integración de los componentes</p>	<p>Las cuestiones analizadas proporcionan valiosos elementos para un trabajo docente crítico y creativo, proporcionando criterios que guíen la planificación de innovaciones y su instrumentación y evaluación.</p>	Reflexivo	Argentina

		repertorio de actividades, para abarcar todos los acontecimientos significativos en el proceso de vivencias compartidas de experiencias culturales es decir, un proyecto educativo en construcción permanente. Pérez Gómez (1993)		cognoscitivos, metodológicos y afectivos de cada contenido.			
Oliva & Acevedo 2005	Reflexionar sobre la presencia de las materias de ciencias en el actual sistema educativo, la naturaleza y extensión de los currículos oficiales de ciencias, y los aspectos metodológicos en la enseñanza de las ciencias.	Contenidos	Replantear papel de las materias de ciencias en el sistema educativo	<p>La presencia de las materias de ciencias en el actual sistema educativo</p> <p>La naturaleza y extensión de los currículos oficiales de ciencias</p> <p>Los aspectos metodológicos en la enseñanza de las ciencias.</p>	<p>En secundaria obligatoria la orientación de los contenidos casi exclusivamente propedéutica, esto es, supuestamente enfocada a la preparación de una minoría de estudiantes para cursar carreras universitarias de ciencia y tecnología. Con ello, se está olvidando que esa no puede ser la principal finalidad de una enseñanza obligatoria, la cual debería estar destinada sobre todo a la educación científica para la ciudadanía.</p> <p>Es imprescindible un replanteamiento global al alza del papel de las materias de ciencias en el sistema educativo. En concreto, proponen revisar y, en el caso de que se considere necesario, otorgar un estatus propio a las Ciencias de la Naturaleza en el tercer ciclo de primaria, con una carga lectiva razonablemente mayor que la que tiene en la actualidad en ese ciclo.</p>	Reflexivo	España
Drewer & Palma 2006	Reflexionar acerca de la desactualización de los enfoques histórico-epistemológicos de los contenidos		Introducir en el currículo de física no solo teorías modernas y contemporáneas, sino también enseñar estos desde	Descontextualización del currículo de Física.		Reflexivo	Argentina

	de ciencia enseñada en el caso argentino.		la historia de las ciencias.				
--	---	--	------------------------------	--	--	--	--

Tabla XI. Subcategoría: propuestas didácticas para un cambio curricular.

AUTOR/ AÑO	CONCEPTOS DE LA FMC UTILIZADOS	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA	PRINCIPALES RESULTADOS	CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES	PAIS
Ostermann & Moreira 2000	superconductividad y partículas elementales	Despertar la curiosidad de los alumnos y ayudarlos a reconocer la física como una empresa humana y, por lo tanto, cercana a ellos. Ya que son los futuros docentes e investigadores en física.	aprendizaje significativo receptivo de Ausubel y Novak (Ausubel, 1963, 1968; Ausubel y Novak, 1983; Novak y Gowin, 1988)	Enfoque de Investigación: Cualitativo  Metodología implementada: estudio descriptivo a partir de una propuesta didáctica  Estudiantes de secundaria  Futuros profesores de física	Todos los futuros docentes han atribuido mucha importancia a la problemática de la actualización curricular en física. En general, consideraron que es necesario repensar el currículo de física en secundaria con el objetivo de incluir tópicos más nuevos en él.	La inclusión de temas nuevos y motivadores en el currículo de física en secundaria no debe implicar un aumento en la extensión de ese currículo. Hay que sacar temas, hay que cambiar objetivos.	Brasil
Sanchez & Valcárcel 2000	Calor Temperatura Fotosíntesis Alteraciones de los ecosistemas El agua El aire	Conocer y analizar las decisiones sobre la selección y secuenciación del contenido de enseñanza de los profesores de	Enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad	Enfoque de Investigación: cualitativo  Metodología implementada:	El elemento clave de la planificación es el contenido disciplinar Cuando realizan la programación anual del curso, los criterios mayoritarios que utilizan los profesores para definir sus unidades de	La selección y secuenciación del contenido de enseñanza es una tarea necesaria en el nuevo rol del profesor como diseñador de unidades didácticas, que es demandado por el carácter abierto de los	España

		<p>educación secundaria.</p> <p>Instruir a los profesores sobre el conocimiento deseable, dar oportunidades a los profesores para que utilicen esa información de manera práctica</p> <p>Valorar la incidencia del conocimiento en la práctica docente de los profesores.</p>		<p><b>Propuesta Didáctica</b></p> <p>27 profesores de educación de educación secundaria</p>	<p>programación son el contenido disciplinar (70%) y el tiempo (81%).</p> <p>Los profesores procuran que las unidades tengan coherencia incluyendo contenidos científicamente relacionados, pero condicionando su extensión por el tiempo disponible para todo el programa. Es frecuente encontrar distribuciones como: bloque temático por trimestre o mes, tema por semana y lección por sesión.</p>	<p>actuales currículos de educación primaria y secundaria.</p>	
Almeida & Tavalaro 2001	Comportamiento dual de la luz Efecto fotoeléctrico	<p>Realizar un proyecto que atienda a las necesidades de que los alumnos tengan un dominio de los principios científicos y tecnológicos inmersos en la física moderna.</p> <p>Mostrar el nacimiento de la mecánica cuántica y su importancia en el cambio de concepción de mundo.</p>		<p><b>Enfoque de Investigación: cualitativo</b></p> <p><b>Metodología implementada: Propuesta Didáctica</b></p>		<p>El trabajo realizado muestra el surgimiento de una nueva forma de ver el mundo, además muestra diferentes versiones de la verdad.</p>	Brasil

Ostermann & Moreira 2001	Partículas elementales superconductoridad	Establecer las implicaciones que tiene la introducción de tópicos de FMC en la escuela media.	Enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad	Enfoque de Investigación: cualitativo  Estudiantes de básica.	<p>Todos los participantes sin excepción, dieron un alto grado de importancia a la cuestión de la actualización del plan de estudios. En general, se considera la necesidad de repensar el plan de estudios de Física en la escuela con el objetivo de introducir temas más actuales.</p> <p>La prueba de acceso (obligatorio para el ingreso a la universidad) fue un Tema mencionado por algunos como un obstáculo para actualizar el plan de estudios de Física. Los dos temas que se enseñaron no están en la lista de contenidos de este examen en nuestro país, esto dificulta su inclusión en las clases de Física en Escuelas Intermedias.</p>	<p>es fundamental preparar adecuadamente a los futuros profesores para esta compleja tarea de innovación curricular si el objetivo es ponerlo en práctica en Escuelas.</p> <p>Es factible implementar temas de Física Moderna y Contemporánea en Escuelas Intermedias. Ya que no encontramos Obstáculos cognitivos y los requisitos previos se superaron.</p>	Brasil
Banet 2007	FMC	Analizar el diagnóstico que realizan una muestra de docentes de enseñanza secundaria en relación con las finalidades educativas sobre las que incide la enseñanza de las	Enfoque CTS	Enfoque de Investigación: cualitativo  Metodología implementada:	El profesorado consultado reconoce que la vinculación de la enseñanza al ámbito conceptual está más dirigido a la memorización que a aprendizajes orientados a comprender e interpretar, de manera adecuada, los fenómenos naturales.	la educación científica debería contribuir a dotar a los estudiantes de cultura básica que les permita tomar decisiones que les afectan a nivel personal, a la vez que intervenir como ciudadanos en procesos y decisiones de trascendencia social (alfabetización científica y tecnológica; ciencia para todas las personas; educación	España

		ciencias en secundaria.				<p>científica humanística; cultura científica y tecnológica; educación en ciencia, tecnología y sociedad...).</p> <p>las reformas curriculares se quedan en meros proyectos, ya que no reciben suficientes apoyos, recursos, materiales para implementarlas. Además, tampoco suele existir un control y seguimiento por parte de quienes tendrían que velar por el desarrollo y el cumplimiento de las orientaciones educativas que se hubieran propuesto.</p> <p>Todas la empresas mantienen actualizados a sus trabajadores, excepto la educativa («la nuestra», dicen), que no les presta la suficiente atención. En particular, no se fomenta ni se incentiva la participación de los docentes en actividades de innovación e investigación; tampoco se establecen tiempos y espacios adecuados para la formación permanente, circunstancia mucho más preocupante si se tiene en cuenta el fracaso educativo que estamos viviendo.</p>	
Da Silva & Assis 2012	Efecto fotoeléctrico	Abordar el efecto fotoeléctrico de una forma	Interacción social	Enfoque de Investigación: Cualitativo		La actividad experimental puede ser un óptimo recurso para las clases de física al despertar	Brasil

		experimental, buscando incentivar al estudiante hacia el aprendizaje de la física moderna, pensando en la necesidad de incluir la FMC en el currículo.		Metodología implementada: Propuesta Didáctica		emociones positivas en los alumnos, tal como la curiosidad y el extrañamiento, que causa la motivación por aprender.	
Zanotello & Fagundes 2012	FMC	Conocer las expectativas de estudiantes y profesores sobre la inclusión de la Física Moderna y Contemporánea en el primer semestre de carreras afines a la física. Además indagar por papel de la FMC en el proceso de integración de los estudiantes de básica a la educación superior.		Enfoque de Investigación: cualitativo  Metodología implementada: Propuesta Didáctica	Los estudiantes y profesores comparten la opinión de que la inclusión de FMC en este contexto, es interesante y su aprendizaje no requiere el estudio de toda la física clásica.	Los cambios curriculares son significativos, pero deben ser sometidos al análisis de los principales protagonistas de los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula y se deben considerar sus colocaciones para una evaluación crítica de los nuevos componentes del plan de estudios.	Brasil



**Tabla XII. Subcategoría: revisiones bibliográficas en enseñanza de la FMC.**

<b>AUTOR/ AÑO</b>	<b>TEMAS DE REVISIÓN</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>FUNDAMENTACIÓN METODOLOGICA</b>	<b>FUENTES DE ESTUDIO</b>	<b>PRINCIPALES RESULTADOS</b>	<b>CONCLUSIONES Y/O OBSERVACIONES</b>	<b>PAIS</b>
<b>Ostermann&amp; Moreira 2000</b>	<b>Física moderna y contemporánea</b>	<b>Mirar el estado de investigaciones referidas a la enseñanza de física moderna y contemporánea en educación media. A través de artículos de revista, libros, tesis, etc.</b>	<b>Revisión bibliográfica</b>	<b>Tesis Artículos de revista Libros didácticos Disertaciones Proyectos Navegaciones en internet</b>	<b>La mayor parte de las publicaciones se centran en la presentación de un tema de la enseñanza de física moderna y contemporánea.</b>	<b>Hay muchas justificaciones a favor de la actualización del currículo, una de ellas es la importancia de enseñar física moderna en la escuela, como una forma de conectar al estudiante con su propia historia.</b>	<b>Brasil</b>
<b>Ostermann&amp; Pereira 2009</b>	<b>Física moderna y contemporánea</b>	<b>Hacer una revisión bibliográfica en revistas sobre enseñanza de las ciencias de Brasil y del extranjero, para mirar el estado de la enseñanza de la física moderna y contemporánea.</b>	<b>Revisión bibliográfica</b>	<b>Artículos sobre enseñanza de las ciencias</b>	<b>52 de los 102 artículos pertenecen a la categoría de consulta para profesores y los otros 50 artículos restantes pertenecen a las otras tres categorías</b>	<b>En lo que a investigaciones para la enseñanza de física moderna y contemporánea se refiere, la mayoría de artículos hacen referencia a bibliografía de consulta.</b>	<b>Brasil</b>

### **3.3. Posibilidades y limitaciones de introducir la TER en la enseñanza media**

Una reflexión acerca de introducir la TER en la enseñanza media que se desprende de los cuarenta y dos trabajos analizados, es que sólo veintiséis se centran específicamente en enseñanza de la TER, de los cuales dieciséis se centran en la formación de estudiantes de educación media/polimodal, bien como propuestas didácticas o como trabajos de corte reflexivo; ambos se refieren a problemas y dificultades sobre este contenido. Es decir, se trata de investigaciones que han abordado las posibilidades y limitaciones de introducir la TER en la enseñanza media/polimodal pero en las que se han hallado resultados relevantes. Muchos se refieren a que han logrado que sus estudiantes cambien la forma de ver la ciencia, lo que demuestra la importancia de introducir la TER. Si miramos las revisiones bibliográficas y artículos contemplados en la categoría currículo, observamos que la mayoría apuntan a introducir tópicos de la FMC buscando los mismos fines. Resulta entonces paradójico que la ciencia evolucione y el currículo se detenga en el tiempo deambulando por los caminos recónditos de la Física clásica, más aun cuando en la actualidad nos podemos apoyar en la TIC para que sea más efectivo el proceso de enseñanza-aprendizaje de los fenómenos comprendidos en la FMC, aunque este tipo de herramientas metodológicas son poco utilizados en las propuestas de enseñanza de la TER. Pues de veinticinco propuestas de enseñanza solo cinco utilizan las TIC, y en su mayoría ejecutadas en España.

La apuesta por un currículo de ciencias contextualizado se basa en nuestra convicción en el estudio de casos históricos de la FMC, como la TER, situándolos como generadores de visiones de ciencia que posibilitan que los estudiantes no se formen una

imagen distorsionada de la metodología científica, permitiendo visualizar el modo en que distintas ideas se van perfilando para formar teorías científicas. Esto, hace posible valorar los aportes de diversos actores sociales en el origen de un pensamiento científico.

Si bien los trabajos que proclaman la inclusión de TER en la enseñanza de las ciencias mencionan constantemente la historia y epistemología de las ciencias, se fundamentan fuertemente en el cambio conceptual para desarrollar sus propuestas de enseñanza. Brasil y España son los países que más le apuestan a la adopción de este enfoque en el diseño de propuestas concretas de aula para la enseñanza-aprendizaje de la TER; pero nos parece importante resaltar que en este tipo de trabajos la historia y epistemología de las ciencias debería tener mayor relevancia de la que se le ha dado, ya que no deben estar aislados de la discusión conceptual. En este sentido se ha evidenciado que los estudiantes que presentan mayores dificultades en el manejo de la TER, son aquellos sometidos a propuestas de enseñanza que no incluyen la historia y epistemología de las ciencias.

Si observamos el objeto de estudio de las investigaciones reseñadas, podemos establecer tres categorías diferentes que se relacionan en función de su frecuencia de aparición y tratamiento.

- Enseñanza de la TER: veintiséis trabajos han tenido como objeto de estudio la enseñanza de la TER en diferentes enfoques(cambio conceptual, resolución de problemas y aprendizaje por investigación); uno puede relacionarse con la formación de profesores, cuatro con la formación de estudiantes universitarios y

veintiuno con la formación de estudiantes de educación media. De este último, cinco son reflexiones y dieciséis son investigaciones.

- Currículo: diecisiete propenden por la necesidad de contextualizar el currículo desde diferentes perspectivas (reflexiones, propuestas de enseñanza y revisiones bibliográficas) con la inclusión de la FMC en las clases de ciencias y al efecto de la misma cuando se incluye en los libros de texto.
- Las TIC: en cinco propuestas de enseñanza de la TER aparecen como herramienta metodológica la TIC (simulaciones, Applets, animaciones, videos, tutoriales).

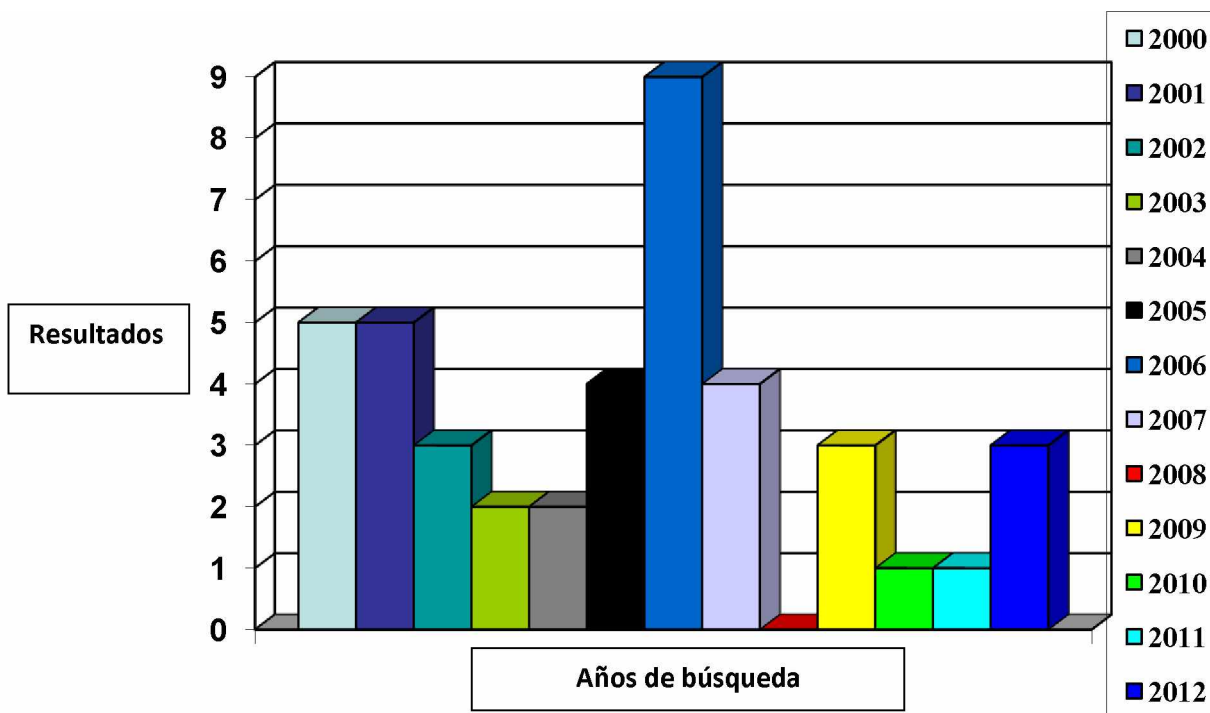
Si centramos la atención en las mayores dificultades o problemas que han mostrado los trabajos revisados en cuanto a la inclusión de la TER en la enseñanza media/polimodal, tanto desde el punto de vista estructural como funcional, podemos dar varias razones:

- Los libros de texto que utilizan los profesores para guiar sus clases no incluyen teorías de la FMC, o si lo hacen son muy mínimos los contenidos, además los presentan con errores conceptuales que afectan el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- La mayoría de los profesores de física aún no están preparados para apropiarse de la enseñanza de la FMC.
- Los contenidos de la FMC como no son evaluados, no se enseñan.
- En la actualidad se le da mayor relevancia a la Física Clásica.

En Colombia se piensa el cambio de currículo como un cambio de programa, se quita y se pone algo. No se tienen en cuenta los fines de la educación, estos quedan sobre el

papel. En este sentido, cabe destacar que desde el surgimiento del desarrollo industrial se dejó de pensar en formación, para hacerlo acerca de la capacitación laboral, con el propósito de insertar a los estudiantes en el mercado laboral.

Haciendo un recuento de los resultados que se han considerado relevantes, se revisaron cuarenta y dos artículos que guardan relación en varios aspectos. Todos directa o indirectamente tienen como finalidad la inclusión de la TER en el currículo. A continuación se muestra un gráfico con el número de trabajos encontrados por año:



Gráfica 1: resultados por año encontrados en la búsqueda realizada para el estado del arte. El año está indicado por color.

En el año donde más trabajos se encontraron fue en el 2006 y en el que se encontraron menos resultados fue el 2008; dos de ellos pertenecientes a la enseñanza de la TER y el otro a currículo.

En total se revisaron 42 artículos de revista, los resultados en cuanto a hallazgos se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla XIII. Número de artículos encontrados por categoría y subcategoría.**

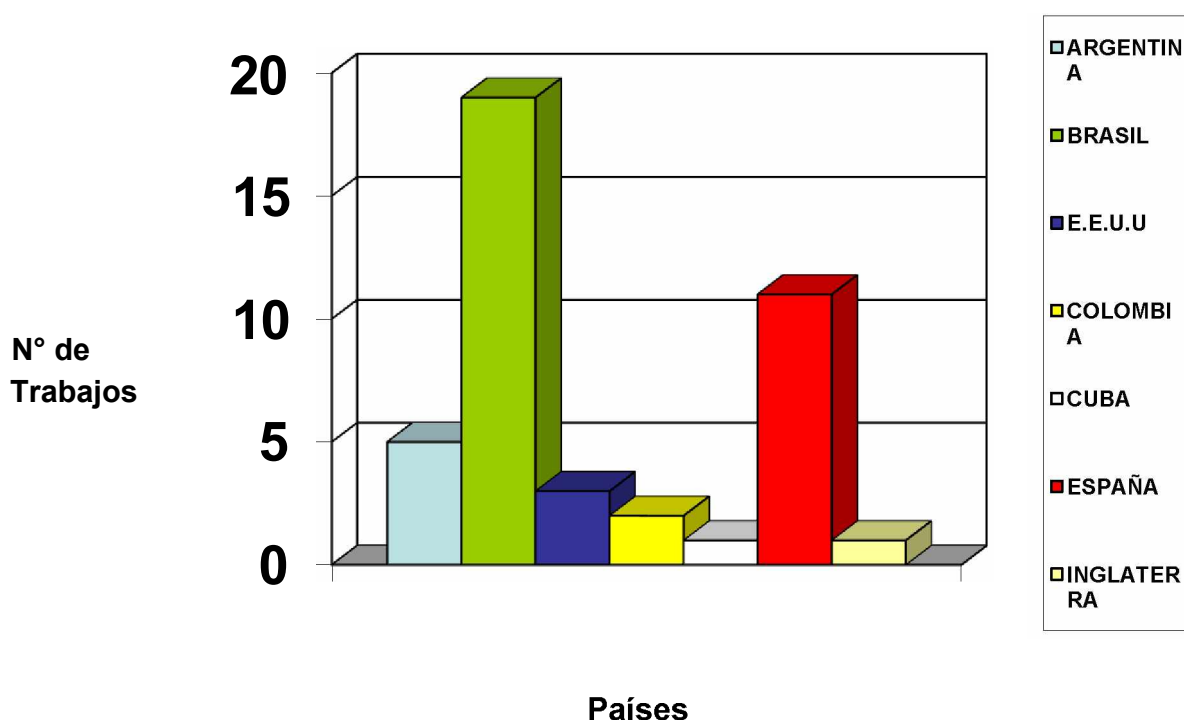
<b>CATEGORÍAS</b>	<b>N°</b>	<b>SUBCATEGORÍAS</b>	<b>N°</b>
<b>1. Enseñanza de la TER.</b>	<b>22</b>	<b>1. 1 Formación de maestros en la TER.</b>	<b>1</b>
		<b>1.2 Formación de estudiantes universitarios en la TER.</b>	<b>4</b>
		<b>1.3 Formación de estudiantes de educación media.</b>	
		<b>1.3.1 Artículos con resultados</b>	<b>10</b>
		<b>1.3.2 Artículos sin Resultados</b>	<b>2</b>
		<b>1.3.3 Artículos Reflexivos</b>	<b>5</b>
<b>2. Uso de las TIC para la enseñanza de la TER.</b>	<b>3</b>	<b>2.1 Propuestas Didácticas.</b>	<b>3</b>
	<b>17</b>	<b>3. 1 currículo en Colombia.</b>	<b>2</b>

<b>3. Renovación del currículo.</b>	<b>3.2 currículo en otros países.</b>	<b>4</b>
	<b>3.3 currículo de Física.</b>	<b>2</b>
	<b>3.4 Propuestas didácticas para un cambio curricular.</b>	<b>7</b>
	<b>3.5 Revisiones bibliográficas en enseñanza de la FMC</b>	<b>2</b>

Tres trabajos se han incluido en dos categorías diferentes por su objeto de análisis, dos ellos se han ubicado en diferentes categorías en la enseñanza de la TER y uno en currículo. Es de destacar que no se encontraron trabajos reflexivos que propendieran por la inclusión de las TIC en la enseñanza de la TER.

En la actualidad investigadores de muchos países reclaman a gritos la inclusión de la FMC en el currículo de Física, la mayoría centran sus propuestas en la TER para mostrar las bondades de la contextualización del currículo. Dentro de este contexto, en que viaja la cosmovisión actual coloca en jaque la diversidad de posturas dentro del pensamiento sobre la ciencia que se enseña; así, los puntos de vista con frecuencia no son totalmente coherentes en todas las dimensiones o aspectos estudiados sobre la ciencia (naturaleza, estatus, producción, cambio, etc.), destacando un punto de vista ecléctico sobre el conocimiento científico.

En este sentido, se muestra a continuación un gráfico en el que se visualiza la cantidad de trabajos que promueven la inclusión de la FMC en el currículo de ciencias, siendo Brasil y España en su respectivo orden los que más se preocupan por sacar a la física del atolladero en el que se encuentra en la actualidad.



Gráfica 2: número de trabajos encontrados por país.

En Colombia solo se encontraron dos trabajos de corte reflexivo sobre el currículo, pero tan solo uno apunta a evidenciar las necesidades de renovar el currículo de Física.

Existen varios aspectos presentes en los debates sobre la FMC actuales, cuya discusión puede ser enriquecedora. Por ejemplo, las reflexiones acerca de los alcances que



tienen los estudiantes al apropiarse de una teoría como la TER, sus contrastaciones empíricas, las aplicaciones de la misma, el rol de la comunidad científica en el desarrollo de una teoría y las influencias de la producción científica en la sociedad.

Las posibilidades de introducir temáticas de FMC en la educación media, específicamente la TER, son muchas, en el sentido en que no es imposible diseñar propuestas de enseñanza sobre estas teorías, más aun cuando esta infinidad de investigadores no solo nos han abonado terreno, sino que nos han mostrado el camino a seguir, a partir de los grandes resultados obtenidos por ellos. Sin embargo, consideramos que hace falta abordar más fuertemente la epistemología en esta clase de trabajos, pues se evidenció fuertemente en ellos la tendencia hacia la epistemología de Bachelard y Kuhn, dejando de lado a epistemólogos como Feyerabend, Toulmin, Lakatos, entre otros; más, cuando esta tiene su propia historia y está construida socialmente. Por consiguiente, hacer ciencia implica establecer un contexto de creación y validación en donde cada teoría se convierte en una construcción de consensos, la importancia de la relación historia - enseñanza está en la postura de nosotros como sujetos y no en el libro de texto. Bajo esta premisa es lamentable escuchar a docentes decir en esta era tecnológica, que no enseñan contenidos de la FMC porque en los libro de texto no aparecen, pudiendo utilizar otras herramientas didácticas como las TIC (simulaciones, animaciones, videos, tutoriales, etc.), elementos que se pueden conseguir con tan solo hacer un clic sin costo alguno.

### **3.3.1. Enseñanza de la TER**

Los conceptos más trabajados en las propuestas didácticas para la enseñanza de la TER son: sistema de referencia, simultaneidad, espacio-tiempo y medición, dado que son los conceptos básicos sobre los cuales se fundamenta la TER. Sin ellos no es posible, por ejemplo, comprender la dilatación del tiempo o la contracción de las longitudes. Este análisis se ve reforzado por diversos trabajos en el área de la enseñanza de las ciencias sobre las concepciones de los estudiantes en el área de la TER, que coinciden en resaltar que muchas de las dificultades que los alumnos presentan con los conceptos relativistas provienen, en su mayoría, de sus conceptualizaciones no apropiadas de otros conceptos como sistema de referencia, observador, simultaneidad, medición, espacio y tiempo; los más relevantes en el ámbito clásico (Villani, 1992; Villani y Arruda, 1998 en Arriasecq y Greca 2002).

El conjunto del saber científico está aumentando, mientras el tiempo del que disponemos para la enseñanza queda sin cambiar (Herrmann, 2000, p. 4). Bajo esta premisa cada vez son más las teorías nuevas y nos quedamos en la Física de hace 100 años.

### **3.3.2. Uso de las TIC para la enseñanza de la TER**

El uso de las de las TIC para la enseñanza de la TER es lamentable en el sentido de que en veinticinco propuestas de enseñanza que se encontraron, tan solo cinco utilizan las TIC en sus propuestas de enseñanza. Sin embargo, son relevantes los resultados conseguidos cuando fueron implementadas.

Teniendo en cuenta lo anterior, consideramos que sería importante para la planificación de propuestas de enseñanza para el abordaje de la TER en el nivel medio/polimodal incluir las TIC como herramientas metodológicas para mediar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

### ***3.3.3. Renovación del currículo***

El currículo actual crea el contexto con la finalidad de canalizar las intenciones que otros tienen para con nosotros, lo cual se enmarca en una situación de poder. Aquí, se trae de nuevo a colación la postura positivista, donde la producción del conocimiento se restringe al seguimiento de un método, ejemplo de esto, la mecánica Newtoniana. Contrario a esta postura se encuentra el movimiento intelectual que cambia la mirada y manera de hacer ciencia, donde el método se resignifica, se plantea de forma distinta, hay intención y preocupación por el conocimiento.

Como pudo observarse, los trabajos de investigación que se ocupan de la TER desde el punto de vista de su enseñanza y aprendizaje son escasos, a pesar que desde las propuestas curriculares se promueve su incorporación en el nivel medio/polimodal.

### **3.4. Algunas conclusiones y alternativas para la introducción de la TER en la educación media**

La ciencia es considerada desde lo que queremos como una tentativa de mundo, desde esta perspectiva la ciencia estudia la interacción del sujeto con lo que lo rodea; es decir, la ciencia está permeada por las intenciones y los intereses de los sujetos, a partir de los cuales le da una interpretación al mundo que lo rodea. Pero para lograrlo es necesario que todos los maestros de ciencias emprendamos una lucha en contra de la caracterización de una perspectiva mecanicista de la ciencia que estudia el objeto como tal y se preocupa solo en la búsqueda de la verdad absoluta.

Desde esta perspectiva mecanicista la ciencia solo estudia la naturaleza misma, donde los fenómenos físicos que observamos a nuestro alrededor son fenómenos que suceden independientes del sujeto, mientras que en la TER dependen del sujeto que los observe.

Sin la introducción de la FMC en el currículo de ciencias el hombre no tiene una interacción significativa con lo que le rodea. Es como si los fenómenos hablaran por sí mismos y no estuvieran permeados por la propia interpretación nuestra. Por consiguiente es fundamental la contextualización del currículo de física, dado que es imposible formar sujetos críticos bajo la égida de una ciencia absoluta. Además es muy necesario ahondar más en la historia y epistemología de las ciencias, ya que es necesario considerar la FMC como producto de la construcción de los sujetos.

Es indispensable elaborar propuestas de enseñanza con otro enfoque distinto al de cambio conceptual, ya que sería interesante confrontar la TER con otros enfoques y de esta manera, estar a la par de la evolución de la ciencia.

En resumen, a pesar de la diversidad de trabajos sobre la enseñanza de la física, predominan los de la mecánica clásica en los cuales frecuentemente se plantean visiones del conocimiento científico como superior, objetivo, neutral y descontextualizado.

## 4. MARCO TEÓRICO

La sustentación teórica de esta investigación tiene sus bases en la epistemología de la ciencia trabajada durante el siglo XX, en la Teoría Psicológica del Aprendizaje Significativo y la Teoría pedagógico-didáctica Aprendizaje Significativo Crítico; por ende, los autores que lo conforman son: Popper (1982), Kuhn (1971), Bachelard (1971, 2000), Toulmin (1979), Lakatos (1987), Feyerabend (1982, 1989), Ausubel (1963) y Moreira (2005).

### 4.0. Bases epistemológicas

#### 4.0.1. *Racionalismo crítico de Karl R. Popper*

El problema generalizado de la demarcación ha ocupado a los filósofos de la ciencia en definir los límites de lo que es ciencia y lo que no es ciencia; Popper ofrece su criterio de demarcación denominado Falsacionismo (racionalismo crítico); éste propone que todas las teorías están conformadas por enunciados básicos y son éstos los que deben ser falsables; es decir, “las leyes de la Naturaleza no son falsables por la observación, pues se necesitan para determinar qué es una observación” (Popper, 1982, p. 76). Son estos enunciados básicos los que deben entrar en conflicto con la experimentación, o con otros enunciados básicos; en otras palabras, “siempre que el sistema «clásico» del momento se vea amenazado por los resultados de nuevos experimentos podrían interpretarse como falsaciones” (Popper, 1982, p. 77). El sistema popperiano rechaza la adopción de hipótesis auxiliares denominadas ad hoc, dichas hipótesis son creadas con el fin de justificar una inconsistencia de la

experimentación con una teoría ya existente, en otros términos, una falta de correspondencia de una tesis con la realidad. Las hipótesis ad hoc serán rechazadas con un fin: no evitar el progreso científico; todo esto es consistente porque para Popper cualquier teoría con leves adaptaciones podría conceder correspondencia a una hipótesis con la realidad. Por otra parte, en lo que se refiere a las hipótesis auxiliares podrán ser aceptadas “únicamente aquellas cuya introducción no disminuya el grado de falsabilidad o contrastabilidad del sistema, sino que, por el contrario, lo aumente” (Popper 1982, p. 79). Entonces, una teoría está formada por un sistema de enunciados básicos, que puede o no, tener dentro de sí hipótesis ad hoc, según sea el caso.

Como él mismo lo expresa y ejemplifica:

**Siempre que se introduzca una nueva hipótesis ha de considerarse que se ha hecho un intento de construir un nuevo sistema, que debería ser juzgado siempre sobre la base de si su adopción significaría un nuevo progreso en nuestro conocimiento del mundo. En esta situación fue únicamente la teoría de la relatividad la que logró un progreso al predecir nuevas consecuencias y nuevos efectos físicos, y abrió con ello nuevas posibilidades de contrastación y de falsación de la teoría. (Popper, 1982, p. 79)**

**Únicamente decimos que una teoría está falsada si hemos aceptado enunciados básicos que la contradigan; dicho de otro modo: aceptamos la falsación solamente si se propone y corrobora una hipótesis empírica de bajo nivel que describa semejante efecto, y podemos denominar a este tipo de hipótesis una hipótesis falsadora. (Popper, 1982, p. 83)**

**Podemos decir que un enunciado básico describe un acontecimiento. En lugar de hablar de enunciados básicos excluidos o prohibidos por una teoría, podemos decir que esta excluye**

**ciertos acontecimientos posibles, y que quedará falsada si tales acontecimientos posibles acontecen realmente. (Popper, 1982, p.84)**

El criterio de demarcación popperiano es lógicamente impecable, y está estructurado de la forma *Modus Tollendo Tollens* (MTT), que es una regla de inferencia que en lógica formal tiene la siguiente forma:

*Si p entonces q. No q. Por lo tanto, no p.*

En lógica proposicional su escritura sería de la siguiente forma:

Esta forma lógica adquiere importancia dentro del criterio de demarcación, porque según Popper una hipótesis no se puede confirmar definitivamente, pero sí se puede “refutar” definitivamente cuando una de sus predicciones o consecuencias no se cumple. O como él mismo lo expresa: a manera de “Conjeturas y refutaciones”.

Dicho tácitamente por Popper (1982):

**Las teorías de la ciencia natural, especialmente lo que llamamos las leyes naturales, tienen la forma lógica de enunciados estrictamente universales; así pues, es posible expresarlos en forma de negaciones de enunciados estrictamente existenciales, o en forma de enunciados de inexistencia. Con esta manera de formularlas vemos que las leyes naturales pueden compararse a “vetos” o “prohibiciones”. No afirman que exista algo, o que se dé un caso determinado, sino que lo niegan. Insisten en que no existen ciertas cosas o situaciones,**

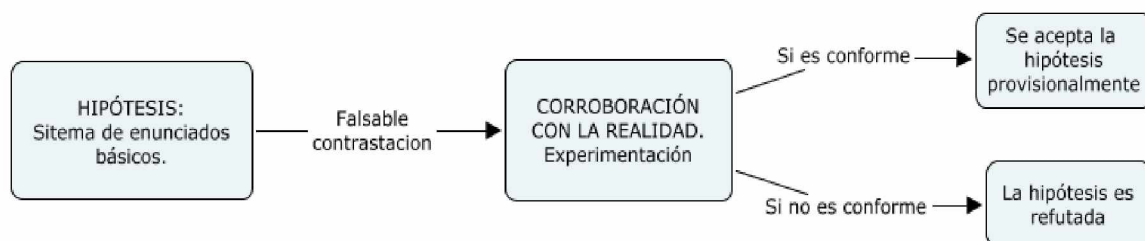


como si las vedaran o prohibieran: las excluyen. Y precisamente por esto es por lo que son falsables: si aceptamos que es verdadero un enunciado singular que infringe la prohibición, por afirmar la existencia de una cosa excluida por la ley, entonces la ley queda refutada. (p. 67)

En resumen, la manera como se construyen las teorías científicas es por medio de enunciados básicos contrastables empíricamente en la “realidad” con posibilidad de falsación (refutación); es decir, dichos enunciados singulares y/o básicos sólo serán adoptados de manera provisional, hasta que algún experimento crucial (o falsador) los refute.

El criterio de demarcación de Popper lo resumiremos en el siguiente esquema:

**Imagen I. Esquema sobre criterio de demarcación de Popper.**



#### ***4.0.2. Revoluciones científicas de Thomas Kuhn***

Como hemos dicho anteriormente el problema de demarcación (qué es ciencia y qué no) es el que ha ocupado a los filósofos de la ciencia del siglo XX; en esta perspectiva, si se quiere hablar de ciencia en términos Kuhnianos es preciso hablar en términos historicistas de conceptos tales como: ciencia normal, paradigmas, anomalías, revoluciones científicas e inconmensurabilidad, por nombrar los más representativos.

Para Kuhn la ciencia avanza por medio de revoluciones. Pero la ciencia no se encuentra en dichas revoluciones constantemente, es a esto que Kuhn denomina: periodos de ciencia normal; es decir, el momento en que la ciencia se encuentra bajo los parámetros de desarrollo de una teoría ya establecida, o como él mismo lo dice: “es la investigación basada firmemente en una o más realizaciones científicas pasadas, realizaciones que alguna comunidad científica particular reconoce, durante cierto tiempo, como fundamento para su práctica posterior” (Kuhn, 1971, p. 33). Son estos periodos de ciencia normal los que permiten ver y entender en toda su dimensión la noción de paradigma, ya que cuando los científicos trabajan fuertemente en una teoría establecida, pueden develar las bondades y falencias de la misma; es decir, “al menos, los resultados obtenidos mediante la investigación normal son importantes, debido a que contribuyen a aumentar el alcance y la precisión con la que puede aplicarse un paradigma” (Kuhn, 1971, p. 68). De esta manera es como la noción de paradigma se hace explícita, a saber: un modelo de pensamiento que rige la cultura científica (en este caso) durante un tiempo determinado; es decir, los periodos de ciencia normal no son más que la fiel acogida y adopción de un paradigma vigente.

De la misma manera, el concepto de anomalía viene supeditado a la carga teórica del científico; es decir, solo es posible detectar una anomalía tomando como punto de referencia el paradigma adoptado en determinado momento de ciencia normal, o también, “la anomalía sólo resalta contra el fondo proporcionado por el paradigma. Cuanto más preciso sea un paradigma y mayor sea su alcance, tanto más sensible será como indicador de la anomalía, por consiguiente, de una ocasión para el cambio del paradigma” (Kuhn, 1971, p. 111). Es así, como la anomalía convierte los periodos de ciencia normal en periodos de crisis; ya que la anomalía no es más que la incapacidad de determinado paradigma para dar respuesta a fenómenos que una teoría reconstruye; por ende, los periodos de crisis provocan cambios de paradigma, y un cambio de paradigma sólo puede promoverse con la adopción de un nuevo paradigma, lo que conlleva a la posible estructuración de una nueva teoría.

Como el mismo Kuhn (1971) lo expresa:

**Una teoría científica se declara inválida sólo cuando se dispone de un candidato alternativo para que ocupe su lugar. Ningún proceso descubierto hasta ahora por el estudio histórico del desarrollo científico se parece en nada al estereotipo metodológico de la demostración de falsedad, por medio de la comparación directa con la naturaleza. Esta observación no significa que los científicos no rechacen las teorías científicas o que la experiencia y la experimentación no sean esenciales en el proceso en que lo hacen. Significa que el acto de juicio que conduce a los científicos a rechazar una teoría aceptada previamente, se basa siempre en más de una comparación de dicha teoría con el mundo. La decisión de rechazar**

**un paradigma es siempre, simultáneamente, la decisión de aceptar otro, y el juicio que conduce a esa decisión involucra la comparación de ambos paradigmas con la naturaleza y la comparación entre ellos. Además, existe una segunda razón para poner en duda que los científicos rechacen paradigmas debido a que se enfrentan a anomalías o a ejemplos en contrario. (p.p.128 -129)**

Además, según Kuhn, rechazar un paradigma sin que se adopte uno nuevo es rechazar la ciencia misma y esto solo depende del hombre, o como él mismo lo dice: “el carpintero que culpa a sus herramientas”.

Entonces, son las anomalías las que provocan cambios de paradigmas, y son éstos los que incitan las revoluciones científicas; estas revoluciones no tienen un carácter acumulativo ya que es necesaria la creación de teorías completamente nuevas que puedan satisfacer la necesidad de compatibilidad entre dicha teoría y la posible realidad.

En palabras de Kuhn (1971):

**Las revoluciones científicas se consideran aquí como aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es remplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible. Sin embargo, hay mucho más que decir al respecto y podemos presentar una parte de ello mediante una pregunta más. ¿Por qué debe llamarse revolución a un cambio de paradigma? Frente a las diferencias tan grandes y esenciales entre el desarrollo político y el científico, ¿qué paralelismo puede justificar la metáfora que**

**encuentra revoluciones en ambos? Uno de los aspectos del paralelismo debe ser ya evidente. (p. 149)**

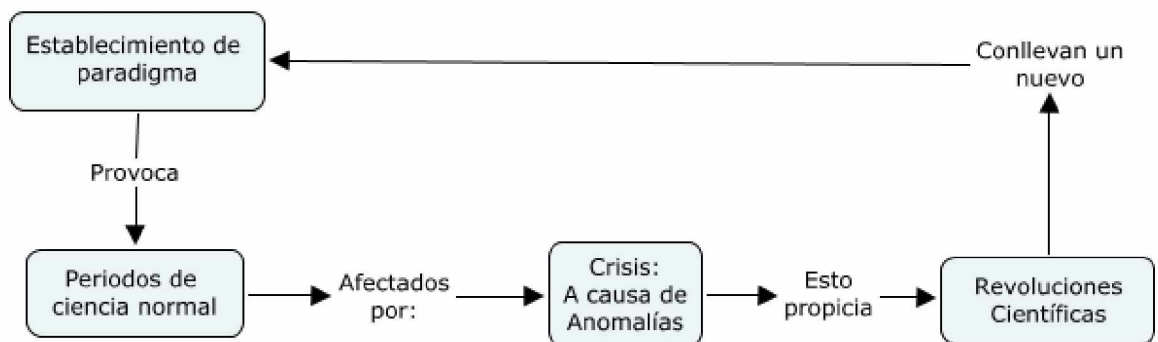
Otro de los conceptos que es menester desarrollar es el de inconmensurabilidad, éste viene dado por la relación que puede establecerse de un paradigma a otro; es decir, de una teoría a otra. Como se afirma en el párrafo anterior cuando un paradigma es remplazado por otro, éstos son completamente incompatibles; esto, genera lo que Kuhn denomina inconmensurabilidad entre teorías y/o paradigmas. Un ejemplo de ello es la teoría especial de la relatividad y la mecánica Newtoniana; en otras palabras, la mecánica clásica y el relativismo. Aunque muchos de los conceptos presentes en ambas teorías puedan contener el mismo nombre, sus significados semánticos son completamente diferentes; para Newton por ejemplo, la masa se conserva y a diferencia de esto, para Einstein la masa adquiere las posibilidades de convertirse en energía, lo que conlleva a la relativización de dicho término. Los conceptos de espacio y tiempo también se vuelven difusos de una teoría a otra; para Newton estos conceptos son absolutos e inmutables, mientras que para Einstein dependen de observaciones y de sistemas inerciales; es decir, son relativos y cambiantes; dichas diferencias (nombrando solo algunas, claro está) es lo que promueve la inconmensurabilidad de ambas teorías, aunque éstas se preocupen por la explicación del mismo fenómeno.

En consecuencia, Kuhn rechaza los distintos elementos que articulan una visión acumulativa y gradual de la ciencia, con lo cual logra construir una visión revolucionaria acerca del desarrollo científico, marcando un hito en la historia de la ciencia. A manera de

conclusión, las crisis son de una importancia crucial en la historia de las ciencias, ya que incuban las revoluciones científicas que se materializan en la formulación de nuevos paradigmas. Estos logran imponerse sobre sus competidores por un proceso de reconstrucción que nunca debe equipararse a un proceso de acumulación, basado en la articulación o ampliación del anterior paradigma. Asimismo el progreso de la ciencia normal no es impulsado por la búsqueda de novedades teóricas ni experimentales, ni por el deseo de ser útil, sino por la atracción que ejerce el reto de solucionar un "enigma" que hasta determinado momento nadie ha logrado develar.

El criterio de demarcación de Kuhn lo resumiremos en el siguiente esquema:

**Imagen II. Esquema sobre criterio de demarcación de Kuhn.**



#### **4.0.3. Filosofía del “No” de Gastón Bachelard**

En consonancia con lo anterior, trataremos de develar los criterios propios de Bachelard para definir lo que es ciencia y cómo se logra acceder a ésta; para esto es preciso hablar de términos como: empirismo, racionalismo, obstáculo epistemológico y su relación dialéctica.

Bachelard considera que un obstáculo epistemológico es todo pensamiento, idea, representación y/o aprendizaje que impida llegar a la formación de un espíritu científico. En primera instancia plantea la experiencia básica como primer y principal obstáculo epistemológico; es decir, el conocimiento cotidiano se convierte en un obstáculo para la formación del espíritu científico; es allí, donde el sujeto se encuentra en una etapa “pre-científica” que debe trascender o superar para lograr avanzar en la búsqueda del conocimiento científico.

El mismo Bachelard (2000) lo expresa:

**Frente a lo real, lo que cree saberse claramente ofusca lo que debiera saberse. Cuando se presenta ante la cultura científica, el espíritu jamás es joven; hasta es muy viejo, pues tiene la edad de sus prejuicios. Tener acceso a la ciencia es rejuvenecer espiritualmente, es aceptar una mutación brusca que ha de contradecir a un pasado. (p. 16)**

**Llega un momento en el que el espíritu prefiere lo que confirma su saber a lo que lo contradice, en el que prefiere las respuestas a las preguntas. Entonces el espíritu conservativo domina, y el crecimiento espiritual se detiene. (p. 17)**

Es así, como el sujeto se encuentra sumergido en un espíritu pre-científico, donde su experiencia con la “realidad” direcciona sus creencias, ideas y conceptos; por ende, estos conceptos creados por la percepción, por los sentidos, se convierten en el primer obstáculo epistemológico que debe trascender; es decir, “la experiencia básica o, para hablar con mayor exactitud, la observación básica es siempre un primer obstáculo para la cultura científica” (Bachelard, 2000, p. 22).

Al sustentar esta idea Bachelard se enfrenta directamente al positivismo, o para ser más precisos al empirismo, ya que niega que la experiencia directa pueda ser dadora de conocimiento; todo lo contrario, afirma que ésta imposibilita la consecución del conocimiento científico; es decir, “entre la observación y la experimentación no hay continuidad sino ruptura” (Bachelard, 2000, p. 22); de esta manera es preciso rechazar el empirismo para que el espíritu científico continúe su avance porque “ya no será la cosa lo que podrá instruirnos directamente, como proclama la fe empírica” (Bachelard, 1971, p. 15); por ende, se hace menester abandonar dicho empirismo inmediato, a saber: dicho conocimiento cotidiano.



Al decir que el conocimiento se adquiere por medio de la superación de obstáculos epistemológicos, Bachelard advierte que la formación del espíritu científico viene dada de manera evolutiva y transitoria; asimismo, como el sujeto pasa por un empirismo, ocurre lo mismo con el racionalismo, éste, puede formar visiones distorsionadas y/o erradas sobre lo que determinado fenómeno puede mostrar; es decir, “una ciencia que afecta las imágenes es, más que cualquier otra, víctima de las metáforas. Por eso el espíritu científico debe incesantemente luchar en contra de las imágenes, de las analogías, de las metáforas” (Bachelard, 2000, p. 45).

De esta manera, se puede entender que para Bachelard la formación del espíritu científico debe estar mediada en una relación equilibrada y constante entre empirismo y racionalismo; asimismo, debe pasar transversalmente por estas doctrinas (empirismo y racionalismo), la dialéctica, que es en última instancia la que dota de significado a cualquier relación experimental y teórica, ya que “en una misma época, bajo una misma palabra, hay conceptos muy diferentes” (Bachelard, 2000, p. 20). Pero, ¿por qué deben estar en relación? Para saciar nuestro principio de cuestionamiento retomaremos las palabras de Bachelard:

**¿Qué ocurre cuando la experiencia desmiente la teoría? Puede creerse que no es más que una experiencia fallida. Tal fue el caso de Michelson, quien retomó tan a menudo la experiencia que, según él debía mostrar la movilidad del Éter. Pero finalmente cuando el fracaso de Michelson se tornó innegable, la ciencia debió modificar sus principios fundamentales. Así nació la ciencia relativista. (Bachelard, 2000, p. 59)**

La noción dialéctica toma relevancia al dar significado a los tránsitos del espíritu científico, porque para éste “todo fenómeno es un momento del pensamiento teórico, un estadio en el pensamiento discursivo, el resultado preparado. Es más producido que inducido” (Bachelard, 2000, p. 121); entonces, los tránsitos del espíritu científico que son: realismo ingenuo, empirismo, racionalismo clásico, racionalismo completo y racionalismo dialéctico, ilustran lo que es la formación del espíritu científico.

Asimismo, la noción de objetividad es abandonada, ya que un objeto es “un pretexto para pensar, no un mundo a explorar” (Bachelard, 1971, p. 15); es decir, se abandona la posición que reclama que es posible encontrar a través de los sentidos un mundo “real”, una realidad que no depende de los sujetos, sino, que está dada por la naturaleza misma, una realidad ontológica fuera del sujeto.

Bachelard lo define en los siguientes términos:

**Actualmente los objetos están representados por metáforas, su organización aparenta realidad. Dicho de otro modo, lo que actualmente es hipotético, es nuestro fenómeno ya que nuestro contacto inmediato con la realidad sólo es un dato confuso, provisional, convencional, y este contacto fenomenológico reclama inventario y clasificación.**  
(Bachelard, 1971, p. 16)

Este pensamiento rompe claramente con la cosmología mecanicista imperante hasta el siglo XIX, heredada de la Física clásica, e inserta al sujeto en una cosmología

completamente fenomenológica, donde lo importante es la relación del sujeto con la realidad (suponiendo que fuera posible que existiera) y no la realidad per sé; es decir, “el solo hecho del carácter indirecto de las determinaciones de la realidad científica nos sitúa en un nuevo reino epistemológico” (Bachelard, 1971, p. 17); dicho cambio es susceptible de interpretarse en la Física, cuando se objeta la mecánica clásica y se es acogida la Física relativista.

El mismo Bachelard (1971) lo plantea:

**Las ciencias Físicas en el desarrollo contemporáneo, pueden caracterizarse epistemológicamente como campos del pensamiento que rompen claramente con el conocimiento vulgar. Se opone a la constatación de esta profunda discontinuidad epistemológica la “educación científica” que se cree suficiente para la “cultura general” y solo se plantea la Física muerta. (p. 16)**

**La mecánica clásica, la mecánica “muerta”, era todavía una mecánica indispensable para el estudio de las mecánicas contemporáneas (relativista, cuántica, ondulatoria). Pero los rudimentos ya no bastan para determinar los caracteres filosóficos de la ciencia. (p. 17)**

Es así como el espíritu científico abandona la cosmología mecanicista y se inserta en las regiones inhóspitas de la cosmología fenomenológica, a saber: “En una fenomenología de primera mano, las perspectivas están afectadas por un subjetivismo implícito que deberíamos precisar si pudiéramos trabajar algún día en la ciencia del sujeto

preocupado por cultivar los fenómenos subjetivos, determinando una fenomenología de la Psicología” (Bachelard, 1971, p. 32).

En conclusión, la misma epistemología científica ha cambiado; es decir, “la filosofía científica debe ser esencialmente una pedagogía científica. Así pues, a nueva ciencia, nueva pedagogía” (Bachelard, 1971, p. 25). Lo que implica que la nueva ciencia tenga que ser tratada epistemológicamente de manera distinta, donde el sujeto se encuentre en una relación constante con la consecución del conocimiento y de los fenómenos que lo rodean; es decir, donde el sujeto no se desprenda de los hechos, sino que éste se vea como un actor constante de los mismos.

Refiriéndose a la Física relativista:

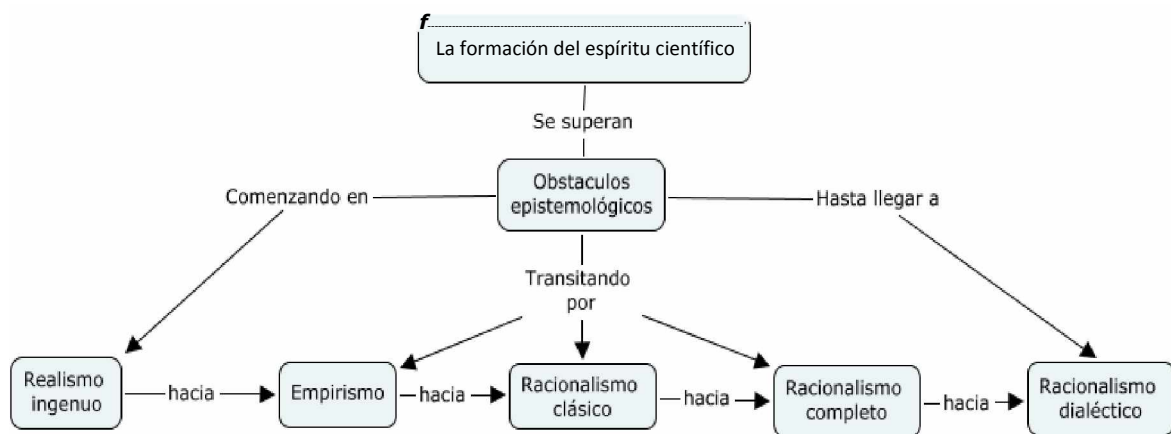
**La relatividad es algo más que la renovación definitiva del modo de pensar el fenómeno Físico, es un método de descubrimiento progresivo. La relatividad se ha construido como un sistema de relación abierto. Violentando costumbres del pensamiento. (Bachelard, 1971, pp. 35 - 36)**

**El relativista nos obliga a incorporar nuestra experiencia en nuestra conceptualización. Nos recuerda que nuestra conceptualización es una experiencia. Efectivamente es erróneo querer ver en lo real la razón determinante de la objetividad, cuando en realidad sólo se puede aportar la prueba de una objetivación correcta. (Bachelard, 1971, p. 38 - 39)**

Con esto último, el autor afirma que la objetividad de la ciencia propia del positivismo no es una postura que pueda sustentarse apropiadamente, que solo se puede tener un acceso limitado a lo que comúnmente denominamos “realidad”, ejemplificando la Teoría de la Relatividad como sustento para este argumento. Lo que indica que la “realidad” no se puede conocer, solo se puede interpretar, dotando así al sujeto conocedor, como constructor de realidad; es decir, como constructor de conocimiento, como constructor de ciencia; “es mejor no hablar de una objetivación de lo real, sino de la objetivación de un pensamiento en busca de lo real” (Bachelard, 1971, p. 39). Por ende, donde se deben buscar las inconsistencias no es en la teoría y en su consonancia con la realidad, sino, en la teoría y en su consonancia con el valor lógico de las pruebas que se tienen en la organización de nuestro propio pensamiento.

La respuesta al problema generalizado de la demarcación que propone Bachelard lo resumiremos en el siguiente esquema:

**Imagen III. Esquema sobre criterio de demarcación de Bachelard.**



#### ***4.0.4. Evolucionismo conceptual de Stephen Toulmin***

Siguiendo la misma línea de los anteriores epistemólogos, Toulmin tiene una mirada muy peculiar de entender cómo evoluciona la ciencia y cómo evoluciona nuestro propio pensamiento, ya que una va de la mano de la otra; es decir, el hombre conoce y es consciente que conoce. Toulmin plantea edificar una teoría de la comprensión humana, donde se pueda explicar cómo el sujeto comprende lo que lo rodea y explica esto mismo; además, cómo las disciplinas científicas cumplen una función en el proceso de conocer y que éstas (las disciplinas científicas), no pueden separarse de los procesos históricos y sociales en los cuales se han desarrollado.

Toulmin afirma que todo conocimiento científico debe estar dispuesto a cambios, pero que estos cambios no se pueden dar de manera instantánea o radical, todo lo contrario, estos cambios deben estar dados de manera gradual y evolutiva; además, dichos cambios evolutivos están estrechamente ligados al contexto y las necesidades de cada época o tiempo.

Para Toulmin es de vital importancia hablar de los conceptos y de la manera como se da el cambio de éstos. Toulmin dice que de manera análoga a como evolucionan las especies en la teoría Darwiniana de la selección natural, asimismo, evolucionan y cambian

los conceptos. Es decir, de la misma manera como las especies y sus poblaciones sufren procesos de especiación, los conceptos y las poblaciones de conceptos (que en este caso serían las disciplinas) sufren procesos de especiación, dando lugar a nuevos conceptos, pero teniendo en cuenta que dicha especiación al igual que en la teoría Darwiniana depende de factores alopátricos; es decir, contextuales y de factores parapátricos, es decir que dependen del flujo de información que contengan los conceptos mismos (insistiendo en la analogía con la teoría Darwiniana).

Toulmin además afirma que la forma lógica como se estructura la matemática no tiene nada que ver con la logicidad con que se fundamenta la ciencia; es decir, la matemática se fundamenta en una lógica formal porque está cimentada en axiomas, pero la ciencia debe fundamentarse en lógica no formal porque está basada en hipótesis y/o argumentos que deben ser coherentes entre sí, además de consensuarse entre los diversos profesionales que conforman las empresas racionales; es decir, las disciplinas científicas.

El concepto es entonces la materia prima fundamental para la comprensión humana. Además, las posturas filosóficas que primen en determinada época serán fundamentales para entender la estructura semántica que tiene cada contexto dentro de sí; en otras palabras, un mismo concepto puede representar semánticamente pensamientos distintos.

Para Toulmin la argumentación cumple un papel fundamental en la consecución del conocimiento en cada sujeto; es decir, cuando el sujeto comprende es porque tiene un buen

uso y dominio del lenguaje, por eso el conocimiento no se puede ver de una manera proposicional como pretende la lógica formal, sino, de una forma ecológica, donde la importancia yace es en cómo el sujeto es capaz de relacionarse con el lenguaje y de esta manera modificar su postura intelectual de manera gradual y evolutiva, mostrando una flexibilidad intelectual que le permitirá comprender las dinámicas de cualquier tipo de disciplina científica.

Asimismo, Toulmin introduce un término denominado “enculturamiento” que tiene que ver con la formación científica que tiene cada sujeto hacia determinada disciplina científica; en otras palabras, con la manera flexible que posee cada sujeto para acercarse y aprender lo que otros sujetos hayan realizado en determinada disciplina. Otro concepto que introduce es el de ecología intelectual, este se refiere al conjunto de factores y cuestiones cambiantes que dan identidad a determinada disciplina; o sea, “Las cuestiones referentes a la imparcialidad y al juicio racional deben ser formuladas en términos ecológicos y contextuales” (Toulmin, 1979, p. 30).

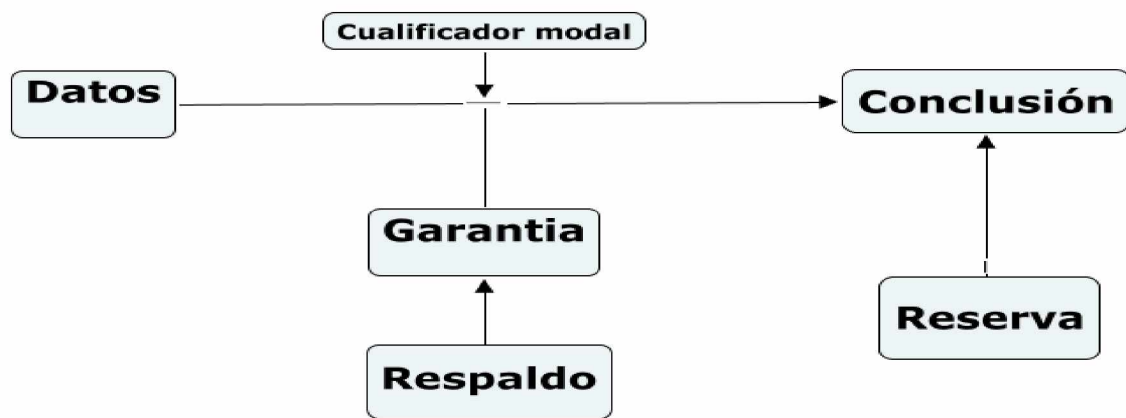
Por último, Toulmin entiende la ciencia como una empresa racional que contiene poblaciones conceptuales (disciplinas) y poblaciones profesionales (científicos), donde las profesionales propenden por el desarrollo evolutivo de las conceptuales. Como el mismo Toulmin lo expresa: “Las innovaciones conceptuales del físico individual (por ejemplo) son juzgadas en relación a las ideas comunes que comparte con el resto de sus colegas; y piensa



creadoramente cuando da su contribución para la mejora de esta “física colectiva” (Toulmin, 1979, p. 50).

A continuación se muestra el esquema de argumentación propuesto por Toulmin:

**Imagen IV. Esquema sobre la argumentación propuesto por Toulmin.**



En resumen, el esquema funciona de la siguiente manera: a partir de una evidencia (datos) se formula una proposición (conclusión). Una garantía conecta los datos con la aserción y se ofrecen sus bases teóricas, prácticas o experimentales: el respaldo. Los cualificadores modales indican el modo como se interpreta la aserción como verdadera, contingente o factible. Por último, se consideran sus posibles reservas u objeciones.

#### **4.0.5. Programas de investigación científica de Imre Lakatos**

Los programas de investigación de Lakatos toman prestados elementos propios del inductivismo, del convencionalismo y del Falsacionismo, aunque con ciertas adaptaciones. Pero comenzaremos aduciendo cómo funciona su teoría.

Para éste, “los más grandes descubrimientos científicos son programas de investigación que pueden evaluarse en términos de problemáticas progresivas y estancadas” (Lakatos, 1987, p. 25). Es decir, un programa progresivo es aquel que está arrojando nuevos datos y nuevas interpretaciones que sirven para la revolución de un conocimiento específico, y un programa de investigación estancado es aquel donde la teoría no es consecuente con la contrastación empírica. Entonces “si un programa de investigación explica de modo progresivo más que otro rival, el primero remplazará al segundo y el programa rival puede eliminarse” (Lakatos, 1987, p. 28). De esta manera es como progresa el conocimiento científico, por la eliminación o la aceptación de un programa u otro, adoptando el que constituya un mejor acercamiento a la posible realidad, ya que se busca consecuencia entre lo teórico y lo experimental.

Las teorías según Lakatos están compuestas por un núcleo fuerte, éste no debe ser refutado y los científicos deben valerse de hipótesis *ad hoc* para mejorar los aspectos problemáticos de cada teoría, conservando así los aspectos coherentes en contrastación

experimental y haciendo que las teorías se sustenten de una mejor manera. Esto es lo que Lakatos denomina comúnmente heurística negativa, heurística positiva y cinturón protector.

Como él mismo lo expresa:

**La heurística negativa del programa impide que apliquemos el Modus Tollens a este núcleo firme. Por el contrario, debemos utilizar nuestra inteligencia para incorporar e inclusive inventar hipótesis auxiliares que formen un cinturón protector en torno del centro, y contra ellas dirigir el Modus Tollens. El cinturón protector de hipótesis auxiliares debe recibir los impactos de las contrastaciones y para defender el núcleo firme, será ajustado y reajustado e inclusive sustituido. Un programa de investigación tiene éxito si conduce a un cambio progresivo de problemática; fracasa si conduce a un cambio regresivo. (Lakatos, 1987, p. 66)**

La heurística positiva, busca al contrario que el Falsacionismo popperiano, verificar o constatar la teoría por medio de contrastaciones empíricas, tratando así que el programa siga en progresión, ya que “dentro de un programa de investigación una teoría solo puede eliminarse por otra teoría mejor; es decir, por una teoría que exceda en contenido empírico a sus predecesoras” (Lakatos, 1987, p. 29). Asimismo las teorías no pueden falsarse por un solo experimento como lo afirma Popper; es decir, “experimento crucial es un título honorífico, que, por supuesto, puede conferirse a ciertas anomalías, pero solo mucho después del evento, sólo cuando un programa ha sido rechazado por otro” (Lakatos, 1989, p. 35).

En cuanto al cinturón protector, éste está constituido por todas aquellas hipótesis ad hoc o hipótesis auxiliares que ayudan y sustentan las posibles inconsistencias del núcleo fuerte con la corroboración experimental. Ya que para Lakatos no es necesario abandonar completamente una teoría, dado que ésta puede mostrar inconsistencias que tal vez más adelante puedan ser utilizadas por otro tipo de hipótesis auxiliares.

Ahora, se mostrará el principal problema de los programas de investigación científica:

**El principal problema epistemológico de los programas de investigación científica. Representa como para el Falsacionismo popperiano, una versión muy radical del convencionalismo y es necesario proponer un principio inductivo extra-metodológico para describir con cierta verosimilitud la táctica científica de aceptación y rechazos pragmáticos. Sólo un principio inductivo de este tipo puede transformar la ciencia de mero juego en un ejercicio epistemológicamente racional; de ser un conjunto de tácticas brillantes y escépticas, utilizadas por diversión intelectual en una aventura falible -más seria- de aproximación a la verdad del universo. (Lakatos, 1987, p. 30 - 31)**

De esta manera es como funcionan los programas de investigación científica, aportando así, una nueva reconstrucción metodológica de la manera como funciona la ciencia y su racionalidad, dejando claro que no puede haber una racionalidad científica única y general.

A continuación presentamos un esquema que condensa los elementos que conforman la reconstrucción racional de ciencia que hace Lakatos:

**Imagen V. Esquema sobre criterio de demarcación de Lakatos.**



#### **4.0.6. *Contra-inducción de Paul Feyerabend***

El anarquismo epistemológico de Feyerabend muestra las ciencias como lo que son y han debido ser siempre: “las ciencias, después de todo, son nuestra propia creación,

incluidos los severos standards<sup>1</sup> que parecen imponernos”(Feyerabend, 1989, p. 120). Estas ciencias construidas por sujetos son para él, una empresa cuya tradición ideológica es el racionalismo; pero, en este caso, el racionalismo es igual a todas las tradiciones (irracionalidad -arte-, dogmatismo -religión-, etc.), más no el criterio al cual deban ajustarse las demás. Esta propuesta (el anarquismo epistemológico) dota las ciencias de incertidumbre, relativismo y subjetividad (o más bien de intersubjetividades) otorgándole su lugar al sujeto ávido de conocimiento; a saber: “La subjetividad se advierte tan pronto como los participantes se dan cuenta de que tradiciones diferentes dan lugar a juicios diferentes” (Feyerabend, 1982, p. 26).

En el anarquismo epistemológico las ciencias son tomadas igual que otras tradiciones ideológicas, ya que su principal principio es el todo vale; todo esto porque “no hay una sola regla, por plausible que sea, ni por firmemente basada en la epistemología que venga, que no sea infringida en una ocasión o en otra”, (Feyerabend, 1989, p. 14). Lo que indica que todas las tradiciones ideológicas y epistemológicas se convierten en opciones que tienen los sujetos para estructurar su propio conocimiento, más no, en una condición necesaria para poder acceder al mismo.

En Tratado Contra el Método (TCM) se sustenta lo anterior:

**Una elección presupone alternativas entre las que elegir; presupone una sociedad que contiene e incita a opiniones diferentes y modos antagónicos de pensamiento, así como la**

<sup>1</sup>Feyerabend considera las teorías *standards*, puesto que su fin es la normalización de los sujetos.

**experimentación de varias maneras de vivir, de modo que los distintos modos de vida sea prueba no en la imaginación sino en la práctica. John Stuart Mills (citado por Feyerabend, 1989, p. 24)**

Todo esto, conlleva a “despreciar” tanto el inductivismo como las diversas reconstrucciones racionales hechas por los epistemólogos del siglo XX, ya que “la idea de que la experiencia pueda constituir una base para nuestro conocimiento se desecha inmediatamente haciendo notar que debe haber una discusión para mostrar cómo tiene que interpretarse la experiencia” (Feyerabend, 1989, p. 24).

En definitiva, todo el proceso de construcción de conocimiento científico viene dado de manera disparatada e insensata, no puede ser definida la forma como se estructuran teorías dado que el científico debe hacer uso de su imaginación, de sus presentimientos, de su “irracionalidad” para poder guiar y hacer surgir nuevas teorías; ya que “existe siempre la posibilidad de que nuevas formas de pensamiento distribuyan las materias de un modo diferente y conduzcan a una transformación incluso de las impresiones más inmediatas que recibimos del mundo”(Feyerabend, 1989, p. 26). Todo esto, es lo que Feyerabend denomina Contra-inducción; además, critica las hipótesis *ad hoc* aduciendo que “las aproximaciones de este tipo ocultan, o incluso eliminan completamente las dificultades cualitativas. Crean una falsa impresión acerca de las excelencias de nuestra ciencia” (Feyerabend, 1989, p. 44).

<sup>2</sup>Véase el sustento epistemológico antes mencionado.

Por otra parte, si solo se aceptaran las teorías que son coherentes con la experimentación no se tendría conocimiento alguno, ya que ninguna teoría es consistente con los fenómenos en sí, “de acuerdo con los presentes resultados, ninguna teoría es consistente con los hechos. El requisito de admitir solo aquellas teorías [...] nos deja sin ninguna teoría”<sup>o</sup> (Feyerabend, 1989, p. 46). Asimismo, no es posible hablar de objetividad, dado que “la impresión sensorial, por simple que sea, contiene siempre una componente que expresa la relación del sujeto que percibe y que no tiene correlato objetivo” (Feyerabend, 1989, p. 47).

Refiriéndose a la cosmología mecanicista:

**Un juicio de las teorías por los hechos directamente y sin necesaria cualificación está sujeto a eliminar ideas simplemente porque no ajusten en el entramado de alguna vieja cosmología [.] dar por garantizados los resultados y observaciones experimentales y dejar a la teoría el peso de la demostración significa dar por garantizada la ideología observacional sin haberla ni siquiera examinado. (Feyerabend, 1989, p 48)**

**Puede uno aprender cuán fácilmente puede resultar engañado por las simples apariencias, o digamos por las impresiones de los propios sentidos. Se trata de la apariencia que aquellos que van de noche por una calle tienen de ser seguidos por la luna, con pasos iguales a los suyos, cuando la ven deslizarse por los aleros de los tejados [...] una apariencia que si la**

<sup>3</sup>Feyerabend (1989, p. 46): Repito, sin ninguna teoría, porque no hay ni una sola teoría que no esté en una u otra contradicción.



razón no interviniera no haría nada más que engañar a los sentidos. (Feyerabend, 1989, p 51)

Pero si los sentidos engañan constantemente, ¿cómo es posible construir conocimiento? La experiencia y todas las teorías solo pueden ser simples interpretaciones, ideas que cada sujeto tiene respecto a cada cosa (o fenómeno); en otros términos, pura y llana *Metaphysica*. En *Tratado Contra el Método* se responde esa pregunta: “deberíamos confiar en nuestra intuición sólo si se ha llegado a ella como resultado de muchos intentos de usar nuestra imaginación; de muchos errores, de muchas contrastaciones, de muchas dudas y de crítica penetrante” (Feyerabend, 1989, p. 103). Es de esta manera que se puede hacer de la ciencia “una atractiva y condescendiente cortesana que intente anticiparse a cada deseo de su amante” (Feyerabend, 1989, p. 122).

A continuación se muestra una tabla con el resumen de las visiones epistemológicas abordadas y sus principales aportes:

**Tabla XIV. Resumen de las visiones epistemológicas abordadas.**

<b>Epistemólogos</b>	<b>Filosofía</b>	<b>Teorías</b>	<b>Principios</b>	<b>Criterio de demarcación</b>
<b>Popper</b>	<b>Realismo y racionalismo crítico</b>	<b>Son intentos, conjeturas, especulaciones creadas por el</b>	<b>Enunciados básicos son falsables, la observación depende de la teoría</b>	<b>Falsacionismo</b>

		<b>hombre</b>		
<b>Kuhn</b>	<b>Racionalismo historiográfico</b>	<b>Son compromisos paradigmáticos</b>	<b>Ciencia normal, crisis por anomalías, cambio de paradigma</b>	<b>Revoluciones Científicas</b>
<b>Bachelard</b>	<b>Racionalismo Dialéctico</b>	<b>Son prospectivas que aumentan, al avanzar el pensamiento científico</b>	<b>Obstáculo epistemológico, obstáculo pedagógico</b>	<b>La Filosofía del "No"</b>
<b>Toulmin</b>	<b>Ecología conceptual</b>	<b>Evolucionan como los conceptos</b>	<b>Enculturación, racionalidad no es igual a logicidad</b>	<b>Evolucionismo conceptual</b>
<b>Lakatos</b>	<b>Falsacionismo metodológico</b>	<b>Solo las más aptas sobreviven, son series.</b>	<b>Núcleo firme, cinturón protector, heurística positiva y negativa.</b>	<b>Programas de investigación científica</b>
<b>Feyerabend</b>	<b>Irracionalidad, anarquismo y pluralismo</b>	<b>Compiten entre sí, pero no siempre pueden ser comparadas</b>	<b>Inconmensurabilidad, Todo vale</b>	<b>Contra-inducción.</b>

#### ***4.0.7. Contribución de las bases epistemológicas en la presente investigación***

Muchas inquietudes pueden surgir en relación con la intención de tener todas las perspectivas epistemológicas enunciadas anteriormente, y tal vez argumentarán que no es posible, ya que todas las posturas son distintas y posiblemente dista una de otra. Para dar respuesta a este interrogante (que con cierta frecuencia fue planteado en el transcurso de esta investigación) utilizaremos dos argumentos; primero retomaremos las palabras de Mellado y Carracedo (1993):

**En nuestro caso consideramos la filosofía de la ciencia como un elemento esencial para el análisis y fundamentación de las disciplinas científicas. Además la filosofía de la ciencia puede ayudar a los profesores a explicitar sus puntos de vista sobre la construcción del conocimiento científico. (p. 332)**

Lo que se quiere expresar es que la diversidad de referentes muestra tácitamente las diferentes formas, criterios y/o posturas (todas plausibles) que puede adoptar un profesor al momento de encontrarse con un conocimiento y comenzar la construcción de éste en una relación de enseñanza-aprendizaje con otro sujeto; es decir, cualquiera sea el criterio del profesor (racionalismo crítico, filosofía del “no”, entre otros), es de suma importancia que éste (el profesor) comprenda hacia qué postura es afín su pensamiento y pueda considerar dicha postura al momento de construir determinado conocimiento con sus estudiantes. Todo esto, porque nos parece plausible pensar que, la visión de ciencia que tiene el profesor, subyace al modelo pedagógico que éste implementa en el aula de clase. Para ejemplificar y mostrar de manera clara, tomaremos como ejemplo un profesor cuya concepción de la naturaleza de la ciencia concuerde y/o sea afín con la mirada Toulminiana (evolucionismo conceptual), la pregunta es: ¿qué se puede esperar de dicho profesor? Tal vez, sea un maestro que enfoque y dé prioridad a la construcción de los conceptos, donde sus aprendices construyan conceptos por medio de argumentos y aprecien la ciencia como un sinfín de aducciones construidas por la sana curiosidad y necesidad del hombre por entender el mundo que lo rodea, mundo que es construido esencialmente desde el lenguaje.

El segundo argumento que utilizamos es la mirada Feyerabendiana que nos dice: “no hay una sola regla, por plausible que sea, ni por firmemente basada en la epistemología que venga, que no sea infringida en una ocasión o en otra”, (Op. Cit., 1989, p. 14). Lo que claramente evidencia que todas las reconstrucciones racionales (en términos de Lakatos) realizadas por los diferentes epistemólogos antes mencionados son meritorias, pero pueden ser violadas en cualquier ocasión, tanto para la construcción de la ciencia, como para la construcción del conocimiento científico en el estudiantado. Es de suma importancia entender en este sentido el *todo vale* de Feyerabend, ya que siguiendo este principio podemos considerar que cualquiera de las concepciones sobre la naturaleza de la ciencia<sup>4</sup> que tengan los profesores es válida en términos de que los criterios de demarcación son simples aproximaciones y/o reflexiones filosóficas del cómo se construye el conocimiento científico, ya que no es posible establecer un criterio absoluto que indique cómo se construye dicho conocimiento, tanto en la ciencia como en la escuela; por ende, los científicos solo pueden mostrar modelos conceptuales o tentativas de realidad (en términos de Feyerabend: trazos de realidad) y de la misma manera, los profesores solo podemos mostrar determinados modelos propuestos por algunos científicos, es decir, determinadas tentativas de mundo.

<sup>4</sup>Véase las bases epistemológicas antes mencionadas.

#### **4.1. Bases pedagógico-didácticas**

El aprendizaje significativo ha sido una teoría bastante trabajada desde los años 60's con sus comienzos en David Ausubel (1963), pasando por autores como Pozo (1989), Novak y Gowin (1998), Caballero (2003), Rodríguez Palmero (2004) -por nombrar algunos de los más representativos-, hasta la que consideramos es la evolución más acertada y consecuente de dicha teoría, a saber: el Aprendizaje Significativo Crítico (o Subversivo) de Moreira (2005).

##### ***4.1.1. ¿Qué es el aprendizaje significativo?***

Para Ausubel (1963) “el aprendizaje significativo es un proceso a través del cual una misma información se relaciona, de manera no arbitraria y sustantiva (no literal), con un aspecto relevante de la estructura cognitiva del individuo. Es decir, en este proceso la nueva información interacciona con una estructura de conocimiento específica que Ausubel llama “concepto subsumidor” (o subsunor)” o, simplemente, “subsumidor”, existente en la estructura cognitiva de quien aprende”. Rodríguez Palmero (2004) comparte esa postura anexando que “esa interacción con la estructura cognitiva no se produce considerándola como un todo, sino con aspectos relevantes presentes en la misma”. Por otro lado, Moreira (2003) afirma que “es preciso entender que el aprendizaje es significativo cuando nuevos conocimientos (conceptos, ideas, proposiciones, modelos, fórmulas), pasan a significar algo para el aprendiz, cuando él o ella es capaz de explicar situaciones con sus propias palabras, cuando es capaz de resolver problemas nuevos, en fin, cuando comprende”. De esta manera

empezamos a ver como el aprendizaje significativo se empieza a convertir en un concepto per sé, propio no sólo de la psicología cognitiva, sino que además, perteneciente a la pedagogía implementada en el aula.

#### ***4.1.2. ¿Qué es el aprendizaje significativo crítico?***

El aprendizaje significativo crítico “es aquella perspectiva que permite al alumno formar parte de la cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella” (Moreira, 2005, p. 88). Es entonces a través de este aprendizaje donde el sujeto podrá ser parte de su cultura, pero no ser subyugado por ella. El único fin de este aprendizaje es que el sujeto pueda entender, representar, resolver situaciones propias de su vida y adoptar una postura crítica frente a todos los escenarios que se presente.

#### ***4.1.3. ¿Qué es un subsumidor?***

Para Ausubel el “subsumidor” es un concepto, una idea, una proposición ya existente en la estructura cognitiva capaz de servir de “anclaje” para la nueva información de modo que ésta adquiera, de esta manera, significados para el individuo. Se puede decir entonces que el aprendizaje significativo se produce cuando una nueva información “se ancla” en conceptos relevantes (subsumidores) preexistentes en la estructura cognitiva.

La idea de subsumidor para Rodríguez Palmero (2004), representa la presencia de ideas, conceptos o proposiciones inclusivas, claras y disponibles en la mente del aprendiz; es decir, es lo que dota de significado a ese nuevo contenido, mientras que para Moreira (2003), el concepto subsumidor se caracteriza la interacción entre los nuevos conocimientos y aquellos específicamente relevantes ya existentes en la estructura cognitiva del sujeto que aprende. A fin de cuentas lo que tratan de decir los autores de manera convergente es que el aprendiz solo puede aprender con relación a lo que ya sabe, es decir, su nuevo conocimiento dependerá totalmente de sus ideas previas, como lo denomina Ausubel y por ende, todo este conocimiento estará permeado por la experiencia del aprendiz, por la única razón de tomar la experiencia como dadora de la primera estructura de conocimiento.

Siguiendo con la misma idea, el aprendizaje significativo se caracteriza por una interacción (no una simple asociación) entre aspectos específicos y relevantes de la estructura cognitiva y las nuevas informaciones, a través de la cual éstas adquieren significados y se integran en la estructura cognitiva de manera no arbitraria y no literal, contribuyendo a la diferenciación, elaboración y estabilidad de los subsumidores existentes y, en consecuencia, de la propia estructura cognitiva Ausubel (1976). Entonces para que haya un aprendizaje significativo no solo es necesario el subsumidor, sino, saber entender el papel que juega éste con relación a lo que se pretende enseñar o aprender.

#### ***4.1.4. ¿De dónde vienen los subsumidores?***

La respuesta es que la adquisición de significados para signos o símbolos de conceptos ocurre de manera gradual e idiosincrática, en cada individuo. Los primeros subsumidores se adquieren por formación de conceptos, creando, así, condiciones para la asimilación de conceptos, que pasa a predominar en niños más grandes y en adultos (Ausubel 1976). De la misma manera, Moreira (2003) afirma que los significados iniciales vienen dados por la adquisición misma del lenguaje; parafraseando sus palabras: “en virtud de las cruciales contribuciones que tanto el poder representacional de los símbolos como los aspectos refinadores de la verbalización aportan a la conceptualización, el lenguaje, evidentemente, determina así como refleja las operaciones mentales”. De este modo, la experiencia cotidiana que es donde se adquiere el lenguaje, se convierte en el primer referente de la procedencia de los subsumidores o ideas de anclaje.

#### ***4.1.5. ¿Qué hacer cuando no existen subsumidores?***

Una respuesta plausible es que según Novak (1977), el aprendizaje mecánico es siempre necesario cuando un individuo adquiere nuevas informaciones en un área de conocimiento que le es completamente nueva. Ausubel, por otro lado, propone el uso de organizadores previos que sirvan de anclaje para el nuevo conocimiento y lleven al desarrollo de conceptos subsumidores que faciliten el aprendizaje subsecuente. Los organizadores previos son materiales introductorios, presentados antes del propio material que va a ser aprendido, pero en un nivel más alto de abstracción, generalidad e inclusión



que ese material. Estos organizadores previos deben estar pensados solo en función del conocimiento próximo, pero una de las inconsistencias encontradas en esta idea, es que si los organizadores previos son los que sirven de anclaje, ¿Cuál será el anclaje de los mismos organizadores previos?

No obstante, para varios, el aspecto más conocido de la teoría de Ausubel, el uso de organizadores previos es escasamente una estrategia propuesta por él para, deliberadamente, manipular la estructura cognitiva con el fin de facilitar el aprendizaje significativo. Según el propio Ausubel (1976, p. 171), “la principal función del organizador previo es la de servir de puente entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que precisa saber para que pueda aprender significativamente la tarea frente a la que se encuentra”. O sea, los organizadores previos sirven para facilitar el aprendizaje en la medida en que funcionan como “puentes cognitivos”. En el caso del material relativamente no familiar, un organizador “expositivo” se usa para proveer subsumidores relevantes aproximados.

#### ***4.1.6. Condiciones para que ocurra aprendizaje significativo***

En el caso de Ausubel una de las condiciones para que se dé el aprendizaje significativo es que el material que va a ser aprendido sea relacionable (o incorporable) a la estructura cognitiva del aprendiz, de manera no arbitraria y no literal. Un material con esa característica es potencialmente significativo. Asimismo la condición de que el material sea potencialmente significativo supone dos factores principales, o dos condiciones

subyacentes: la naturaleza del material, en sí, y la naturaleza de la estructura cognitiva del aprendiz. En cuanto a la naturaleza del material, debe ser “lógicamente significativo” o tener “significado lógico”, ser suficientemente no arbitrario y no aleatorio, en sí, de modo que pueda relacionarse, de forma sustantiva y no arbitraria, con ideas relevantes con las que se corresponda, que se sitúen dentro del dominio de la capacidad humana de aprender. El significado lógico inherente a ciertos tipos de materiales simbólicos, en virtud de la propia naturaleza de esos materiales. El significado psicológico, a su vez, es una experiencia enteramente idiosincrática. Se refiere a la relación sustantiva y no arbitraria de material lógicamente significativo con la estructura cognitiva del aprendiz individualmente. Obviamente, aunque el significado psicológico sea siempre idiosincrático, esto no excluye la existencia de significados sociales o significados que sean compartidos por diferentes individuos.

Moreira (2005) advierte también que otras condiciones necesarias para que un aprendizaje significativo ocurra es la inserción de mapas conceptuales, ya que estos buscan reflejar la estructura conceptual de cierto conocimiento, de la misma manera, los diagramas V también los considera como materiales potencialmente significativos, dado que son herramientas heurísticas que sirven para el análisis de la estructura del proceso de producción de conocimiento.

***4.1.7. Moreira (2005) presenta nueve principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico:***

El primero es el de la interacción social y del cuestionamiento. Enseñar/aprender preguntas en lugar de respuestas. En este principio el autor hace alusión a la importancia de la interacción social en el proceso de enseñanza aprendizaje y al papel que tienen las preguntas como movilizados de un aprendizaje realmente crítico. El segundo principio es la no centralización en los libros de texto. Del uso de documentos, artículos y materiales educativos. De la diversidad de materiales educativos. Moreira en este principio trata de mostrar la importancia de la diversidad de los materiales para incentivar el alumno a la consecución del conocimiento y que éste vea que no todo el conocimiento emana solo del libro de texto guía. El tercer principio y/o condición es el aprendiz como perceptor/receptor. En esta condición se mira el alumno no solo como un receptor de conocimiento, sino además, como un interpretador de dicho conocimiento y de la misma manera un representador del mismo.

El cuarto principio es el conocimiento como lenguaje. En este punto se toma el lenguaje como posibilitador de la consecución de conocimiento, es decir, “cada lenguaje, tanto en términos de su léxico como de su estructura, representa una manera singular de percibir la realidad” (Moreira 2005). El quinto principio es la conciencia semántica. Este principio se basa en varias concientizaciones, tomaremos las dos más importantes. La primera es “tomar conciencia que el significado esta en las personas no en las palabras, la segunda es que las palabras no son aquello a lo que ostensiblemente se refieren, es decir,

siempre que digamos que una cosa es, no es. La palabra significa la cosa, representa la cosa, no es la cosa”. El sexto principio se denomina el aprendizaje por error. Es preciso no pensar que esta condición se refiere a ensayo y error, va mucho más allá de esto, dado que lo que se tiene en cuenta es que el ser humano constantemente está errando pero es algo inherente a su naturaleza, debido a esto, se puede mostrar cómo todo el conocimiento es una construcción del hombre y por ende está totalmente permeado por estos errores y la modificación de los mismos.

El séptimo principio es el desaprendizaje. Este principio recoge prácticamente todos los planteados por Ausubel, ya que trata como el nuevo conocimiento interacciona con el antiguo; es decir, como ese nuevo conocimiento se va anclado a él -al antiguo- y cómo es que en esa interacción el significado lógico de los materiales educativos, se transforma en el significado psicológico del aprendiz. El octavo es el principio de incertidumbre del conocimiento; éste se encuentra totalmente relacionado con los del lenguaje -tratados anteriormente- ya que aquí, el aprendiz debe saber que todo tipo de conocimiento es una invención humana y que simplemente utilizamos herramientas para poder acercarnos a este tipo de interpretaciones. Por último, el noveno principio se denomina: la no utilización de la pizarra, de la participación activa del alumno, y de la diversidad de estrategias de enseñanza. Este principio es complementario con el segundo, ya que al igual que el libro de texto, la pizarra es una herramienta propia de la enseñanza tradicional y por ende, simboliza para el aprendiz, la transmisión del conocimiento por parte del docente y su pasiva recepción. Todos estos principios, son condiciones necesarias planteadas por Moreira para que pueda haber un aprendizaje significativo crítico.

#### ***4.1.8. Tipos de aprendizaje significativo***

Normalmente desde la teoría de Ausubel son: representacional, de conceptos y proposicional.

Ausubel dice que el aprendizaje representacional es el más básico de los aprendizajes significativos, del que dependen los demás. Supone la atribución de significados a determinados símbolos (típicamente palabras); es decir, la identificación, en significado, de símbolos que pasan a significar, para el individuo, aquello que sus referentes significan.

El aprendizaje de conceptos es, en cierta forma, un aprendizaje representacional, pues los conceptos son, también, representados por símbolos particulares, pero son genéricos o categóricos dado que representan abstracciones de los atributos criterios (esenciales) de los referentes; es decir, representan regularidades en objetos o eventos. Ausubel (1978, p. 86) define conceptos como “objetos, eventos, situaciones o propiedades que poseen atributos criterios comunes y se designan, en una cultura dada, por algún signo o símbolo aceptado”. Como ya se ha dicho en la sección referente al origen de los subsumidores, los conceptos son adquiridos a través de dos procesos: formación y asimilación.

En el aprendizaje proposicional, en contraposición al representacional, la tarea no es aprender significativamente lo que representan palabras aisladas o combinadas, sino aprender el significado de las ideas en forma de proposición. De un modo general, las palabras combinadas en una oración para construir una proposición representan conceptos. La tarea, sin embargo, no es aprender el significado de los conceptos (aunque sea requisito) sino el significado de las ideas expresadas verbalmente, a través de esos conceptos, bajo la forma de una proposición.

En conclusión, el aprendizaje significativo es una teoría que pretende mejorar la capacidad del aprendiz por medio de diversas herramientas, tanto metodológicas como didácticas, para que éste pueda enfrentar el devenir del conocimiento y de los acontecimientos en su vida.

#### ***4.1.9. Contribución de las bases pedagógico-didácticas en la presente investigación***

Es de suma importancia repensar las relaciones que se tejen en la enseñanza-aprendizaje de los temas de ciencias, en nuestro caso particular, temas de Física, ya que tanto para los profesores como para los estudiantes las temáticas que se enmarcan en los contenidos disciplinares de la Física han ocasionado múltiples dificultades y más aún en un tema que ha sido poco implementado en la educación media como lo es la Teoría Especial de la Relatividad (TER). Es por esto, que el Aprendizaje Significativo y la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico nos proporcionan con sus postulados y principios bases

para poder valorar como nuestros estudiantes han construido en su estructura cognitiva los nuevos significados que se han abordado; a saber: conceptos como dilatación del tiempo y contracción de la longitud; asimismo, el concepto de espacio-tiempo.

Consideramos que las bases pedagógico-didácticas son de importancia magna ya que la valoración de ideas previas en busca de subsumidores para el posible anclaje de estos “nuevos conceptos” (por lo menos para nuestros estudiantes) debe posibilitar a los profesores e investigadores, interpretar cuales son las posibles explicaciones que otorgan los alumnos a la hora de afrontar nuevos procesos de conceptualización. Por otra parte, los principios de la TASC que retomamos para nuestra investigación que son: incertidumbre del conocimiento, desaprendizaje, conciencia semántica y la diversidad de materiales educativos y estrategias de enseñanza(explicitados anteriormente), deben propiciar en los estudiantes, nuevas perspectivas en la forma de afrontar la construcción del conocimiento científico; ya que todos estos postulados y principios fueron tenidos en cuenta a la hora de construir la propuesta didáctica del presente trabajo.

## **4.2. Tecnologías de la información y la comunicación (TIC)**

### ***4.2.1. La normativa y su papel en la educación***

Las TIC son herramientas que la nueva era tecnológica nos permite implementar en diversos ámbitos de nuestras vidas, éstas han transformado de manera significativa la forma como nos acercamos a la información, a las personas y al conocimiento mismo; pero en este caso, solo nos ocuparemos de la importancia que dichas herramientas tienen para la

educación en nuestro contexto. En Colombia “el Gobierno Nacional ha considerado estratégicas las TIC para fomentar la competitividad y la igualdad de oportunidades. Por ello se ha fijado como objetivo que, en el 2019, todos los colombianos estén conectados e informados haciendo uso eficiente de las TIC para mejorar la inclusión social y la competitividad” (Plan Nacional de TIC, 2008, p. 4). Siguiendo con este objetivo, el gobierno propone utilizar las TIC para fortalecer el autodesarrollo y la autoformación.

Hacia esto lo expresan de la siguiente manera:

**Debe ofrecer este sistema educativo igualdad de oportunidades para la obtención de conocimiento, educación y aprendizaje a lo largo de la vida, para todos los ciudadanos, en un marco flexible y global, centrado en el estudiante, y orientado a desarrollar su vocación, sus aptitudes, sus habilidades y su potencial. Para ello se requerirá que todos los estudiantes del país tengan acceso a estas tecnologías. (Plan Nacional de TIC, 2008, p. 12)**

Es por esto, que los docentes deben aportar desde cada una de las áreas de conocimiento, con la intención de promover y fomentar las políticas que el gobierno propone, a fin de lograr que los estudiantes sean competentes en cualquier campo, ya que todas las áreas del conocimiento se ven permeadas por estas herramientas tecnológicas (a saber: las Tecnologías de la Información y la Comunicación -TIC-).

#### ***4.2.2. Aportes para la enseñanza de las ciencias***



Las Tecnologías de la Información y la Educación han sido tema de discusión en todos los ámbitos y en la enseñanza de las ciencias no se escapa de esto. Son muchos los autores que promueven este tipo de herramientas como condición necesaria para una educación integral en cualquier tipo de disciplina.

Capuano (2011) afirma que:

**La presencia de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales es variada y se da en todos sus ámbitos: en las clases teóricas, generalmente expositivas en las que se presentan determinados conceptos; en clases de resolución de problemas y en clases de realización de experimentos. Desde la transmisión de datos de un equipo experimental a un sistema de computación, la incorporación de sensores que permiten llevar a cabo precisas mediciones, la simulación de experimentos de laboratorio o de determinadas situaciones físicas, el tratamiento estadístico de datos, el tratamiento matemático y la representación gráfica, hasta la educación a distancia o el aula virtual, el trabajo con archivos de información, el laboratorio remoto o a distancia, la investigación remota o a distancia, entre otros (p. 80).**

Si bien es cierto que muchos de las herramientas tecnológicas son de gran ayuda para el profesorado, es necesario que éste se encuentre bien formado en cuanto a lo teórico se refiere (desde cualquier campo), para que sea crítico a la hora de utilizar determinada herramienta (como Applets de Física, simulaciones, animaciones, entre otros), ya que es necesario que dichas herramientas sean consecuentes con los contenidos teóricos, a fin de lograr un buen acercamiento a determinado fenómeno; y por el contrario, no provocar confusiones o concepciones erróneas de lo que con determinado modelo se quiere mostrar.

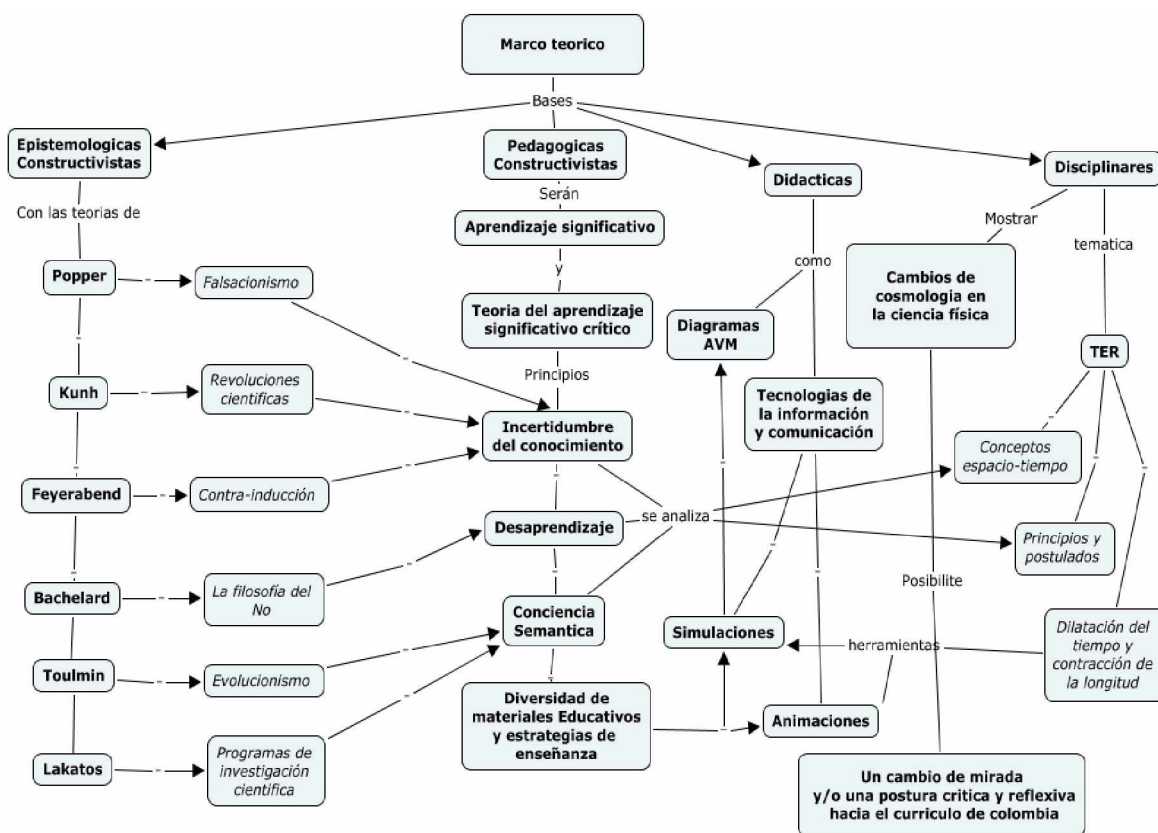
Ahora bien, somos conscientes que muchos de los profesores que tienen una larga trayectoria en la carrera docente encuentran muchas dificultades a la hora de enfrentarse a un ordenador y tal vez muchos de ellos piensen que es la computadora quien hará todo el trabajo que ellos realizan, pero lo que se sugiere hacer con este tipo de herramientas es planificar y desarrollar las actividades utilizando las TIC como apoyo, más no dejando que éstas (las TIC) hagan todo el trabajo del profesor. Una de las ventajas que otorga este tipo de herramientas es que “los alumnos que dispongan de un ordenador con acceso a Internet en su casa, o en el centro escolar, pueden utilizar numerosos materiales didácticos en soporte informático para estudiar cualquier materia o para complementar el proceso de aprendizaje” (Pontes, 2005, p. 332).

Por otra parte, las TIC en la enseñanza de las ciencias, son de vital importancia cuando se trata de enseñar contenidos demasiado abstractos y cuyos significados conceptuales son difíciles de observar experimentalmente y/o de reproducir en un laboratorio; un ejemplo claro son las simulaciones y Applets de Física que se encuentran para temas como campos eléctricos, campos magnéticos, dilatación del tiempo, contracción de la longitud, entre otros; son temas que para los estudiantes son de suma complejidad y las TIC proporcionan una gran ayuda cuando se trata de visualizar y entender fenómenos de este tipo.

A fin de cuentas, lo más importante es que el material que el docente escoja sea fiel a los postulados teóricos y se constituya en una ayuda relevante para el entendimiento de la temática que desee abordar; “en concreto se trata de reflexionar sobre qué metodología de aplicación didáctica de las TIC es la más adecuada para alcanzar los fines educativos que nos parecen deseables (Pontes, 2005, p. 333). Todo esto, con la intención de fortalecer las debilidades de nuestros estudiantes y ofrecer un mejor acercamiento a temas que la misma comunidad científica ha rotulado de alta complejidad.

A continuación se muestra un diagrama con todas las relaciones teóricas:

**Imagen VI. Diagrama de las relaciones teóricas.**



## **5. FUNDAMENTACIÓN METODOLÓGICA**

### **5.1 Enfoque de la investigación**

La investigación en la enseñanza de la Física moderna ha sido ampliamente abordada durante los últimos años, sobre todo en la educación media, como lo señalan algunos autores: Alemañ & Pérez (2001); Arriasecq & Greca (2004); Guisasola, Solbes, Barragués, Moreno & Moretin (2007); Pérez & Solbes (2003); Ostermann & Moreira (2000); entre otros; estableciendo interacciones entre los diversos agentes que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, tales como el docente, el estudiante, el método de enseñanza y el currículo. De hecho, hoy en día se establecen estos criterios mencionados para ampliar el marco investigativo, reconociendo falencias y fortalezas.

El enfoque cualitativo posibilita una cercanía al sujeto y a su realidad social desde un punto de vista descriptivo e interpretativo, con diversos métodos como lo son la etnografía, el estudio de caso, entre otros; que permiten en la investigación social tener mayor claridad sobre lo que se está buscando; aunque sería algo muy ambicioso pensar que es posible abarcar todas las variables que actúan en cualquier tipo de fenómeno; por ende, no resulta factible para todas las investigaciones.

Esta investigación tiene que ver con las relaciones que se presentan entre el sujeto y el conocimiento; cuyo principal objetivo es develar las implicaciones que conlleva introducir elementos de la Física moderna (como la historia y el desarrollo de la Teoría Especial de la Relatividad -TER-, y los conceptos que lleva dentro de sí) en las mallas curriculares de educación media del currículo.

Se puede afirmar que la concepción de investigación cualitativa ha sido utilizada para rotular todos aquellos estudios en un nivel descriptivo que permiten formarnos una imagen de la vida, del quehacer, de las acciones, de la cultura, de grupos en escenarios específicos y contextualizados. De esta manera es que se viene considerando el método cualitativo (o investigación cualitativa) como el más indicado para cumplir los objetivos propuestos en la ejecución de esta investigación. Es así como se toma en consideración la investigación cualitativa, además de los instrumentos para la recolección de información más utilizados en este tipo de metodología (entrevistas, observación directa, entre otros), y así generar una constante confrontación entre estos instrumentos; lo que permite una visual más general y una ampliación del horizonte de comprensión del objeto de estudio planteado. De esta manera, Pérez (2007, p. 8) indica que el investigador cualitativo “percibe el escenario desde una perspectiva holística [...] busca el conocimiento de las situaciones con el fin de cambiar las circunstancias adversas de quien las vive, sin pretender generalizar los resultados más allá de los hechos estudiados”.

Como se expone, en esta investigación se trata de comprender cómo está rigiendo la enseñanza de la física actualmente en el nivel medio, y de cómo la enseñanza descontextualizada está sometida por el currículo; y así generar posibles reflexiones en torno a este fenómeno educativo; tratando de prestar atención a lo esencial, sobre los hechos que ocurren en el aula de clase al llevar a cabo una intervención que pretende introducir la enseñanza de la TER en la educación media, a partir de una adaptación de la propuesta didáctica diseñada por Arriasecq (2008).

### ***5.1.1. Tipo de estudio***

El tipo de estudio que se implementó en esta investigación fue el estudio de caso colectivo de R. Stake, ya que éste tiene una postura constructivista del conocimiento; puesto que el autor no realiza hipótesis y además, así los resultados sean positivos en la investigación, no los generaliza; puesto que para él, cada contexto es diferente, con unas necesidades diferentes, lo que lo hace único. Y lo que hace la presente investigación no es generalizar sino contribuir con posibles reflexiones al currículo para contextualizar la enseñanza de la Física en el nivel medio educativo Colombiano.

Es por esto que Stake (citado por Rodríguez, Gil & García1996 p. 9) indica que el estudio de caso colectivo “se realiza cuando el interés se centra, no en un caso concreto, sino en un determinado número de casos conjuntamente. No se trata del estudio de un

colectivo, sino del estudio intensivo de varios casos”. Este tipo de estudio es adecuado debido a que en la presente investigación será utilizado para hacer referencia a varios casos; y se considera que éstos pueden favorecer un entendimiento más completo de teorías o de temas abordados, posibilitando extender el interés a niveles más amplios en la educación.

El análisis que se implementará para cada caso, será de tipo interpretativo y hermenéutico con el propósito de tener en cuenta las fuentes de información (los argumentos utilizados por cada estudiante, su comportamiento y su motivación). Es decir, en esta investigación cada estudiante seleccionado será un caso, y a cada caso se le realizará un seguimiento continuo sobre las respuestas que brinde en las actividades planteadas en la intervención. Además, se prestará suma atención al interés que muestran los estudiantes y al comportamiento que ellos asumen en las diferentes actividades propuestas.

Ahora bien, se eligió el estudio de caso porque éste posibilitó la utilización de instrumentos propios del enfoque cualitativo para poder recolectar todas las concepciones y actitudes que tienen los estudiantes cuando se desarrolló la propuesta de intervención, con el fin de estudiar a los educandos de la manera más intensa y detallada posible, y de este modo se obtuvo un resultado más amplio y enriquecedor en la investigación; con el fin de entender de una forma global lo que está sucediendo con la enseñanza de la Física, y de este modo se generaron las posibles reflexiones que posibilitan un cambio apuntando hacia una enseñanza más contextualizada en el nivel medio. Este estudio de caso se caracterizó por tener una evaluación exhaustiva y detallada, que permitió ahondar sobre el caso objeto de

interés (estudiantes) con mayor profundidad, lo cual permitió mayores reflexiones en torno a la posible enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad en el nivel medio educativo.

La ventaja de implementar el estudio de caso es que en él se pueden emplear varios instrumentos de recolección de información para lograr obtener la más relevante. Estas técnicas van desde la observación participante, la utilización del diagrama AVM, la cartilla, los documentos y registros sobre el currículo, hasta la entrevista de otras personas que poseen información selecta sobre el currículo. Esto se ampliará en la sesión “instrumentos de recolección de información”.

Quizá el argumento sobre las ventajas de aplicación del estudio de caso que más enmarcó esta investigación, es que el estudio de caso según Walker “es un método apropiado para investigaciones a pequeña escala en un marco limitado de tiempo, de espacio y de recursos” (citado por Pérez, 1998, p. 99).

Este último argumento es preciso ampliarlo, ya que la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad en el grupo 11°A de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, no está contemplada dentro de los planes de estudio (malla curricular) de la institución. Es por ello que se dispuso de poco tiempo para ejecutar los temas planeados, aclarando que los estudiantes sólo cursaban la asignatura de Física dos horas semanales. Consecuentemente, se tuvo planeado intervenir 9 semanas para un total de



18 horas de intervención. Por otro lado, es de reconocer que la institución se mostró interesada con el proyecto y brindó el espacio y los recursos necesarios para poder ejecutar la propuesta. Entre los beneficios brindados, se encontró; la modificación de la malla curricular de los grados 11° y la utilización de portátiles que ayudaron a implementar algunas actividades propias de la propuesta didáctica (simulaciones y videos que puedan generar una mayor comprensión de los conceptos de la TER).

Como se sabe, estos fenómenos (contracción de la longitud y dilatación del tiempo) pertenecientes a la llamada Física moderna, “traen información con signos que escapan a nuestros esquemas de interpretación habituales [...] se precisa ir más allá de las apariencias, ya que lo aparente es fuente de errores”.<sup>5</sup> Es decir, estos fenómenos no se pueden encontrar o representar desde la vida cotidiana, y es de mucha dificultad enseñarla desde la ciencia empírica a la cual opta la enseñanza de las ciencias: “ver, palpar y luego comprender”;<sup>6</sup> por lo tanto, es bastante difícil, por no decir imposible, presentar estos eventos a los estudiantes desde la cotidianidad puesto que “lo que el hombre hace en una técnica científica no existe en la naturaleza y ni siquiera es una serie natural de fenómenos naturales”,<sup>7</sup> y gracias a la física contemporánea se pudo construir la “fenomenotécnica”, la cual está dada desde el conocimiento científico y está enfocada en un mundo abstracto. En el mismo sentido, reproducir estos fenómenos de forma experimental o desde un programa racional, donde “las experiencias se realizan en condiciones rigurosamente controladas”<sup>8</sup> es improbable, por sus altos costos y por su complejidad misma. De este modo, para tratar estos fenómenos

<sup>5</sup> Pesa M. A. & Greca M. I.(2000, p.p. 7 - 8)

<sup>6</sup> (Ibíd.)

<sup>7</sup>(Ibíd.)

<sup>8</sup>(Ibíd.)

pertenecientes a la Relatividad Especial, fue necesario utilizar las TIC, más concretamente las simulaciones y animaciones computacionales, con el fin de que posibilitaran una representación de los fenómenos de la TER.

Es por esto que se eligieron las simulaciones computacionales, con el fin de representar los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, pues Russel (citado por Medeiros & de Medeiros, 2002, p. 79) manifiesta que “las simulaciones pueden ser vistas como representaciones o modelaciones de objetos específicos reales o imaginados, de sistemas o fenómenos. Éstas pueden ser bastante útiles, particularmente cuando la experiencia original sea imposible de ser reproducida por los estudiantes”

Como dice el párrafo anterior, estas simulaciones implementadas fueron bastante útiles, ya que la experiencia original (dilatación del tiempo y contracción de la longitud) es imposible reproducirla experimentalmente, no sólo por los estudiantes, sino también por los mismos docentes. Así pues, es por esta razón que se utilizaron las simulaciones y los videos para presentarlos a los estudiantes, con el fin de que visualicen y logren comprender los fenómenos expuestos.

Aunque es importante resaltar que son escasas las simulaciones que tratan sobre los fenómenos pertenecientes a la TER (dilatación del tiempo y contracción de la longitud), debido a la demanda educativa que tiene la mecánica clásica; ya que las simulaciones en su

mayoría están enfocadas hacia esta teoría, la cual es imperante en la enseñanza de la física en el nivel medio. Por lo tanto, en esta investigación también fue útil la implementación de animaciones que permitieron complementar la enseñanza de los temas expuestos.

### ***5.1.2. Contexto de la investigación***

La intervención se llevó a cabo en la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, ubicada en la Carrera 63 No. 106 A - 51, en la ciudad de Medellín. Ésta es una institución académica de carácter mixto. Algunos de los barrios cercanos a ella son el Héctor Abad, Plaza Colón y Toscana. El colegio se encuentra cerca a la estación Acevedo del Metro.

La investigación se realizó en un entorno académico de estudiantes pertenecientes al grupo 11°A durante el año 2012, más concretamente desde la segunda semana de mayo hasta la primera semana de agosto. Los estudiantes pertenecían entre los estratos 2, 3 y 4.

Se decidió realizar el estudio en el grado 11, porque desde los lineamientos curriculares actuales es el grado de escolaridad, junto con el grado 10, en el que se imparte la enseñanza de la física; además, es en este contexto educativo donde los estudiantes tienen algunas nociones necesarias para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad, estas nociones llamadas “subsumidores” por Ausubel, son necesarias para el

anclaje del nuevo conocimiento; estos “subsumidores” son por ejemplo el electromagnetismo, ondas, entre otras, que fueron necesarias para abordar la teoría ya expuesta. Como se viene argumentando, en este grado se evidenció una descontextualización de la ciencia, ya que al estar inmersos en la práctica educativa se ha podido observar que toda la fundamentación conceptual estaba enmarcada en teorías clásicas (como lo es la mecánica Newtoniana), y las teorías modernas (como la teoría de la relatividad especial o restringida) eran marginadas en este contexto.

Esta descontextualización es debido a que los mismos estándares y lineamientos curriculares en ciencias, que son los que rigen las mallas curriculares de las instituciones educativas, no contemplan ningún contenido de Física moderna. Todo esto implica que los educandos que están inmersos en el ambiente del aprendizaje científico se encuentren ligados a una ciencia acabada, donde la mirada positivista es totalmente hegemónica con respecto al paradigma constructivista, lo que posibilita que este paradigma imperante (positivista), rijan no sólo los destinos del conocimiento científico, sino también en las metodologías de la educación, las relaciones maestro- alumno y el tipo de escuela que se pretende construir.

Por otra parte, Stake (1999) menciona que uno de los principales criterios para elegir los casos es que estos deben poseer “la máxima rentabilidad de aquello que aprendemos” (p. 17). Y además que debemos elegir “casos que sean fáciles de abordar y donde nuestras indagaciones sean bien acogidas, quizá aquellos en los que se pueda

identificar un posible informador (las personas estudiadas) dispuestos a dar su opinión sobre determinados materiales” (Stake, 1999, p.17). Es por esto que se eligieron 10 estudiantes bajo un criterio actitudinal, el cual se mencionará a continuación. Cabe aclarar que no realizar un estudio de caso extenso no significa que éste sea pobre o que carezca de profundidad en los resultados o en el análisis. Por el contrario, es por esta razón que se eligió el estudio de caso, ya que permitió, un examen exhaustivo sobre cada estudiante en un marco limitado de tiempo.

El estudio de caso colectivo lo conformaron 10 estudiantes del grupo 11°A. Se eligieron 10 estudiantes ya que éste es un número representativo para el estudio de caso. El criterio utilizado para elegir a los estudiantes fue el interés que éstos tenían hacia el aprendizaje de la Física.

Entre los estudiantes seleccionados, éstos podían presentar un interés hacia el aprendizaje de la física, (ser participativos y que cumplan con las actividades propuestas) tener buen rendimiento; pero también habían estudiantes que mostraban interés por el área y presentaban un rendimiento no tan bueno en la materia. De igual modo, también fueron elegidos estudiantes que manifestaban bajo interés hacia el aprendizaje de la física, con el fin de incluir una diversidad de sujetos, para lograr una mayor reflexión. Los estudiantes elegidos para el desarrollo del estudio de caso fueron de ambos géneros (tanto masculino como femenino) y su edad oscilaba entre los 15 y 18 años.

### ***5.1.3. Procedimientos e instrumentos de recolección de información***

Los instrumentos que se implementaron para recolectar la información requerida en el desarrollo de la investigación que ahonda en temas como currículo, pruebas de estado y la implementación de una propuesta didáctica en el salón de clase sobre la Relatividad Especial (conceptos espacio-tiempo), son los siguientes:

#### **La cartilla**

La cartilla estaba conformada por 33 páginas con la portada y estaba empastada para garantizar que no se deteriorara rápidamente. Ésta contenía una serie de lecturas sobre el avance científico, la evolución del concepto espacio-tiempo y la teoría del éter, en la cual se dan unas preguntas al finalizar cada lectura, una corta biografía de Albert Einstein, ejercicios de contracción de la longitud y dilatación del tiempo, y finalizando se localizaban los diagrama AVM con el fin de que orientaran las simulaciones. En la actividad final se realizó una valoración del aprendizaje de la TER por parte del estudiante.

Se trabajó con la cartilla, ya que ésta podía arrojar información relevante sobre conceptos, definiciones y argumentos que los estudiantes lograran formular con respecto a la teoría de la relatividad especial. Los estudiantes tuvieron acceso a la cartilla para resolver las preguntas planteadas referentes a la Relatividad Especial o Restringida (historia y evolución de la ciencia, teoría del éter, conceptos espacio-tiempo, entre otros) en cada sesión de clase.

### **Adaptación del diagrama “v” de Gowin a la modelación y la simulación: dAVM**

El diagrama AVM se utilizó para orientar las simulaciones que se les presentaron a los estudiantes, lo que propició recolectar la información relevante. Estas indagaron por los conceptos de contracción de la longitud y de dilatación del tiempo, y sirvió para su posterior análisis. El diagrama AVM jugó un papel importante para la recolección de la información, ya que nos permitió evidenciar si los estudiantes lograron comprender los fenómenos explicados y todo lo que sobrellevaba la enseñanza de la TER.

El diagrama AVM fue de mucha utilidad, ya que según Araujo, Veit, & Moreira (2007) éste podría ayudar a presentar las siguientes características útiles para los estudiantes:

- Permite la reflexión del fenómeno que se está abordando.
- Presenta una estructura organizada, lo cual permite una mayor comprensión de lo que se está indagando.
- Se genera discusión en torno al desarrollo del diagrama, lo cual potencia que las respuestas sean más coherentes.
- Con el diagrama se puede trabajar la parte conceptual y matemática del fenómeno.

Desde la visión constructivista que se pretendía edificar en esta investigación, es de gran relevancia destacar que el diagrama AVM permitió que los estudiantes “sean

participantes activos en su propio aprendizaje, lo que permite evaluar sus propias hipótesis de forma coherente y estructurada, teniendo en cuenta la constante interacción entre el dominio teórico y metodológico” (Araujo et al., 2007 p. 512), esto permitió que los estudiantes resolvieran las cuestiones relacionadas con los fenómenos de la dilatación del tiempo y de la contracción de la longitud.

### **La observación**

La observación en esta investigación fue de gran utilidad, ya que entre otras funciones el investigador tuvo un conocimiento previo acerca de la realidad física, social y cultural que en este caso tenía la institución educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño, que es donde se realizó la investigación. En este contexto, el investigador tenía que ser ingenioso para lograr obtener los datos relevantes sobre las actitudes y respuestas de los estudiantes de 11°A con los temas tratados en el aula de clase, sobre la Relatividad Especial.

La observación tenía como objetivo complementar la información obtenida en la intervención, y ésta fue de gran ayuda, ya que gracias a la observación se tomó atenta nota (con el diario de campo) de los sucesos más importantes ocurridos en el contexto de investigación, temas tanto actitudinales como comportamentales cuando se ejecutó la intervención.



El tipo de observación que se implementó fue la Observación Participante, ya que era necesario que el investigador interactuara con los estudiantes (casos de investigación) de forma directa, permitiendo al investigador vivir la experiencia de la intervención de una manera espontánea, sobre la interacción social que ocurrió en dicho espacio.

Se puede considerar la observación participante como “un método interactivo de recolección de información que requiere una implicación del observador en los acontecimientos o fenómenos que está observando [...] supone participar en la vida social y compartir las actividades fundamentales que realizan las personas que forman parte de la institución” (Rodríguez, Gil & García; 1996 p. 165).

Los investigadores que deciden realizar su trabajo de investigación en un contexto educativo, intervienen primeramente, mediando el conocimiento con el grupo donde se ejecutará la intervención para lograr en los estudiantes una “simpatía” y un grado de confianza apropiado para lograr participar en los espacios de enseñanza-aprendizaje. De este modo, se evitó que el estudiantado se sintiera incómodo o prevenido con nuestra presencia cuando se intervino en concreto con la propuesta didáctica.

### **Diario de campo**

Así pues, para lograr registrar la observación en la intervención, se llevó un registro escrito; necesario para tomar nota sobre todos los sucesos que se llevaron a cabo en el salón

de clase, y se realizaron reflexiones para poder ampliar el análisis de todo lo sucedido. Implementándose así el diario como “un instrumento reflexivo de análisis; el cual, el investigador no solo plasma lo que recuerda -casi siempre apoyado por las notas de campo- sino sobre todo, las reflexiones de lo que ha visto y oído” (Rodríguez, et al.,1996 pp. 163-164).

Con el diario de campo se registró en el aula de Física de la Institución Educativa Presbítero Antonio José Bernal Londoño (con estudiantes del grado 11°A) la información más relevante que se presentó en la intervención, y posteriormente se realizaron reflexiones de lo sucedido en dicho espacio.

### **La entrevista**

La entrevista posibilitó la interacción verbal entre los investigadores y un sujeto idóneo conocedor del currículo para obtener datos relevantes sobre este tema en específico. Ésta era indispensable para establecer la influencia que yace entre el contenido del currículo (de temas descontextualizados de la ciencia, más puntualmente de la física) con la enseñanza descontextualizada de la física en bachillerato.

Así pues, la entrevista es un instrumento básico muy utilizado en las investigaciones de corte cualitativo, Rodríguez et al. (1996) la definen como “una interacción social entre personas, en la cual se generará una comunicación de significados: una persona va a

intentar explicar su particular visión de un problema, la otra va a tratar de comprender o de interpretar esa explicación” (p.171).

Aunque es amplio el tipo de entrevistas que se pueden realizar, se llevó a cabo una entrevista semiestructurada, ya que se basa en una guía de asuntos o cuestiones sobre las cuales Grinnel (citado por Hernández, Fernández & Baptista 2006) considera que “el entrevistador tiene la libertad de introducir preguntas adicionales para precisar conceptos u obtener mayor información sobre los temas deseados” (p. 597).

Expresado lo anterior, fue esencial implementar una entrevista semiestructurada, ya que en medio de la entrevista podrían surgir preguntas que apuntaran hacia el objetivo deseado y este tipo de entrevista permitía ser flexible con las preguntas con las que indagaba el investigador.

Para recolectar la información de las entrevistas, se utilizó la grabadora, la cual “permite registrar con fidelidad todas las interacciones verbales que se producen entre entrevistador y entrevistado” (Rodríguez, et al., 1996 p. 182).

### **La encuesta**

La encuesta fue utilizada para indagar por la opinión y la apreciación de los estudiantes del grupo 11°A sobre los instrumentos utilizados para la enseñanza-aprendizaje

de la TER Como lo expresa Stake (1999), “el entrevistador cualitativo debe llegar con una lista corta de preguntas orientadas al tema” (p. 63). Asimismo, de todo el grupo se seleccionaron las respuestas de los estudiantes idóneos (es decir, los casos seleccionados), para poder comprender la postura de los educandos frente la diversidad de instrumentos utilizados por los docentes y además, la apreciación sobre el aprendizaje de la teoría.

### **Documentos, registros, materiales y artefactos**

Estos se utilizaron con el fin de modificar la malla curricular del grado 11 y realizarle las reformas necesarias para la enseñanza de la TER. Además, adquirir el currículo para realizar el análisis necesario sobre su modelo pedagógico, epistemológico y didáctico.

Hernández, Fernández & Batista (2006) mencionan que “una fuente muy valiosa de datos cualitativos son los documentos, materiales y artefactos diversos, que pueden ayudar a entender el fenómeno central de estudio” (p. 614).

De acuerdo a lo anterior, nos enfocamos en los documentos y materiales organizacionales, los cuales destacan:

- A. El currículo.
- B. Los planes educativos de la institución.

Estos dos ítems fue necesario usarlos, y se ejecutó un análisis riguroso para establecer la finalidad del currículo, los planes educativos y si éstos se encontraban descontextualizados con la enseñanza de la Física.

La institución educativa (PAJBL) concedió de manera muy cordial la implementación y el desarrollo de esta investigación, con esto se logró modificar la malla curricular en la enseñanza de la Física para incluir los temas de la TER, esta modificación se planeó para realizarla en todos los grados undécimos, con el fin de realizar una educación que incluya tópicos de la denominada Física moderna. Al currículo de ciencias se le realizó un análisis sobre la postura filosófica, epistemológica y pedagógica que éste posee.

Finalizando con el tema de recolección de la información, fue necesario sistematizar los datos de manera organizada, para tener una comprensión más profunda y detallada sobre lo que se está indagando. Por ello, se mencionará cómo se sistematizaron los datos.

### **Procedimientos e instrumentos de sistematización y procesos de codificación y categorización de datos**

Los procedimientos e instrumentos de sistematización que se utilizaron en aras al posterior análisis de los datos son:

### **Transcripciones:**

La información obtenida de la cartilla se transcribió con la herramienta de Atlas ti, la cual ayudó a sistematizar de una forma organizada las respuestas que los estudiantes dieron en la cartilla. De igual manera, se transcribieron las respuestas de ideas previas que los estudiantes desarrollaron en la actividad tres.

La entrevista se transcribió como registro y prueba de la investigación, que más tarde facilitó el análisis de la misma. De igual modo, la transcripción de la entrevista sirve para facilitar la interpretación del análisis y extraer la información más relevante que se aborda en dicho diálogo.

### **5.2. Descripción de la propuesta didáctica.**

En el marco teórico se enuncian los principios de La Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC) de Marco Antonio Moreira (2005) de modo general y los que se utilizaron en esta propuesta didáctica (incertidumbre del conocimiento, desaprendizaje, conciencia semántica y la diversidad de materiales educativos y de estrategias de enseñanza) para conducir al estudiante hacia un Aprendizaje Significativo Crítico y a la apropiación de conceptos propios de la TER. En la siguiente descripción, se explicará en qué consiste cada actividad cuyas lecturas son tomadas de Arriasecq (2008) y los

principios de la TASC (elegidos por los investigadores) que se atienden en cada una de estas.

### **Etapas iniciales:**

Descripción de la actividad 1: lectura sobre el desarrollo y evolución del conocimiento científico

El propósito de la primera actividad fue realizar una presentación y una introducción referente a la forma de evaluar y la forma de trabajar con la cartilla. Se planeó para esta sesión la lectura “el conocimiento científico: sus orígenes y algunos rasgos característicos”. Esto con el fin de mostrar una visión evolutiva y no acabada de la ciencia. Luego de esto, los educandos respondieron algunas cuestiones sobre la lectura realizada en la actividad. De este modo se trabajó con los siguientes principios del Aprendizaje Significativo Crítico (ASC) de Marco Antonio Moreira (2005) los cuales son:

Desaprendizaje: como en la lectura se evidenció un cambio sobre la visión cosmológica que cada pensador desarrolló en determinada época, y precisamente se quería mostrar que la ciencia es una construcción permeada por diversos pensamientos, inmersos en culturas y épocas diferentes; se pretendió lograr que el nuevo conocimiento el cual es esa visión evolutiva y no acabada de la ciencia, interaccionara con el conocimiento previo

del estudiante, el cual, en muchas ocasiones, es esa ciencia acabada y unidimensional en la que se encuentra la enseñanza de las ciencias en la actualidad.

Incertidumbre del conocimiento: se pretendía mostrar el cambio y evolución de la ciencia a través de la historia, y las diferentes contribuciones que el ser humano ha realizado hacia la construcción del conocimiento; donde este último no es estático, demostrando una constante evolución de teorías y de conceptos a través de la historia, aclarando que lo que hoy conocemos como una “verdad” que se imparte por medio de la educación, mañana puede ser considerado un “error”.

Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza: con base en este principio se trabajó la cartilla, con el fin de que el estudiante a través de la lectura construyera su propio conocimiento.

#### Descripción de la actividad 2: los conceptos de espacio y tiempo

En esta sesión se realizaron dos lecturas de la cartilla, la primera referente a la “Biografía clásica de Albert Einstein” con el propósito de que los estudiantes conocieran un poco de la vida de este personaje que realizó grandes aportes a la ciencia, y la segunda daba a conocer cronológica y evolutivamente “Los conceptos de espacio y tiempo” hasta afianzarse en el conocido concepto espacio-tiempo relativista. Luego de las lecturas se les indicó que realizaran la actividad titulada “De lo absoluto a lo relativo”, en la cual tuvieron



que dar respuesta a una serie de preguntas relacionadas con la segunda lectura. Los principios del ASC de Moreira (2005) que dialogaron con esta actividad fueron:

Incertidumbre del conocimiento: además de mostrar esta evolución de conceptos, también se pretendía lograr que el estudiante conciliara los conceptos “antiguos” de espacio y tiempo utilizados por la mecánica clásica, y por otros pensadores, con el nuevo concepto de espacio-tiempo utilizado por la Física Relativista.

Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza: en esta actividad, se utilizó de nuevo la cartilla, la cual cuestionó con la ayuda de los docentes, las ideas que los estudiantes tenían con la lectura realizada, y con base en esta, responder algunos interrogantes con el fin de crear cuestionamiento en los educandos.

Desaprendizaje: en esta lectura se mostró una diversidad de pensadores con diferentes nociones sobre lo que es el espacio y el tiempo, pasando estos conceptos por la Mecánica Clásica; es decir, desde el pensamiento Newtoniano sobre el espacio y el tiempo absolutos que se imparte en la educación media, hasta la concepción relativista del Espacio-Tiempo de Albert Einstein. Esto con el fin de que los estudiantes contrastaran la diferencia que existe entre un pensamiento y el otro, y que ellos determinaran cuál se acomodaría mejor a su visión de mundo.

Principio de la conciencia semántica: con este principio se mostró la evolución de los conceptos, dejando ver que el conocimiento al igual que los conceptos es una construcción humana; y es por ello que un concepto tiene diversos significados dependiendo de la teoría que se imparte (mecanicista o relativista).

### Descripción de la actividad 3: ideas previas

En esta actividad se planeó mostrar una animación que representara los fenómenos de la Teoría Especial de la Relatividad (dilatación del tiempo: paradoja de los gemelos y contracción de la longitud) con la intención de que los estudiantes a través de sus ideas previas argumentaran si es posible, o no, lo que ocurre en dicho acontecimiento. Los principios del ASC que dialogan con esta actividad son:

Incertidumbre del conocimiento: al mostrar estos fenómenos pertenecientes a la TER, se logró una confrontación entre la teoría mecanicista (todo lo que se encuentra en la cotidianidad) con la relativista (fenómenos que escapan de nuestra percepción). Con el propósito de que comenzara a despertar la curiosidad y la motivación por parte del estudiante por esta nueva teoría.

Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza: en esta actividad se utilizó una animación que representó los fenómenos de la TER ya mencionados; se trabajó con

unas preguntas, indagando por las ideas previas que los estudiantes tenían con la nueva teoría enseñada.

Desaprendizaje: con este principio se logró observar las ideas que tiene el estudiante sobre la ciencia. También se buscaba conocer con esta actividad si el pensamiento del estudiante estaba permeado por esa noción mecanicista de la ciencia, o por el contrario, comenzaba a dar relevancia explicativa a los fenómenos observados desde la TER.

Principio de la conciencia semántica: con este principio se pretendió valorar las ideas, respuestas y argumentos que los estudiantes brindaron al fenómeno presentado. Esto con el fin de poner a dialogar diversas posturas del estudiante a favor y en contra de esta teoría.

### **Etapa intermedia:**

Descripción de la actividad 4: breve historia del concepto de éter

En esta actividad se realizó con los estudiantes la lectura titulada “Breve historia del éter”, ubicada en la cartilla; luego, se les indicó resolver un taller referente a esta actividad. La lectura tenía el propósito de mostrar cómo una “idea” o un “pensamiento” filosófico y científico ha sido tan controvertido en el campo de las ciencias. Mostrando eventualmente, cómo en sus inicios tenía gran apogeo, pero cada vez que se ampliaba el método científico, este fue desapareciendo casi en totalidad a través del experimento crucial de Michelson y Morley. Luego de esta lectura y del desarrollo de las preguntas, se dictó una clase magistral

donde fueron expuestos los principios y postulados de la TER. Los principios del ASC de Moreira (2005) que dialogan con la actividad son:

Incertidumbre del conocimiento: porque se siguió evidenciando que el conocimiento sigue avanzando y que no hay una “verdad” en el campo científico. Seguidamente se trabaja a través del experimento crucial del éter y las repercusiones científicas que originó éste.

Desaprendizaje: ya que se comenzó a mostrar las repercusiones que tuvo el experimento de Michelson y Morley, y de cómo gracias a este, surgió la TER. El estudiante contrastó esta nueva teoría y sus principios con la antecesora Mecánica Clásica, con el fin de interpretar las teorías ya expuestas, sus nociones y sus interpretaciones.

#### Descripción de la actividad 5: ejemplos y ejercicios de dilatación del tiempo

En esta actividad se pretendía elucidar por medio de una clase magistral los principios que rigen a la Teoría Especial de la Relatividad. Luego de explicar estos principios se continuó con la parte matemática de la teoría, vislumbrando toda la transformación de Lorentz para llegar a la ecuación final, con la cual se pretendía trabajar. Luego de mostrar matemáticamente como surgía la ecuación, se presentó una animación sobre el fenómeno de la paradoja de los gemelos o Langevin. Pretendiendo contrastar la

parte teórica con la parte matemática de la TER. Los principios del ASC atendidos desde esta actividad son:

Desaprendizaje: ya que se mostraron las repercusiones que tuvo la TER. El estudiante contrastó esta “nueva teoría” y sus principios, con la antecesora Mecánica Clásica, con el fin de contrastar sus nociones y sus interpretaciones.

Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza: en esta actividad, se utilizó una animación que representó el fenómeno de la TER, y se trabajó con unos datos propios de la animación, con el fin de contrastar los resultados con la parte matemática y teórica.

Principio de la conciencia semántica: se trabajó con este principio ya que al haber abordado diversas concepciones a través de la historia y diversas interpretaciones sobre un mismo concepto, ya se ubica puntualmente en la noción de espacio-tiempo de la Física relativista de Albert Einstein, exponiendo de esta manera, su modo particular de interpretar este concepto (espacio-tiempo) y el mundo.

Descripción de la actividad 6: ejemplos y ejercicios sobre contracción de la longitud

En esta actividad se les explicó a los estudiantes el contenido teórico de la contracción de la longitud a partir de algunos ejemplos de la misma, luego se eligieron

algunos estudiantes para resolver ejemplos con el fin de que aprendieran a diferenciar en la ecuación la longitud propia y relativa; seguidamente se les formularon algunos ejercicios. Todo lo anterior buscando que se familiarizaran con las ecuaciones y con los conceptos referentes a la contracción de la longitud.

Desaprendizaje: en esta actividad, igual que en la anterior, se enseñó algo que escapa de nuestra percepción (sentidos) y nos sumergimos en un fenómeno que resultaba un tanto extraño la primera vez que lo estudiamos. Es por esto que como se escapa de nuestros sentidos, hubo que poner en diálogo de forma crítica este fenómeno con las nociones que tenía el sujeto con su experiencia o basados en otras teorías.

Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza: en esta actividad se utilizó una animación que representara el fenómeno de la TER, y se desarrolló con unos datos propios de la animación, con el fin de contrastar los resultados con la parte matemática y teórica.

Principio de la conciencia semántica: se trabajó con este principio dado que el estudiante fue crítico con este nuevo fenómeno propio de la TER, lo que propició una interpretación diferente del significado, mencionando que, el significado está en las personas que tratan de interpretar los conceptos o los fenómenos vistos.

Descripción de la actividad 7: discusión en torno a las dudas de los estudiantes sobre los temas dilatación del tiempo y contracción de la longitud

En esta sesión se resolvieron dudas e inquietudes que los estudiantes tenían hasta el momento con la TER. Igualmente, se seleccionaron algunos estudiantes para que salieran al tablero con el fin de realizar algunos ejercicios tanto de contracción de la longitud como de dilatación del tiempo. Esto con el objetivo de evidenciar los puntos débiles de los estudiantes en la operación matemática, con el fin de fortalecerlos.

Desaprendizaje: los estudiantes trataron de expresar en este espacio todas sus dudas y comentarios sobre la TER, propiciando un diálogo abierto sobre sus dificultades con la teoría. Se siguió contrastando la noción mecanicista del estudiante con la nueva teoría (TER).

Principio de la conciencia semántica: al estudiante expresar sus inquietudes y su postura frente a esta “nueva” teoría, se valoró el significado que dio el estudiante a los nuevos conceptos enseñados. Eso sí, siempre contrastándolo con la teoría y con la visión que cada estudiante tuviera sobre estos conceptos.

**Etapas finales:**

Descripción de la actividad 8: simulaciones computacionales sobre dilatación del tiempo con la ayuda del diagrama AVM

En esta actividad se les explicó el manejo del diagrama AVM y la manera de desarrollarlo, seguidamente se les indicó realizar la parte izquierda del diagrama para luego interactuar con las simulaciones y así recolectar los datos.

Principio de la diversidad de materiales educativos: se busca que el estudiante logre aplicar los conocimientos obtenidos durante el curso, desarrollando el diagrama AVM a través de las simulaciones computacionales, las cuales presentan la dilatación del tiempo. De este modo se puede lograr evidenciar si el estudiante ha logrado una buena comprensión de la teoría expuesta, contrastando la parte teórica (conceptual) con la parte matemática y con la misma simulación.

Descripción de la actividad 9: simulaciones sobre contracción de la longitud con la ayuda del diagrama AVM

En la presente actividad se mostró una simulación que representara el fenómeno de contracción de la longitud, con el propósito de que los estudiantes contrastaran la parte teórica, con la parte “experimental” y matemática. Con el objetivo de que se logre una mejor comprensión del fenómeno planteado.



Principio de la diversidad de materiales educativos: se buscaba que el estudiante lograra aplicar los conocimientos obtenidos durante el curso, desarrollando el diagrama AVM a través de las simulaciones computacionales, la cual representó la Contracción de la longitud. De este modo se puede evidenciar si el estudiante ha logrado una buena comprensión de la teoría expuesta, contrastando la parte teórica (conceptual) con la parte matemática y con la misma simulación.

#### Descripción de la actividad 10: valoración final

En esta actividad se realizó la evaluación sobre los principios de la teoría especial de la relatividad, y los conceptos: dilatación del tiempo y contracción de la longitud, con el fin de valorar la comprensión de los conceptos e implicaciones de la TER.

Tabla: relación entre las actividades planeadas de la propuesta didáctica, los principios de la TASC de Moreira que son utilizados en la investigación y los instrumentos que servirán para la recolección de la información.

En la presente tabla se enmarca la adaptación de la propuesta didáctica de Arriasecq (2008) y los instrumentos utilizados en la investigación para recolectar la información. En el mismo sentido, se muestran los principios retomados desde el

Aprendizaje Significativo Crítico de Marco Antonio Moreira (2005) y de la forma como se relacionan con las actividades planteadas.

La intervención se realizó por medio de lo que denominamos etapas inicial, intermedia y final; cada etapa constaba de varias sesiones, cada una de 55 minutos; en cada sesión se desarrollaron actividades que ayudan al desarrollo de los temas propuestos, haciendo referencia a los principios que contiene cada actividad relacionados con la teoría del Aprendizaje Significativo Crítico; y para evitar confusiones, las sesiones tendrán un orden numérico consecutivo, sin importar su etapa.

**Tabla XV. Relación de las actividades con respecto a los principios de la TASC.**

Etapas	Sesiones y duración.	Actividades	Principios de la TASC	Instrumentos utilizados para la recolección de la información.		
Inicial	1 - 55 min.	Lectura sobre el desarrollo y evolución del conocimiento científico.	Principio del desaprendizaje	Cartilla	Diario de campo	
		Taller	Principio de incertidumbre del conocimiento Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza			
	2 - 55min.	Lectura de una breve biografía de Albert Einstein.	Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza.	Cartilla	Diario de campo	
		Lectura sobre el desarrollo y la evolución de los conceptos espacio y tiempo.	Principio de incertidumbre del conocimiento			
		Taller: Preguntas sobre la lectura del desarrollo de los conceptos espacio y tiempo.	Principio del desaprendizaje. Principio de la conciencia semántica.			

	3 - 55min.	Socialización del taller que indaga sobre el desarrollo de los conceptos espacio y tiempo.  Preguntas sobre las posibles ideas previas del tema teoría de la relatividad especial.	Principio de la conciencia semántica. Principio del desaprendizaje Principio de incertidumbre del conocimiento Principio de la utilización de la diversidad de estrategias de enseñanza.	Instrumento para recolectar las ideas previas.	Diario de campo	
Intermedia	4 - 55min.	Lectura sobre la historia del éter. Explicación magistral sobre los principios y postulados de la TER. Taller: preguntas sobre la importancia del éter para el desarrollo de los postulados de la TER.	Principio del desaprendizaje. Principio de incertidumbre del conocimiento.	Cartilla	Diario de campo	
	5 - 55min.	Clase magistral sobre el concepto de dilatación del tiempo y ejemplos de ejercicios	El principio de desaprendizaje. El principio de la conciencia semántica.		Diario de campo	
		Video sobre dilatación del tiempo. Taller: Ejercicios sobre dilatación del tiempo y su socialización.	Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza.	Cartilla	Diario de campo	
	6 - 55min.	Clase magistral sobre el concepto de contracción de la longitud y ejemplos de ejercicios. Video sobre contracción de la longitud. Taller: Ejercicios sobre contracción de la longitud y su socialización.	El principio del desaprendizaje. El principio de la conciencia semántica. Principio de la diversidad de estrategias de enseñanza.		Diario de campo	
	7 - 55min.	Se realizará una discusión en torno a las dudas de los estudiantes sobre los temas dilatación del tiempo y contracción de la longitud.	El principio del desaprendizaje. El principio de la conciencia semántica.		Diario de campo	
Final	8 - 55min.	Simulaciones computacionales sobre dilatación del tiempo con la ayuda del diagrama AVM.	Principio de la diversidad de materiales educativos		Diario de campo	Diagrama AVM
	9 - 55min.	Simulaciones computacionales sobre La contracción de la longitud con la ayuda del diagrama AVM.				
	10 - 55min.	Evaluación sobre los postulados de la TER, y los conceptos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud.		Cartilla	Diario de campo	

### ***5.2.1. Triangulación***

La triangulación que se desarrolló para el posterior análisis de la información, se basó en Cisterna (2005), con el fin de tener una validación del conocimiento. En la presente descripción de la triangulación se mostrará cómo los instrumentos de recolección de información se contrastaron; fuese con otros instrumentos o con la teoría (marco teórico), para así lograr cumplir con los objetivos específicos y estos, al mismo tiempo, dar cumplimiento a los objetivos generales.

Es pertinente describir primero la triangulación entre investigadores, puesto que fue indispensable; ya que gracias a las diversas posturas de los implicados en la investigación, permitió el debate y la discusión de una manera crítica, y esto favoreció a la investigación, por el hecho de que se contrastaba el análisis de los resultados con los debates, según las diversas posturas de los investigadores, para así lograr un buen grado de credibilidad de la información.

Para poder cumplir con el primer objetivo específico “Identificar y analizar la estructura, la postura epistemológica, pedagógica y didáctica del currículo de ciencias en Colombia”, fue necesario identificar las bases teóricas del currículo; es decir, la postura epistemológica, pedagógica y didáctica; y contrastarlas con las respuestas que brindó el

sujeto idóneo en la entrevista semiestructurada, la cual indagó por el currículo. Esta triangulación se realizó entre las diversas fuentes de información, las cuales fueron la entrevista y los documentos, registros, materiales y artefactos, que en este caso fue el currículo.

Para lograr el segundo objetivo específico que consiste en “determinar las posibles contribuciones de la epistemología, la pedagogía, la didáctica y las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) a la contextualización del currículo de física”, fue necesario contrastar los resultados obtenidos de los instrumentos utilizados en la propuesta didáctica de la intervención; es decir, en la enseñanza de la TER (como lo fueron la cartilla, la observación participante y la encuesta) con el marco teórico (la epistemología, la teoría del ASC de Moreira (2005), la pedagogía y la didáctica); para así lograr una buena valoración de las actividades planteadas, y poder determinar las posibles contribuciones que se le pueden hacer al currículo. Esto se logró al contrastar tanto la postura epistemológica, pedagógica y didáctica de los investigadores, como de la concepción de los estudiantes frente a la naturaleza de la ciencia, la apreciación de los educandos sobre la diversidad de instrumentos utilizados para el aprendizaje de la TER y la concepción de ciencia que tenía en el contexto.

Otro tipo de triangulación que se cumplió para poder apreciar la teoría epistemológica y los principios del ASC de Moreira (2005) utilizados para la enseñanza-aprendizaje de la TER (los cuales propiciaron a que el estudiante adquiriera un Aprendizaje

Significativo Crítico), consistió en la triangulación entre fuentes de información. Donde se apreció que en las tres primeras actividades, algunos de los estudiantes seleccionados para el estudio colectivo de caso, tenían arraigada la postura mecanicista (positivista) de la ciencia, y donde más se evidenció esta postura fue en la actividad tres, que consistía precisamente en indagar por las ideas previas. Pero en la actividad final, es decir, en la actividad diez donde se evaluó la teoría enseñada, se evidenció que los estudiantes aprendieron no solo los principios sino también los fenómenos propios (dilatación del tiempo y la contracción de la longitud) de la TER. Lo cual indicó no solo que los estudiantes obtuvieron un aprendizaje significativo crítico, sino que también desde la postura epistemológica lograron pasar de un programa de investigación científico estancado (mecánica clásica) hacia un programa de investigación científico progresivo (TER), en palabras de Lakatos; o un cambio de paradigma desde la visión de Kuhn, etc. Esto es importante contrastarlo con la teoría ya que implica una posible contribución al currículo para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad.

Al cumplir con estos dos objetivos específicos, se cumple el objetivo general de develar las posibles reflexiones epistemológicas, pedagógicas y didácticas que puede generar para el currículo de física de educación media y para las pruebas de estado, la implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de la TER.

Ahora bien, para “valorar el aporte de las TIC para la enseñanza de la teoría de la relatividad especial o restringida en el nivel medio educativo en Colombia”, se triangularon

los resultados del diagrama AVM, el diario de campo y la encuesta, con el fin de que los estudiantes valoraran los aportes de las animaciones y simulaciones a la construcción de su conocimiento. Asimismo, los docentes investigadores también valoraron los aportes de las animaciones y simulaciones utilizadas para la enseñanza de la TER, tanto con los resultados obtenidos como con la teoría (marco teórico).

Al cumplir con este objetivo específico, se pudo dar cumplimiento al objetivo general que consistía en “analizar el papel que desempeñan las TIC en la enseñanza y el aprendizaje del concepto espacio-tiempo en la Física relativista”.

### 5.2.2. Cronograma de la investigación

**Tabla XVI. Cronograma de la investigación.**

Actividades	2011					2012											
	Ag o	Sep	Oc t	No v	Dic	E n e	Fe b	Ma r	A br	Ma y	Ju n	Ju l	Ag o	Se p	Oc t	No v	
Planteamiento del problema																	
Formulación de objetivos																	
Diseño del Marco teórico																	
Revisión bibliográfica.																	

Diseño Metodológico																
Implementación de la propuesta Didáctica																
Análisis de resultados																
Escritura del informe final																



## 6. Análisis de los resultados

El análisis de los resultados se hace por medio de las categorías y subcategorías establecidas en la siguiente tabla (ver tabla); cada subcategoría cumple para determinada categoría y cada una de éstas (las categorías) cumple para determinado objetivo específico. Este análisis está compuesto por cuatro categorías: la primera se refiere a la composición teórica del currículo de ciencias Colombiano; es decir, indaga por su referente filosófico, epistemológico, pedagógico y didáctico; la segunda se refiere a la postura teórica de los investigadores; por último, la tercera y la cuarta categoría examinan los casos estudiados uno por uno. Como primera parte se analizan cada una de las subcategorías y luego cada categoría; todo esto se hace teniendo en cuenta los instrumentos propuestos y/o utilizados en la fundamentación metodológica y en la propuesta didáctica. Con la intención de develar las posibles reflexiones epistemológicas, pedagógicas y didácticas que puede generar para el currículo de Física de educación media, se realiza un análisis hermenéutico-interpretativo de la información que permitirá a los investigadores una mayor comprensión del fenómeno estudiado.

Como afirma Cisterna (2005):

**El eje conductor del acto hermenéutico es el uso del lenguaje, entendido en su doble acepción dialéctica, que lo concibe, por una parte, como la vía a través de la cual socialmente construimos la realidad desde procesos sostenidos en relaciones intersubjetivas, que configuran el dominio lingüístico y semántico que hace posible las**

**acciones de entendimiento humano; y por otra, como medio de circulación de dicha construcción (p. 62).**

A continuación se muestra una tabla que relaciona las subcategorías, las categorías de análisis con los objetivos de investigación:

**Tabla XVII. Relación de las subcategorías y categorías con los objetivos de investigación**

Preguntas de investigación	Objetivos generales	Objetivos específicos	Categorías	Subcategorías
¿Qué posibles reflexiones de tipo epistemológico, pedagógico y didáctico puede generar para el currículo de Física de educación media, la implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de la TER a estudiantes del grado 11 de la IE Antonio José Bernal Londoño?	Develar las posibles reflexiones epistemológicas, pedagógicas y didácticas que puede generar para el currículo de Física de educación media, la implementación de una propuesta didáctica para la enseñanza de la TER.	Identificar y analizar la estructura, la postura epistemológica, pedagógica y didáctica del currículo de ciencias en Colombia.	1. Bases teóricas del currículo.	1.1 Postura filosófica y epistemológica
				1.2 Postura pedagógica
				1.3 Postura didáctica.
		Determinar las posibles contribuciones de la epistemología, la pedagogía y la didáctica a la contextualización del currículo de Física.	2. Contribución de la postura teórica del investigador a la contextualización del currículo en Física.	2.1 Concepción de la naturaleza de la ciencia (NdC)
				2.2 Modelo pedagógico que nace según NdC
				2.3 Modelo didáctico que nace según NdC
3. Visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.	3.1 Concepción de la naturaleza de la ciencia.	3.2 Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la TER.		
		3.3 concepción de ciencia en el contexto.		
¿Qué papel desempeñan las TIC en la enseñanza y el aprendizaje del concepto espacio-tiempo en la Física relativista	Analizar el papel que desempeñan las TIC en la enseñanza y el aprendizaje del concepto espacio-tiempo en la Física relativista.	Valorar el aporte de las TIC para la enseñanza de la Teoría Especial o restringida de la Relatividad en el nivel medio educativo en Colombia.	4. Apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.	4.1 Consideraciones de las simulaciones.
				4.2 Consideraciones de las animaciones.

## **Categoría 1: Bases teóricas del currículo**

### **Conclusión Subcategoría 1.1: Bases filosóficas y epistemológicas del currículo**

Como los mismos lineamientos curriculares para ciencias naturales exponen:

**Los referentes filosóficos y epistemológicos se ocupan, en primer lugar, de resaltar el valor del papel del mundo de la vida en la construcción del conocimiento científico. En segundo lugar, se ocupan de analizar el conocimiento común, científico y tecnológico, la naturaleza de la ciencia y la tecnología, sus implicaciones valorativas en la sociedad y sus incidencias en el ambiente y en la calidad de la vida humana. (MEN, 1998, p.4)**

En consonancia con lo anterior, el Ministerio de Educación Nacional propone como referente filosófico a Edmund Husserl teniendo como concepto principal lo que éste denomina “el mundo de la vida”. Aducen de manera reflexiva que “cualquier cosa que se afirme dentro del contexto de una teoría científica, se refiere, directa o indirectamente, al mundo de la vida en cuyo centro está la persona humana” (MEN, 1998, p. 6).

Como el mismo Husserl (1992) lo argumenta:

**La vida personal verdaderamente humana se despliega a través de diversos grados de conciencia y de responsabilidad personal, desde los actos de forma reflexiva, todavía dispersos, ocasionales, hasta el grado de toma de conciencia y de responsabilidad universal; en este nivel la conciencia aprehende [...] la decisión de imponer al conjunto de su vida**

**personal la unidad sintética de una vida colocada bajo la regla de la responsabilidad universal de sí mismo. (p. 24)**

Esta teoría del conocimiento propuesta por Husserl es denominada “fenomenología” donde lo más importante es atenerse a los fenómenos que son observables y variables en la experiencia de cada sujeto. Ya que el “mundo mismo, el mundo realmente existente no excede jamás el mundo de la subjetividad, [...] subjetividad en acto, aquella que confiere valor en el plano de la intuición, a un mundo en acto, fenoménico” (Husserl, 1992, p. 130).

El mismo Husserl aduce que el olvido del mundo de la vida “ha determinado que las idealizaciones científicas se absoluticen (es decir, que se conviertan en la única forma de ver al mundo) y que el método científico se convierta en la única racionalidad posible” (MEN, 1998, p. 7). Asimismo dice que el triunfo del positivismo o de la ciencia positiva se debe “al mismo Galileo descubridor y encubridor”, dice:

Descubridor de esa ciencia moderna que ha logrado expresar en fórmulas numéricas las leyes de la naturaleza (en otras palabras, expresar las leyes causales en términos de relaciones funcionales) y encubridor de sus orígenes en el sentido de que deja de lado el suelo primigenio en el que se fundamentan todas las idealizaciones (cuando, en forma poco rigurosa, decimos que "Fuerza es igual a masa por aceleración" nos estamos refiriendo a una de estas idealizaciones). Este descuido funesto, determinó que se pensara en la geometría (y en general en las matemáticas), en las leyes de la

ciencia y, lo que tal vez es más grave, en el método científico, como verdades absolutas que, como tales, se pueden aplicar sin más. (Óp. Cit.)

Es así como esta propuesta fenomenológica se encuentra posiblemente en discordancia con las teorías y los campos conceptuales propuestos en los estándares y competencias para Física, ya que sus propuestas se centran en teorías netamente clásicas; es decir, teorías mecanicistas. Esto se hace evidente al ver que los principales referentes: Newton y Galileo, conforman todo lo que se conoce como la teoría clásica o como muy bien lo expresa su nombre: mecánica clásica; cosmología imperante en los estándares y competencias propuestos para la educación básica y media en Colombia.

El referente epistemológico que contempla los lineamientos curriculares para las ciencias naturales y educación ambiental tiene sus bases en la filosofía de Karl R. Popper<sup>9</sup>. Éste es tomado para hacer una distinción sobre el conocimiento científico-tecnológico y el conocimiento cotidiano-común. De este referente destacan que el conocimiento es una construcción de sujetos y que por ende se encuentra en constante cambio, utilizando el término popperiano que en el currículo aducen: “una búsqueda sin términos”. Es sumamente paradójico ver que el conocimiento científico es entendido como una constante búsqueda en los lineamientos curriculares; pero que los estándares<sup>10</sup> ofrezcan teorías y temas que en términos popperianos han sido refutados hace más de un siglo (un ejemplo

<sup>9</sup> Véase su postura epistemológica en el marco teórico de la presente investigación (Racionalismo crítico).

<sup>10</sup> Siempre que se hable de lineamientos curriculares, estándares y competencias es claro que son en ciencias naturales.

claro es el teorema de adición de velocidades de Newton, refutado por la TER de Einstein en 1905 que mostraremos a continuación).

La inconsistencia del teorema de adición de velocidades según la mecánica clásica:

**Supongamos que un vagón de ferrocarril viaja con una velocidad constante “v” por la línea, e imaginemos que por su interior camina un hombre en la dirección de marcha con velocidad “w” ¿Con qué velocidad “W” avanza el hombre en la vía al caminar? La única respuesta parece desprenderse de la siguiente ecuación:  $W = v + w$ . Este razonamiento que expresa la ley de adición de velocidades según la mecánica clásica es insostenible, y la ley que se acaba de escribir no es válida en realidad. Se sabe o se cree saber que la velocidad de propagación de la luz en línea recta es de “c” = 300.000Km/s en el vacío y es constante (Einstein, 2005, p. 45).**

Es así como Einstein con su TER refuta (en términos popperianos) el teorema de adición de velocidades de Newton, teorema que aún hace parte de los estándares y competencias enseñados y requeridos para que los estudiantes del nivel medio en Colombia puedan avanzar en sus estudios.

Otro experimento crucial (insistiendo con la terminología popperiana, ya que es éste el referente epistemológico del currículo) es el realizado por Faraday- Maxwell, que hace insostenible las dos siguientes competencias de los estándares en ciencias:

1. Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos.

(MEN, 2004, p. 23)

2. Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal. (MEN, 2004, p. 23)

Estos dos lineamientos muestran de manera explícita la discordancia entre lo que pretende el currículo y lo que éste hace para alcanzar dichas pretensiones.

Mostraremos entonces el porqué de su insostenibilidad:

**El éxito de la interpretación de Faraday-Maxwell de la acción electrodinámica a distancia a través de procesos intermedios con velocidad de propagación finita hizo que entre los físicos arraigara la convicción de que no existían acciones a distancias instantáneas e inmediatas del tipo de la ley de gravitación de Newton. Según la Teoría de la Relatividad, en lugar de la acción instantánea a distancia, o acción a distancia con velocidad de propagación infinita, aparece siempre la acción a distancia con la velocidad de la luz, lo cual tiene que ver con el papel teórico que desempeña la velocidad de la luz “C” en esta teoría (Einstein, 2005, p.p. 48-49).**

Es así como las competencias propuestas en los estándares muestran claramente que están fundamentadas en teorías que en términos de Popper (el referente epistemológico de los lineamientos curriculares) se encuentran refutadas hace más de un siglo; algo completamente incoherente con las “pretensiones curriculares”.



### **Conclusión Subcategoría 1.2 y 1.3: Bases pedagógicas y didácticas del currículo**

El papel que cumplen tanto la pedagogía como la didáctica en el currículo de ciencias:

**Invita al docente a mejorar su rol de educador, asigna un nuevo papel al laboratorio de ciencias, aporta elementos para mejorar el proceso de evaluación del aprendizaje y finalmente propone una alternativa didáctica renovadora, que debe tomarse como punto de referencia, pero que de ninguna manera constituye una camisa de fuerza a seguir. Más bien debe ser interpretada como una invitación a los docentes a que construyan sus propias propuestas didácticas (MEN, 2004, p. 4)**

Los lineamientos curriculares en cuanto a las implicaciones pedagógicas y didácticas del currículo de ciencias hacen referencia principalmente a los objetivos de la enseñanza de las ciencias naturales; éstos hacen alusión en primera instancia a lo que consideran que ellas son. La pedagogía representa las reflexiones y transformaciones de la práctica educativa, y la didáctica la reflexión sobre todos los aspectos de las relaciones del maestro con sus estudiantes en un contexto determinado; además, las relaciones maestro-alumno y enseñanza-aprendizaje a partir de algunas consideraciones sobre el rol del maestro. Señalando algunas características que deben estar impregnadas en el maestro del siglo XXI, entre las que se encuentra la autonomía, el autocuestionamiento y la conciencia de su labor; además se plantea que el profesor forma parte de la comunidad educativa tomando el rol de líder con formación pedagógica; también es visto como un investigador pedagógico y un formador en valores (MEN, 2004), pero lo que más nos llama la atención es que afirman que “La renovación pedagógica y didáctica que realicen los docentes, debe

convertirse en una gran corriente transformadora de la educación en el país” (Op. Cit., p. 42); es entonces cuando nosotros como educadores nos preguntamos ¿es posible transformar la educación del país con un currículo en el cual se enseñan temáticas refutadas? Resulta paradójica la elaboración y posterior aplicación de un currículo en pleno siglo XXI impregnado solo con temáticas del siglo XIX (refiriéndonos específicamente al currículo de Física); más aún cuando se fundamenta un espacio autónomo del maestro para el desarrollo de su labor, el cual es denominado libertad pedagógica del maestro; libertad que debe ser ejercida dentro del marco orientador del Estado (Constitución Política 1991 y Ley General de Educación 1994); libertad que se ve coartada con las pruebas de estado, debido a que los docentes no tienen el espacio para introducir en sus prácticas educativas teorías modernas y/o contemporáneas, ya que si no se forma en lo que se evalúa se puede ver comprometido el prestigio tanto del docente, como de la misma institución educativa.

Sobre el rol del maestro los lineamientos curriculares expresan que:

**Se espera pues que una nueva visión del proceso curricular tome en cuenta los conceptos anteriormente expuestos a través de los cuales se redefine no solamente el nuevo rol del maestro sino también del Estado. Según el nuevo marco orientador provisto por la Ley 115 de 1994, las instituciones educativas gozan de autonomía para organizar su currículo (artículos 76 y 77) el cual será el medio fundamental para llevar a cabo el Proyecto Educativo Institucional (PEI). Esto nos lleva a considerar que el nuevo proceso curricular descansa de manera inequívoca en los maestros a quienes el Estado debe apoyar para que su trabajo sea realmente transformador. (MEN, 2004, p. 42)**

Este aspecto resalta entre los demás, pero la autonomía que dan a las instituciones desaparece cuando el estado aparece con sus pruebas. se hace alusión también a que “la educación cumple dos papeles fundamentales en la vida de una persona: la formación como ciudadano y la formación para el desarrollo productivo”(MEN, 2004, p. 42), siendo el segundo papel mencionado el que se ha considerado como el más importante en la actualidad; lo que nos lleva a pensar en el tipo de sujeto que se quiere formar. También se enfatiza en formar un sujeto integral en valores (solidaridad, tolerancia, autonomía y responsabilidad); sobre lo cual Goffin (1996), los plantea como mediadores de la relación entre “la ciencia y la tecnología y su contexto natural, social y cultural” (MEN, 2004, p. 43); es decir, como puentes entre la educación ambiental y la ética.

Sobre la enseñanza de las ciencias, la educación ambiental y la relación de estas con el lenguaje científico, plantean que el proceso educativo debe permitir la reestructuración de las teorías previas de los estudiantes, pero desde nuestro punto de vista la mayor herramienta para propiciar estos eventos en la educación científica es introducir teorías actuales en las aulas de clase, potenciando en los estudiantes la estructuración de un pensamiento crítico y reflexivo, teniendo en cuenta para tal fin cómo se estructura el conocimiento, “es muy importante resaltar el hecho de que ni el profesor ni nadie tiene la verdad absoluta; su misión es la de permitirle al estudiante apropiarse de un legado cultural en permanente evolución como son las teorías científicas” (MEN, 2004, p. 46). Entonces si se reconoce que la ciencia evoluciona ¿por qué se plantean temáticas que hacen ver la ciencia como algo estático?, quedannuevamenteincosecuentes los intereses del currículo en el papel, con respecto a lo que realmente se desarrolla en el aula de clase; más aún cuando

se argumenta que “el estudiante que se apropia de este legado podrá ser uno de los que lo modificarán en busca de mejores explicaciones del mundo conocido y de preguntas que nos lleven a la ampliación de su extensión” (ibíd.). Por otra parte, esta ampliación debe permitir que el estudiante conciba el conocimiento científico como una construcción de él mismo, otorgando así el carácter constructivista necesario en la educación en ciencias.

**Desde la perspectiva constructivista la pregunta es un momento de desequilibrio: las representaciones sobre un sector del mundo no encajan, no concuerdan con él. Es necesario modificar las representaciones. Cuando se logra una representación concordante, tenemos un nuevo equilibrio hasta el momento en que nuevos conocimientos pongan en conflicto las representaciones hasta el momento en equilibrio. (MEN, 2004, p. 46).**

En cuanto a la historia de la ciencia se refiere desde las implicaciones pedagógico-didácticas los lineamientos curriculares aducen que “conocer la historia evolutiva de las teorías y los conceptos científicos es un recurso valioso para lograr, entre otras cosas, la comprensión y un cambio de actitud hacia las ciencias en los estudiantes” (MEN, 2004, p. 50). Pero luego se evidencia una gran contradicción cuando asumen el aula de clase como un espacio de reproducción y verificación de teorías: “los alumnos y el profesor, al igual que los científicos, van al laboratorio para “interrogar” a la naturaleza con el fin de confirmar o rechazar sus hipótesis” (Op. Cit., p. 52). Se muestra entonces que poco importan las implicaciones históricas a la hora de “verificar” y/o aceptar teorías.

Sobre la alternativa didáctica se describe una propuesta para enseñar ciencias que más que construir conocimiento científico pretende reconstruir los mecanismos de producción de conocimiento de las comunidades científicas:

**La tarea de enseñar ciencias se convierte en la tarea de simular para el alumno un ambiente equivalente a aquel en el que el científico construye teorías y diseña arreglos experimentales para contrastarlas, con el fin de que, al igual que el científico, el estudiante construya, opara ser más precisos, reconstruya conocimiento acerca de los fenómenos estudiados por las ciencias naturales. (MEN, 2004, p. 56)**

Esta propuesta didáctica se basa también en el trabajo con problemas de la vida. Según esta propuesta el profesor debe iniciar cada temática planteando un problema y propiciando que el estudiante encuentre una solución a través de la discusión y el análisis potenciando en el estudiante nuevas ideas que éste pueda comunicar y “entender, desde ellas el problema que se analiza”(MEN, 2004, p. 63). Luego de la discusión es necesario que el docente proceda a evaluar el proceso de reconstrucción de modelos; ya que los modelos deben ser entendidos y explicados por los alumnos. Luego proponen que es necesario que los alumnos realicen experimentos derivados de sus modelos para solucionar sus desaveniencias. Aquí el experimento se plantea como una instancia de contrastacion de teorías, como “un instrumento para costruir conocimiento válido y convincente” (MEN, 2004, p. 63). Después del proceso de experimentación y discusión debe establecerse “el modelo respaldado por los resultados del experimento”(MEN, 2004, p. 64); finalmente, el profesor ha de incitar a los estudiantes a establecer las implicaciones del modelo construido, como puntos de partida para otro proceso de conocimiento.

Cabe destacar que los lineamientos curriculares oscilan entre una mirada tradicionalista y constructivista sobre cómo se debe enseñar la ciencia, creando una gran confusión, tanto para aprendices como para docentes. Desde una postura tradicionalista pretenden que el alumno llegue al conocimiento por medio de un recetario (método científico positivista), siguiendo instrucciones; y por otra parte, plantean que el estudiante debe ser artífice de su propio conocimiento y el maestro tan solo un mediador del mismo. De la misma manera otorgan demasiado valor a la corroboración a través de la experimentación, síntoma manifiesto del positivismo lógico arraigado. Por tanto la conclusión a la que se llega en este punto de la investigación es que las bases pedagógico-didácticas del currículo (y el mismo currículo) se debaten entre el positivismo y el constructivismo, lo cual puede provocar malversaciones en estudiantes y docentes, cuyo fin es acercarse a la consecución de un conocimiento científico.

## **Categoría 2: contribución de la postura teórica del investigador a la contextualización del currículo en Física.**

### **Conclusión subcategoría 2.1: concepción de la naturaleza de la ciencia**

(No hay un método determinado, sino que se elige un método según su requerimiento)

La concepción de la naturaleza de la ciencia de los investigadores se ha sustentado en el marco teórico; pues como se manifiesta, son diversos los pensadores epistemológicos

que se retomaron para brindar una posibilidad holística sobre la posible naturaleza de la ciencia; es por esto, que cualquiera de estos referentes que sea utilizado por el docente será, a nuestro modo de ver, válido; ya consideramos que cada sujeto va construyendo a través de la educación su modo particular de ver la ciencia. De esta manera, como nos basamos en varios referentes epistemológicos; podría decirse que estamos enmarcados en el principio “todo vale” de Feyerabend; es decir, creemos que no hay una única forma de interpretar el avance científico, y que cada uno de los criterios de demarcación desarrollados tanto por Popper, Kuhn, Bachelard, Toulmin, Lakatos y el del mismo Feyerabend (que nos parece recoge con su principio las anteriores concepciones), son válidas para explicar el avance del conocimiento científico.

Asimismo consideramos que los docentes formados en ciencias deben utilizar una metodología pluralista al momento de enfrentarse al reto de la enseñanza y aprendizaje de la misma, pues como argumenta tácitamente Feyerabend (1984): “la metodología pluralista es necesaria tanto para el avance del conocimiento como para el desarrollo de nuestra individualidad” (p. 27). Esta metodología pluralista le debe permitir al docente conocer las distintas y posibles visiones de ciencia; para que a través de la reflexión y del análisis éste pueda elegir la que más se acomoda a su forma de pensar y lo más importante, es que tenga clara la postura que él mismo asume; es así como consideramos que una única forma de desarrollo del conocimiento científico viene dada por una pluralidad que permite al docente recoger tanto la información que le parece más relevante, como adaptarla a su discurso para la enseñanza de la ciencia; esto con el fin de que la enseñanza de la ciencia sea más

enriquecedora para los estudiantes y aporte al docente recursos necesarios para lograr dicho cometido.

### **Conclusión subcategoría 2.2 y 2.3: postura pedagógico-didáctica**

El modelo pedagógico-didáctico que creemos puede contextualizar el currículo en Física y que por ende es el que consideramos para nuestro quehacer docente, está enmarcado en el constructivismo, específicamente nos basamos en la Teoría del Aprendizaje Significativo (TAS) de David Ausubel y en la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico (TASC) de Marco Antonio Moreira; ya que estas teorías propenden porque tanto el profesor como el aprendiz sean sujetos críticos y reflexivos a la hora de enfrentar las relaciones que se tejen en la enseñanza-aprendizaje del conocimiento científico; considerando que a través de diversas estrategias de enseñanza el docente puede lograr que el educando comprenda teorías o fenómenos que en la cotidianidad pueden ser difíciles de entender y/o representar. De la misma manera, podemos dar un valor relevante a dichas teorías, ya que resultaron de importancia magna al momento de enseñar una temática tan compleja como lo es la Teoría Especial de la Relatividad (TER), pues se observó que los estudiantes además de estar motivados por la diversidad de herramientas que dichas teorías (TAS, TASC) abogan, ayudaron a la comprensión de los enunciados y los fenómenos que se desarrollaron en la TER.

Es por tal motivo que consideramos que estas teorías son necesarias para la enseñanza de la Física; pues en sí, permiten que el docente obtenga diversas estrategias



para la enseñanza-aprendizaje y ayuda a que el estudiante sea partícipe activo de su formación. Para finalizar, la única forma plausible y observable en este contexto hasta ahora, que puede ayudar y desmitificar a la ciencia es el pensamiento constructivista, ya que es el hombre quien permea todo con sus pensamientos, él es el componente principal y primordial de todo lo que construye, y la ciencia no debe escaparse de ello; por el contrario, el pensamiento científico, “conocedor, descubridor, o creador” que deberían ser sinónimos en lo que refiere al discurso del conocimiento científico, debe tener claras sus raíces, y no despojarla de sus bases subjetivas, que al fin y al cabo, tienen sus inicios en los simples pensamientos metafísicos de cada sujeto no olvidemos algo, toda primera idea antes de ser física, tangible, tuvo que ser metafísica, es decir, simplemente un pensamiento.

### **Análisis y conclusiones por subcategoría de los casos**

#### **Caso 1**

##### **Conclusión Subcategoría 3.1:** concepción de la naturaleza de la ciencia

La concepción de naturaleza de la ciencia en la primera actividad desarrollada por el estudiante (ver anexo 3) evidencia rasgos positivistas; se detecta en las respuestas del estudiante negligencia hacia los temas abordados, el estudiante no intenta elaborar sus respuestas a los interrogantes que se le presentan, sus respuestas son una copia fiel a las lecturas de la cartilla (ver anexo 2). En la actividad 2 el estudiante empieza a mostrar indicios que posibilitan una manera diferente de ver la naturaleza de la ciencia; es decir, el estudiante intenta pasar de un positivismo a un constructivismo, un claro ejemplo de ello es la respuesta que da al interrogante 7, donde se le pregunta por el continuo espacio-tiempo:

¿Se puede separar éste en espacio y tiempo?, responde: “Desde mi punto de vista y para la TER no se podría separar, pero para Newton se podría ya que estos tenían su pensamiento diferente”. Es evidente que ha captado que hay diferencias entre un mismo concepto en distintas teorías. En este caso en la mecánica newtoniana y la TER.

Seguidamente en la actividad de ideas previas el estudiantes muestra dos formas de ver el mundo, una desde una visión positivista para la cual las leyes son universales, la otra desde una postura constructivista mediante la cual las teorías son provisionales; en sus respuestas se evidencia que el estudiante se mueve constantemente en estas dos posturas, muchas de sus respuestas son de corte positivista, pero unas tantas de corte constructivista. Una de las respuestas en el instrumento de ideas previas es: “No es posible viajar en el tiempo ya que este no cambia”; esto muestra una postura positivista de la naturaleza de la ciencia, donde predomina el concepto absoluto, independiente e invariante del tiempo, propio de la mecánica Newtoniana. El estudiante 1 cree que es posible la contracción de un objeto al viajar a velocidades cercanas a la de la luz, pero justifica dicha variación en el objeto diciendo que “las cosas en el espacio son de una manera diferentes”; es así como se torna evidente su postura no definida. En definitiva, algo que influyó mucho fue que el estudiante 1 constantemente estaba ausente de las clases, es por esto que no pudo realizar muchas de las actividades propuestas, y esto hizo que su mirada de la naturaleza de la ciencia no se pudiera consolidar.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad

El estudiante 1 afirma que todos los instrumentos utilizados en la propuesta didáctica son sumamente importantes ya que ayudaron entender un poco la TER; considera que aún con toda esta cantidad y variedad de instrumentos utilizados no comprende muy bien la teoría porque es muy difícil, pero lo que más le ayudó a comprender un poco los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud fueron las animaciones ya que al ser tan gráficas es más fácil construir un modelo mental de dichos fenómenos, dicho en sus palabras “es más fácil hacerse la idea de que es la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud”.

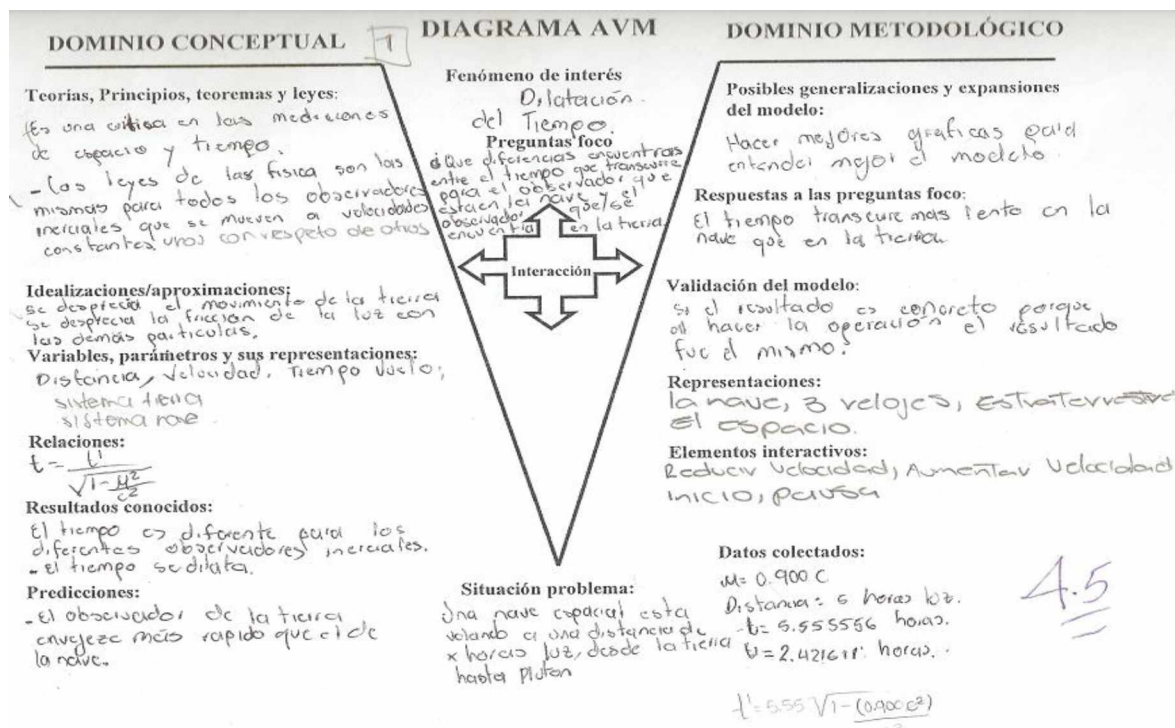
**Conclusión Subcategoría 3.3:** concepción de ciencia en el contexto

El estudiante 1 muestra en sus respuestas que está permeado totalmente por el contexto cuando dice: “uno no envejece porque cambia, sino por la contaminación a la que está sometido”, igualmente, argumenta que al estar el viajero en un sistema sin contaminantes, no envejecerá rápido, mientras que alguien que permanezca en la tierra envejecerá debido a este factor. Como se deja ver, el estudiante tiene una postura biológica sobre el envejecimiento del gemelo que se queda en la tierra, lo cual muestra que su concepción de vejez está completamente relacionada a los factores ambientales y conceptos de uso cotidiano; es aquí donde se torna relevante la contextualización de la TER, proceso que es casi imposible, ya que sus supuestos son demasiado abstractos y es poco probable que un fenómeno de estos se pueda visualizar en la cotidianidad.

## Conclusión Subcategoría 4.1: Consideraciones de las simulaciones

Es evidente que las simulaciones juegan un papel importante como herramienta en el aula para tratar teorías como la TER; ahora bien, el hecho de presentarla no significa que solo con la simulación los estudiantes van a comprender el fenómeno, es preciso que esta herramienta vaya acompañada de la explicación y constante acompañamiento del docente. Las simulaciones ayudaron a que el estudiante 1 comprendiera y consolidara el fenómeno de dilatación del tiempo y a través de dicha simulación se hizo más perceptible lo que expone la TER. Esto lo evidenciamos al observar la construcción que el estudiante hizo del diagrama AVM que mostraremos en la siguiente imagen

Imagen VII. Diagrama AVM caso 1.



Una de las consideraciones que hizo el estudiante sobre la simulación fue en “Hacer mejores gráficas para entender mejor el modelo”. Aunque la simulación muestra fielmente la parte fenoménica de la dilatación del tiempo, es importante que ésta cuente con mayores recursos con el fin de motivar aún más a los estudiantes que están sumergidos en una era altamente tecnológica. Para finalizar, es supremamente inquietante que en pleno siglo XXI, a más de cien años del surgimiento de la Teoría Especial de la Relatividad (teoría que hace parte de la denominada física moderna) y viviendo en un presente donde los grandes avances de una física contemporánea, sumando los grandes avances tecnológicos alcanzados por la humanidad; y como si fuera poco, catedráticos luchando por la inclusión de aspectos tratados en la Física que cambió de rumbo hace más de cien años, es incomprensible cómo con todo lo mencionado, haya tan poco material educativo (simulaciones) para efectuar una buena explicación de fenómenos como la dilatación del tiempo y contracción de la longitud; esto, claramente devela la falta de tratamiento de un tema tan importante en la enseñanza-aprendizaje de la Física, como lo es la TER.

**Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones.

Es importante destacar la utilización de la animación como un factor que motiva al estudiante 1, ya que la temática inicialmente fue difícil para éste; el estudiante estuvo supremamente atento al momento en que se mostraron las animaciones; esto sirvió para que consolidara de una manera más visual conceptos como la dilatación del tiempo y la

contracción de la longitud. Por otra parte, las animaciones son herramientas que permiten mostrar de una manera más dinámica conceptos que son difíciles de entender y/o de visualizar. En conclusión, las animaciones motivan al alumno y hacen que éste cambie de disposición para enfrentar determinado tema, que cause o no dificultad, es más sencillo de entender si se muestra de una forma más dinámica y visual.

## **Caso 2**

### **Conclusión Subcategoría 3.1:** concepción de la naturaleza de la ciencia

Inicialmente se evidenció en el estudiante 2 una noción positivista de la naturaleza de la ciencia, ya que a nuestra forma de ver toma la ciencia como descubrimientos realizados por sujetos ajenos al común de la gente, teniendo como punto de referencia una concepción de científico enmarcada en la majestuosidad y la verdad absoluta. En esta noción filosófica presentada por el estudiante se desconoce totalmente la historia de la ciencia y se desconoce la construcción social como fundamento de la misma, ya que en el estudiante no se evidencia el proceso de los acontecimientos de una época cronológicamente, sino descubrimientos con autor y fecha sin considerar un tipo de orden establecido. A medida que fueron avanzando las sesiones de trabajo el estudiante empieza a manifestar interés por la historia de la ciencia, ya que desconocía la visión de mundo que tenían varios pensadores, ilustrados en las actividades 1 y 2 (ver anexos 3 y 6). En el desarrollo de algunas de estas actividades copia textualmente de las lecturas las respuestas, sin recurrir al análisis de las mismas, aunque en la pregunta que se le pedía una reflexión, el

estudiante hace el intento de construir con sus bases y responde que “Es interesante conocer el avance físico en la historia para saber lo que en día se convirtió en tecnología y teorías válidas hasta la fecha”. Aunque el estudiante valoró la historicidad de la ciencia ya que la encontró atractiva, es pertinente decir que de cierto modo se le dificultó elaborar las respuestas, asumiendo una actitud un poco conductista.

A partir de la segunda actividad (Ver anexo 6) se empieza a evidenciar parcialmente un cambio de visión de ciencia en el estudiante 2; posibilitado por los conceptos de espacio y tiempo, tanto relativos como absolutos tratados en esta actividad 2, donde el estudiante logra evidenciar la trasposición que hace Einstein en su Teoría Especial de la Relatividad a los conceptos de espacio y tiempo absolutos tratados anteriormente por Newton en su mecánica clásica, convirtiéndolos en un solo concepto denominado espacio-tiempo, aquí el estudiante empieza a dar los primeros pasos hacia una ciencia como construcción social enmarcada en una naturaleza con visión constructivista. En esta actividad el estudiante reconoce la diferencia que hay entre los conceptos espacio y tiempo propuestos por la mecánica clásica, y el concepto espacio-tiempo propuesto por la TER. Reconociendo que en la mecánica clásica éstos eran independientes y absolutos, mientras que en la relatividad eran un solo concepto y que además eran relativos dependiendo del observador.

En la tercera actividad (ver anexo 7), en lo que a naturaleza de la ciencia se refiere, el estudiante se debate entre sus ideas previas y lo que la TER le presenta; es decir se debate entre el positivismo y el constructivismo. La visión empirista arraigada de ciencia se

niega a tener en cuenta que estar frente al mismo fenómeno físico no significa observar la misma cosa; es decir, se pueden observar los conceptos de espacio y tiempo, desde la mecánica clásica y desde la TER y no son lo mismo; es evidente que del paso de una hacia la otra hay una construcción realizada por sujetos. Ahora bien, para el estudiante 2 parece ser lo mismo el espacio y el tiempo absolutos como relativos, por lo tanto sigue estando más apoyado en una ciencia acabada no progresiva. El estudiante expuso que no encontraba posible que sucediera el fenómeno de dilatación del tiempo ya que consideraba que el tiempo al ser relativo tanto en el espacio como en la tierra, para los dos iba a transcurrir igual. En cuanto a su visión de ciencia deja claro que nada puede viajar más rápido que la velocidad de la luz, y argumenta que el ser humano no creía cosas que ahora son posibles, aludiendo que posiblemente en un futuro el ser humano quizá encuentre o cree algo que sea más rápido que la luz. De este modo se evidencia una postura constructivista, ya que considera que aunque sea una teoría válida hoy en día, tal vez mañana pueda rebatirse y abra paso a una nueva (evolución de la ciencia).

Si bien las preguntas de la actividad 10 (ver anexo 18) fueron planteadas con el objetivo de valorar la apropiación de los estudiantes de los conceptos espacio, tiempo y espacio-tiempo, además de la comprensión de la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud, pretendiendo evidenciar un cambio de visión de ciencia en los estudiantes; en el estudiante 2 se evidencia comprensión de los fenómenos dilatación del tiempo; en este sentido su visión de la naturaleza de la ciencia pasó de la posición de ciencia permeada por descubrimientos a aquella ciencia como construcción social. Debido a que comprendió que en la ciencia como tal cuenta la persona y su experiencia previa. Si bien antes por estar en



el extremo de lo absoluto no daba crédito a lo relativo, al resolver el examen, muestra que no solo le da credibilidad a la TER sino también evidencia haber adoptado una nueva concepción de mundo. De este modo, se evidencia que el estudiante ha cambiado su incredulidad hacia esta teoría y los fenómenos que abordaba.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad

En la actividad de las simulaciones, el estudiante se mostró interesado y explicaba a su compañero algunas dudas que a éste le surgían. Las simulaciones fueron de gran aporte al estudiante, ya que hizo que comprendiera y consolidara el fenómeno de contracción de la longitud y dilatación del tiempo, y a través de la simulación se hizo más perceptible lo que expone esta teoría. Además una de las falencias que tenía el estudiante era al tratar de explicar un sistema de referencia inercial, y con la simulación de contracción de la longitud, evidenció de qué trataba precisamente esta noción que tenía cada observador inercial dependiendo del punto de referencia donde se encontrase.

En cuanto a la apreciación que el estudiante le hace a las simulaciones manifiesta que “el modelo debería ser en 3D, aunque de alguna manera se puede experimentar este”. Es decir que para él, sería más atractivo realizar esta actividad si las simulaciones tuviesen mejores gráficas.

### **Conclusión Subcategoría 3.3: concepción de ciencia en el contexto**

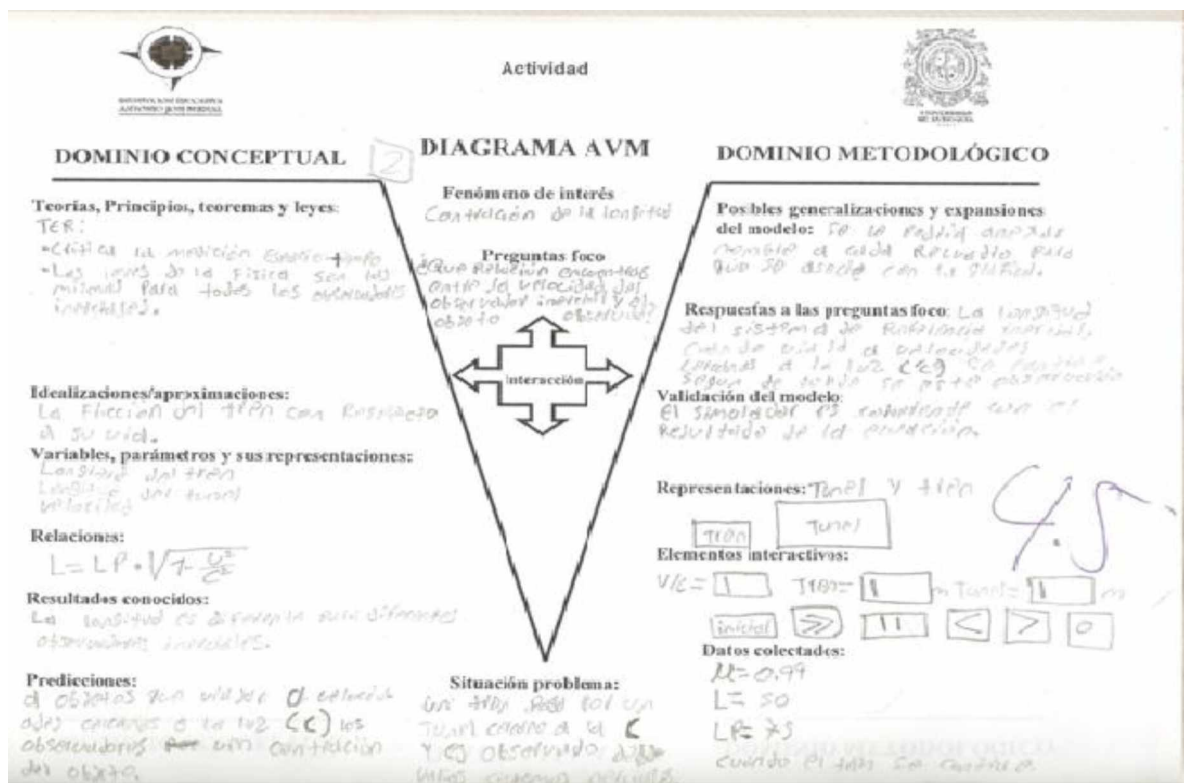
Con respecto a la subcategoría que hace énfasis a la concepción de ciencia en el contexto, cabe destacar que en este estudiante 2 el contexto es uno de los limitantes para que no ocurra un cambio cosmológico completo en lo que a visión de ciencia se refiere, ya que para este estudiante solo existe lo tangible, esto se nota claramente en sus respuestas; en una de ellas donde se le pregunta por la posibilidad de la existencia del tiempo sin su medición, argumenta que “el tiempo existiría igualmente, porque hay movimientos constantes y de igual forma tenemos una noción del tiempo”. Allí deja claro desde el punto de vista y a través de su experiencia, que el tiempo existe dado que hay movimiento, evidenciando un pensamiento positivista, ya que si no hay movimiento, no hay tiempo. Es evidentemente claro que el estudiante está influenciado un poco por películas de ciencia ficción porque argumenta situaciones como la que se muestra a continuación, en muchas de las actividades realizadas en las que se hacía referencia a la velocidad de la luz como limitante para otros fenómenos ajenos a ella, este estudiante insistentemente dice que el ser humano o cualquier objeto que alcance la velocidad de la luz se desintegraría.

### **Conclusión Subcategoría 4.1: Consideraciones de las simulaciones**

El estudiante considera que las simulaciones son de gran ayuda, ya que le permiten visualizar mejor el fenómeno estudiado, de la misma manera los gráficos le permitieron ver el fenómeno como si fuera “real”; asimismo, creemos que las simulaciones permitieron al estudiante 2 comprender mejor los fenómenos estudiados (la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud), ya que al observar el diagrama AVM que el mismo estudiante

estructuró, evidencia el enorme entendimiento del fenómeno y la relación que logró establecer entre el fenómeno de manera “experimental” (por medio de la simulación) y lo que la teoría indica, como se muestra en la imagen.

**Imagen VIII. Diagrama AVM caso 2.**



Igualmente consideramos que las simulaciones utilizadas en las actividades 8 y 9 (ver anexos 16 y 17) sobre dilatación del tiempo y contracción de la longitud respectivamente, son necesarias para el abordaje de la TER, en el sentido de que son

fenómenos que no pueden abordarse fácilmente en el laboratorio ni evidenciarse en nuestra cotidianidad; por tanto, es de suma importancia apoyarse en este tipo de herramientas que ayudan a los estudiantes a visualizar mejor estos y otros fenómenos, proporcionándoles el funcionamiento y las implicaciones de tales fenómenos.

#### **Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones

El estudiante en primera instancia no concibe que el tripulante de una nave espacial que viaja a velocidades cercanas a la de la luz al regresar se encuentre más joven que alguien que se quedó ese tiempo en la tierra; según lo anterior el estudiante 2 no tiene nociones ni siquiera efímeras de la TER, por consiguiente la animación por sí sola no evidencia los principios de dicha teoría; por tanto se hace necesario que las animaciones vayan acompañadas de la teoría.

### **Caso 3**

#### **Conclusión Subcategoría 3.1:** concepción de la naturaleza de la ciencia

En las actividades 1 y 2 (ver anexos 3 y 6) donde se indagaba por la concepción de la naturaleza de la ciencia que tenía el estudiante 3, éste mostró una concepción completamente positivista de lo que es la ciencia; nos atrevemos a afirmar esto, haciendo una interpretación del primer instrumento, que trataba de mostrar cómo en diversas épocas las personas tenían disímiles concepciones de cómo “funcionaba el universo”. El estudiante se mostró enormemente asombrado al entender que en otro contexto, los sujetos de ciencia

entendían e interpretaban el universo de una manera diferente, y trataba de dar respuesta a estas inquietudes argumentando que seguramente esto pasa porque no existían los instrumentos y la tecnología que existe el día de hoy, confirmando así nuestra afirmación.

Uno de los propósitos de nuestra investigación era favorecer la evolución de conceptos (en términos Toulminianos) y el cambio en la concepción de naturaleza de la ciencia; para esto, se introdujeron conceptos de la mecánica clásica como lo son: los conceptos de espacio y tiempo. De la misma manera, el concepto propio de la Física relativista denominado espacio-tiempo; que proporciona un cambio de doctrina en la formación de un espíritu científico, según Bachelard; es decir, un cambio de cosmología, de una mecanicista a una fenomenológica. Con respecto al caso 3 específicamente, se evidenció que comprendió de manera satisfactoria los conceptos de la mecánica clásica, más se evidenció una deficiencia en el de la Física relativista. Estas conclusiones nacen de las respuestas del estudiante a las siguientes preguntas: ¿Qué es el espacio para la física clásica? Cuya respuesta fue: “el espacio para Newton era absoluto; es decir que no cambia nada”, asimismo para la pregunta ¿Qué es el tiempo para la física clásica? El estudiante 3 responde: “el tiempo para la Física clásica es absoluto y nunca cambia”. Se muestra el dominio de los conceptos espacio y tiempo, propios de la mecánica clásica; pero además con la pregunta: ¿qué es el espacio-tiempo para la TER? a lo que el estudiante 3 responde: “el espacio y el tiempo para TER es la velocidad respecto de un observador de otro”; tácitamente se muestra una falta de comprensión de determinado concepto, lo cual dificulta un poco más la inserción del estudiante a la nueva doctrina, que en términos de Bachelard sería un racionalismo dialectico.

De la misma manera, se pudo evidenciar dicha concepción mecanicista, donde la causa-efecto es su principal principio, cuando el estudiante responde la pregunta luego de ver la animación sobre la paradoja de Langevin: ¿Te parece posible que Henry vuelva del viaje a ZOG mucho más joven que su hermano Albert que se quedó en la tierra? y éste responde: “Sí, porque Henry está en un viaje alejado de la tierra donde es diferente todo”; acuñando a la causa de que todo es diferente, el efecto de que sí es posible que Henry llegue más joven a la tierra que su hermano, ignorando por completo un fenómeno como la dilatación del tiempo.

Asimismo, en el instrumento de ideas previas (donde se implementó la animación de la paradoja de Langevin) se pudo observar que el estudiante 3 no tiene ninguna noción de lo que es la TER y mucho menos de las implicaciones que dicha teoría ofrece, se puede llegar a esta conclusión luego de ver respuestas como las siguientes: Si Henry llega mucho más joven a la tierra de su viaje, ¿crees que es posible viajar en el tiempo? El estudiante responde: “yo creo que sí es posible porque uno siempre está en el tiempo; es decir, el ser humano siempre está relacionado con el tiempo”. Capta la relación del sujeto con el tiempo, pero ignora completamente por qué sería posible que se diera este tipo de fenómeno.

Por otra parte, contrastando la respuesta que da el estudiante 3 en el instrumento de ideas previas, respecto al examen final en la respuesta equivalente, se puede observar lo siguiente cuando se pregunta: ¿Hay posibilidades de que el tiempo transcurra más lento

para un sujeto con respecto a otro? A lo que el estudiante responde: “depende de la situación porque si el sujeto está en la tierra el tiempo va más rápido con respecto a otro si este otro está en una nave a velocidades cercanas a la luz, allí el tiempo irá mucho más lento con respecto al de la tierra”. El estudiante llegó a estas conclusiones luego de mostrar en qué consistía la TER y cuáles eran sus principios y postulados; entonces, es posible decir que el estudiante evolucionó conceptualmente y utilizó la argumentación para mostrar dicha evolución.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad

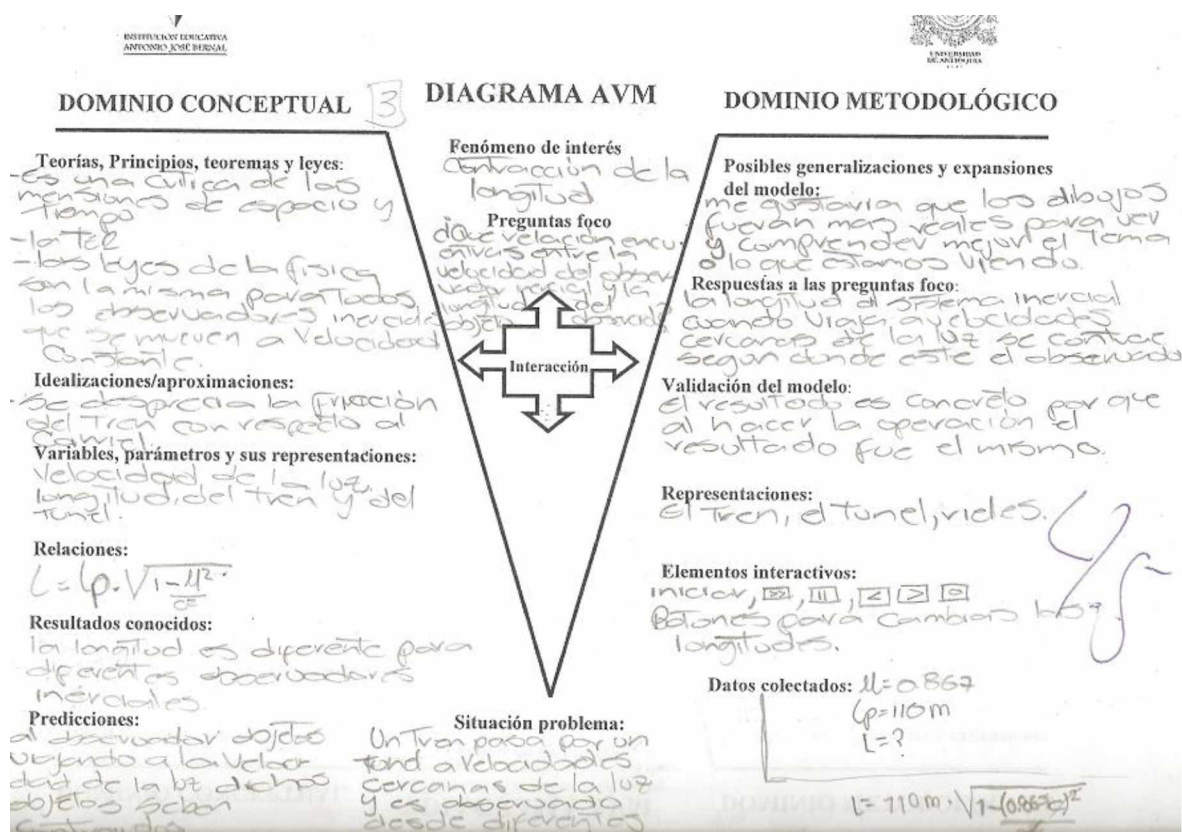
El estudiante afirmó que “la cartilla fue un instrumento muy útil, ya que todo estaba muy especificado, además cuando el profesor explicaba lo que se encontraba en las lecturas y los ejercicios de la cartilla, era mucho más fácil de entender”. De la misma manera, entiende que las animaciones y las simulaciones son de gran importancia a la hora de entender un poco más los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, esto porque “refuerza más las explicaciones realizadas por el profesor”; añade además, que las simulaciones ayudan para demostrar cómo ocurren los fenómenos mencionados anteriormente y que lo más interesante es poder modificar las variables de modo que sea posible “jugar con las simulaciones”, evidentemente esto muestra la importancia de las TIC a la hora de enseñar teorías tan abstractas como la TER; sin embargo, hay que comprender que este tipo de herramientas por sí solas no son un instrumento significativo para los estudiantes.

#### **Conclusión Subcategoría 4.1: Consideraciones de las simulaciones**

El estudiante considera que las simulaciones son de gran ayuda, ya que le permiten visualizar mejor el fenómeno estudiado, asimismo le permiten ver el fenómeno de una manera más gráfica; es por esto que creemos que las simulaciones permitieron que el estudiante 3 comprendiera mejor los fenómenos estudiados (la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud), ya que al observar el diagrama AVM que el mismo estudiante construyó, se evidencia el entendimiento del fenómeno y la relación que logró establecer entre el fenómeno de manera “experimental” (por medio de la simulación) y lo que la teoría indica, como se muestra en la siguiente imagen:

**Imagen IX: Diagrama AVM caso 3.**





Es evidente que el estudiante logró establecer una relación entre la parte teórica y la parte “experimental”; es decir, la simulación. Las simulaciones enriquecen plenamente teorías como la TER, ya que sus fenómenos son de alta complejidad y casi imposibles de demostrar experimentalmente (o sea en un laboratorio); es por esto que recurrir a herramientas tecnológicas no solo hace posible un mejor entendimiento de fenómenos tan complejos, sino que además, motiva a los estudiantes, ya que cambia las condiciones en la enseñanza-aprendizaje de temas de ciencias en general y de Física en particular, puesto que incentiva a los estudiantes que en esta época se encuentran inmersos en un mundo tecnológico; y por otra parte, cambia la clase magistral donde el docente es quien imparte todo tipo de conocimiento, dado que descentraliza la función del profesor y lo muestra

como un acompañante y/o un orientador en el proceso de construcción del conocimiento científico; en este caso particular, en la construcción de una teoría como la relatividad restringida o especial.

#### **Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones

Inicialmente el estudiante 3 consideró la animación de la paradoja de Langevin posible, pero con muchas dudas, puesto que para éste, lo que allí sucedía (ver anexo 11) era algo imposible biológicamente, pero que se justificaba por ser un ambiente diferente; como esta animación formó parte del instrumento de ideas previas y el estudiante carecía por completo de la construcción del conocimiento de dicha teoría (TER), es evidente que la animación por sí sola no puede incitar ningún tipo de acercamiento a una teoría tan compleja como la TER; es por esto que aducimos que es necesario que este tipo de herramientas vayan de la mano con la orientación de los profesores. Luego de trabajar los postulados de la TER, sus implicaciones y algunos ejercicios en la parte formal, se volvió a mostrar la animación de la paradoja de Langevin, donde se relacionaba con uno de los ejercicios propuestos, esto mostró que la animación acompañada de la teoría que la precede y una orientación del profesor, puede ser una herramienta de suma ayuda para que el estudiante pueda entender fenómenos tan complejos, como la dilatación del tiempo. Entendiendo que dichos fenómenos son simples construcciones de sujetos y que están subordinados a cambios en cualquier momento.

## Caso 4

### Conclusión Subcategoría 3.1: concepción de la naturaleza de la ciencia

La concepción sobre la naturaleza de la ciencia del estudiante 4, inicialmente tiene un carácter positivista, ya que él tenía muy arraigada la idea de que el conocimiento científico tiene su origen en la observación y en la experiencia. En la medida en que se fueron desarrollando las actividades por los investigadores, el estudiante 4 acabó asumiendo posiciones diferentes acerca de la naturaleza de la ciencia, hasta se evidenciaron en él algunos conflictos debido a que defendía fuertemente el origen de las teorías en la observación, usando como argumento que el hombre ha conseguido mucho a través de la observación. Esto se evidencia claramente en la actividad 1 (ver anexo 3), en la cual se le pregunta por ¿Qué avances en la ciencia evidencias en cada una de las teorías que son planteadas por los autores anteriores? (Ptolomeo, Copérnico, Kepler, Galileo y Newton). A lo cual responde: “la creación de cohetes espaciales, las armas de destrucción masiva, bombas de hidrógeno, creación de aviones, edificios, puentes colgantes, entre miles de inventos”. Lo anterior en cuanto a las primeras cuatro actividades desarrolladas; ya a partir de la quinta actividad (ver anexo 10) refuerza su posicionamiento teniendo como criterio la visión de una ciencia como escenario construida por sujetos, y esto es un logro de la Teoría Especial de la Relatividad que en esta propuesta didáctica fue implementada con este fin. Fue así como este estudiante 4 pasó de dudas e incertidumbres a encontrar una nueva forma de ver el mundo. En este sentido se puede concluir que el estudio de la TER enmarcada en la física moderna, o de cualquier fenómeno de la física contemporánea, teniendo como referente los acontecimientos históricos que llevan a postular diferentes teorías, posibilita en el estudiante un cambio de cosmología; es decir, posibilita una nueva forma de ver el

mundo. Como lo dice Popper “Siempre que se introduzca una nueva hipótesis ha de considerarse que se ha hecho un intento de construir un nuevo sistema, que debería ser juzgado siempre sobre la base de si su adopción significaría un nuevo progreso en nuestro conocimiento del mundo” (ibíd.).

Conclusión Subcategoría 3.2: Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad

El estudiante 4 no entregó la encuesta, por consiguiente no se tiene su apreciación de los instrumentos utilizados para el aprendizaje de la Teoría Especial de la relatividad.

Conclusión Subcategoría 3.3: concepción de ciencia en el contexto

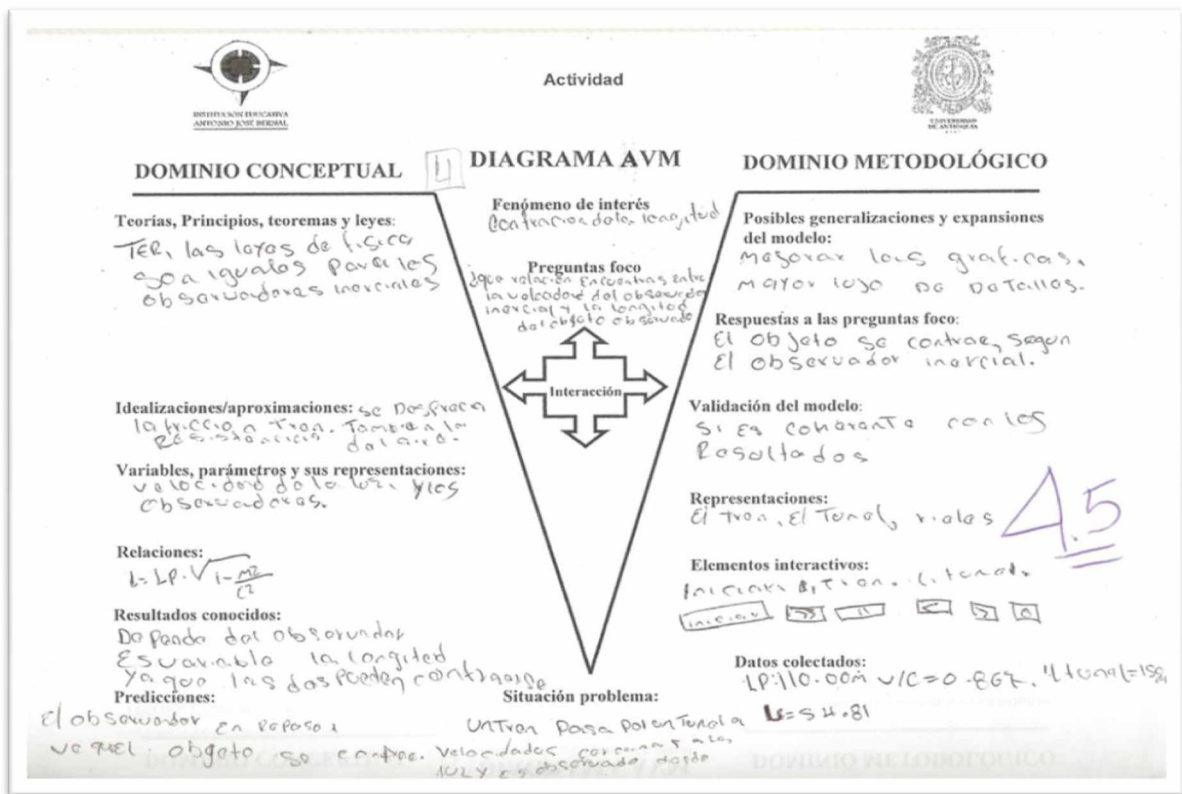
La concepción de ciencia en el contexto del estudiante 4 se evidencia fuertemente en la actividad 3 (ver anexo 7), en la cual se les mostró una animación sobre la paradoja de los gemelos. Cuando se le indaga en la pregunta dos ¿Te parece posible que Henry vuelva del viaje a ZOG mucho más joven que su hermano Albert que se quedó en la tierra? Explica de manera clara tu respuesta. Su respuesta es: “Cuerpo joven, mente y tal vez pensamiento para la edad sigue siendo pero la edad sigue siendo igual, ejemplo: una profesora que hace 11 años me dio clase y su cuerpo sigue igual como antes pero su edad sigue en ese canal de espacio tiempo”. No solo esta respuesta sino en otras como cuando se le pregunta ¿Crees que hay algún tipo de relación entre la velocidad de la nave y la diferencia de edades entre Henry y Albert luego del viaje? Explica tu respuesta. “Es algo

que como teoría no se puede descartar, bueno tal vez no tenía ese contacto en sí con tanta contaminación, además es un espacio reducido lleno de silencio así que de alguna manera habría un tiempo muerto”. Sus respuestas están permeadas totalmente o son realizadas desde el contexto en el cual se desenvuelve como estudiante de educación media; lo que hace que tenga una visión de ciencia desde el contexto eminentemente positivista, que se convierte en un obstáculo epistemológico; término acuñado por Bachelard, quien considera que un obstáculo epistemológico es todo pensamiento, idea, representación y/o aprendizaje que impida llegar a la formación de un espíritu científico. En el caso de este estudiante, ese primer obstáculo al que Bachelard hace alusión es la experiencia básica que no es más que lo que se recoge de lo vivido, lo observado y lo recogido de libros de texto y profesores de física.

#### **Conclusión Subcategoría 4.1:** Consideraciones de las simulaciones

Para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad las simulaciones no solo son importantes sino además necesarias como herramienta de apoyo, ya que en el caso de este estudiante 4 ayudaron a que comprendiera mejor los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, tratados en las actividades 5 y 6 respectivamente (ver anexos 10 y 14). Esto se evidenció luego de analizar la construcción que el estudiante hizo en el diagrama AVM de cada fenómeno, como lo muestra la siguiente imagen:

#### **Imagen X. Diagrama AVM caso 4.**



Consideramos que las simulaciones utilizadas en las actividades 8 y 9 (ver anexos 16 y 17) que hacían referencia a los fenómenos de contracción de la longitud y dilatación de del tiempo respectivamente, facilitan no solo la labor docente sino también la comprensión en los estudiantes de estos fenómenos tan difíciles de evidenciar en la cotidianidad de estudiantes y profesores.

**Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones.

El estudiante luego de observar la paradoja de los gemelos, manifestó la imposibilidad de que el fenómeno se cumpliera en la realidad, aunque dejó de manifiesto

que de esto ocurrir sería muy seguramente por la contaminación a la que la tierra está sometida, por tanto no concibe que el tripulante de una nave espacial que viaja a velocidades cercanas a la de la luz, al regresar se encuentre más joven que alguien que se quedó ese tiempo en la tierra; según lo anterior el estudiante 4 no tiene nociones ni siquiera efímeras de la TER, por consiguiente la simulación por sí sola no evidencia los principios de dicha teoría. Por tanto se hace necesario que las simulaciones y animaciones vayan acompañadas de la teoría, en el caso de nuestra propuesta de enseñanza no fue así, porque la finalidad de esta animación era la de introducir ideas previas en los estudiantes en primera instancia, más adelante también se presentó relacionándola con la teoría y algunos de los ejercicios propuestos, con esto se logró evidenciar que las simulaciones y animaciones bien encausadas ayudan a una mejor comprensión de fenómenos complejos como los tratados dentro de la TER.

### **Caso 5.**

#### **Conclusión Subcategoría 3.1:** concepción de la naturaleza de la ciencia

La concepción de la naturaleza de la ciencia que tiene este estudiante 5 en la etapa inicial de nuestra propuesta didáctica no es mecanicista, donde el hombre descubre la realidad a partir de la descripción del mundo y éste es ajeno a él. En este sentido, en la actividad 1 (ver anexo 3) que trató sobre el conocimiento científico: sus orígenes y algunos rasgos característicos; actividad que fue una lectura y sobre la cual debía llenar un cuestionario de siete preguntas en las cuales dejó ver un pequeño asomo de una mirada

fenomenológica donde el conocimiento científico es una construcción social por lo planteado en la lectura, motivo por el cual se eligió la presencia de esta lectura en la cartilla. Feyerabend afirma que: “las ciencias, después de todo, son nuestra propia creación, incluidos los severos *standards* que parecen imponernos” (Feyerabend, 1989, p. 120). Bajo estas circunstancias no fue complicado lograr en el estudiante 5 que se enfocara cada vez más en una cosmología fenoménica, esto se fue logrando a medida que fueron avanzando las sesiones de trabajo, en este sentido en la actividad uno aparecen respuestas como esta, “Me parece que estos sucesos científicos a través de la historia es la base de todo conocimiento y tecnologías hoy aplicadas, que aunque la mayoría fueron hipótesis, creo que con el mero hecho de imaginar en lo imaginable es el trabajo más complejo del mundo”. Respuesta al ítem donde se le pide elaborar una reflexión sobre el artículo leído. En este estudiante 5 se evidencia un “enculturamiento”, término introducido por Toulmin, y que tiene que ver con la formación científica que tiene cada sujeto hacia determinada disciplina científica; en otras palabras, con la manera flexible que posee cada sujeto para acercarse y aprender lo que otros sujetos hayan realizado en determinada disciplina (Toulmin, 1979, p. 30). Es así como en la actividad 10 ya se evidenció en este estudiante una cosmología fenomenológica, ya que no solo comprendió muy bien que las leyes de la física son las mismas para todo sistema de referencia inercial, sino que la ciencia tiene un proceso histórico que es construido por sujetos.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad



Sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la TER cabe destacar que las lecturas y las formas en que se realizaron jugaron un papel importante no solo en el aprendizaje de conceptos referentes de la TER, sino también en la consecución de una naturaleza de la ciencia en los estudiantes de la institución educativa presbítero Antonio José Bernal. Las lecturas instauradas en la cartilla sirvieron no solo para que los estudiantes se reconocieran en una cosmología fenomenológica, sino también para que comprendieran los conceptos de espacio y tiempo absolutos, y espacio-tiempo relativos; y además entendieran los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, aunque cabe destacar el gran aporte de las animaciones y las simulaciones en la apropiación de los estudiantes sobre la TER. Aunque se evidenció de la cartilla, que por tener las lecturas y los talleres en la misma, casi que la totalidad de los estudiantes no solo extraían las respuestas de las lecturas, sino que las copiaban textualmente en las respuestas que daban a los interrogantes de las diferentes lecturas, por consiguiente, para una nueva propuesta didáctica consideramos pertinente separar las lecturas de las actividades para que lo mencionado anteriormente no suceda.

Agregando a lo anterior el estudiante 5 en una escala de uno a diez, le pone nueve a los instrumentos utilizados, además afirma que todo fue muy bueno, necesario, excelente, útil y dinámico para desarrollar las actividades; por otra parte asegura que aprendió más de esta manera; sin embargo, lo que más le ayudó a comprender un poco los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud fueron las animaciones, argumentando que al ser tan gráficas es más fácil entender dichos fenómenos.

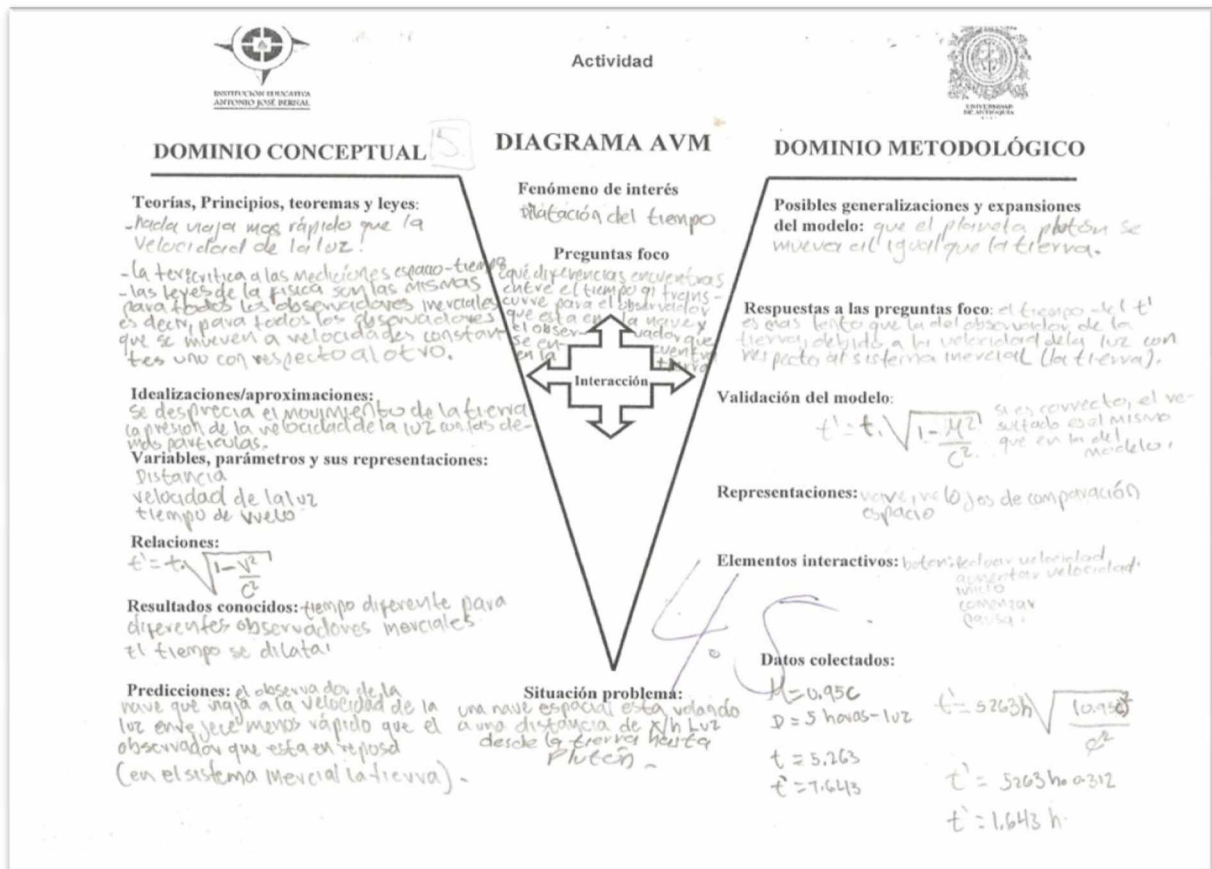
### **Conclusión Subcategoría 3.3: concepción de ciencia en el contexto**

En algunos momentos de las diferentes actividades, el estudiante 5 muestra una concepción de ciencia en el contexto que hace que muchas de sus respuestas estén permeadas por todo aquello que el estudiante observa en su diario vivir. Un claro ejemplo de ello se encuentra en la actividad 3 (ver anexo 7), donde el estudiante afirma que: “Quizás en el espacio hay gusanos del tiempo que transportan a Henry a Zog mas rápido, pero en un tiempo más largo aquí en la tierra”. Se ve claramente aquí que el contexto en esta clase de respuestas actúa como lo que Bachelard considera un obstáculo epistemológico, que es todo pensamiento, idea, representación y/o aprendizaje que impida llegar a la formación de un espíritu científico. En primera instancia plantea la experiencia básica como primer y principal obstáculo epistemológico; es decir, el conocimiento cotidiano se convierte en un obstáculo para la formación del espíritu científico. En la misma actividad 3 cuando se le pregunta, ¿Crees que es posible que los objetos se contraigan al viajar a velocidades cercanas a la de la luz?, responde: “creo que sí, porque la velocidad será ya una fuerza y quizás al atravesar la nave un agujero de tiempo sufrirá cambios en la materia”. En este estudiante términos como agujero de tiempo y gusanos del tiempo, son conceptos llevados a él a través del contexto, entendiendo por contexto lo que ve en la televisión, lo que escucha y lo que en algunos casos lee.

**Conclusión Subcategoría 4.1:** Consideraciones de las simulaciones.

Las simulaciones ayudaron a este estudiante 5 a tener una comprensión más profunda de las temáticas trabajadas, tanto en las lecturas como en las clases magistrales; además, las simulaciones despertaron aún más la curiosidad del estudiante. De esta forma se hace evidente que para trabajar teorías como la TER es necesario utilizar este tipo de herramientas para facilitar no solo la tarea docente sino la comprensión por parte del estudiante, pero las simulaciones deberían ir acompañadas del diagrama AVM que es en última instancia quien evidencia la comprensión de las temáticas abordadas en los estudiantes, como lo evidencia la siguiente imagen.

Imagen XI. Diagrama AVM caso 5.



**Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones.

La utilización de animaciones para introducir temáticas de física moderna no solo logró despertar el interés del estudiante 5 por la física, sino que además permitió consolidar en él los conceptos de contracción de la longitud y dilatación del tiempo; considerando las

animaciones como una herramienta para llevar al aula temáticas difíciles de abordar, debido a que acercan al estudiante a situaciones impensables e inimaginables desde su propia realidad. En síntesis, este tipo de herramientas aumentan significativamente la motivación de los alumnos y la disposición de los mismos para atender a los requerimientos del docente y realizar las actividades indicadas. En este sentido, las clases son más dinámicas y provechosas para los estudiantes.

### **Caso 6.**

#### **Conclusión Subcategoría 3.1:** Concepción de la naturaleza de la ciencia.

En las actividades de la primera etapa (ver anexos 3, 6, 7 y 9) se evidenció que el estudiante tenía una visión positivista de la ciencia, debido a que la única enseñanza de física que al parecer había recibido es la ya antiquísima mecánica clásica. Sin embargo, con estas actividades se pretendió mostrar que la ciencia y la teoría que ésta desarrolla no es absoluta, y que en ella se encuentran inconsistencias, las cuales al superarse crean nuevas formas de ver e interpretar el mundo, lo que posibilita un avance teórico y conceptual en la misma ciencia. Esto hace que se evidencie una visión de ciencia enmarcada en una perspectiva constructivista, porque tiene claro que los conceptos y las teorías cambian de una visión de ciencia a otra. Es por esta razón que los principios del ASC que se cumplieron en las actividades fue el de “la incertidumbre del conocimiento” y la del “desaprendizaje”; ya que se quiso mostrar una nueva alternativa de ver la ciencia y de cómo avanza el conocimiento científico de una manera evolutiva y no acumulativa.

Al realizar la tercera actividad (ver anexo 7), para este estudiante es algo inaudito que el tiempo sea diferente (relativo) para un sujeto en un sistema de referencia inercial diferente a otro. Lo que evidencia el total desconocimiento de teorías modernas (como la relatividad especial); sus concepciones de ciencia siguen justificando la enseñanza mecanicista que ha recibido, dado que el tiempo lo percibe de manera absoluta, sin importar las circunstancias particulares en las que se encuentra el sujeto. El estudiante deja enmarcada su postura argumentando que “si determinando por el espacio en que se va a ejercer dicho viaje o experimento ya que el tiempo es absoluto y este por ende en cualquier lugar va a ser igual y el espacio está determinado por el tiempo”. La animación de la paradoja de los gemelos crea dudas en el aprendiz y además crea lo que define Ausubel, los “subsumidores” necesarios para aprender la nueva teoría, y es así como se inicia un cambio de concepciones teóricas que puedan propiciar un aprendizaje significativo crítico para los conceptos de la TER; ya que de este modo se abrió un debate hacia esta temática, aumentando el interés del estudiante por esta nueva teoría.

En la segunda etapa, el estudiante se mostró interesado por aprender cómo la teoría del éter brindó aportes para que la TER se consolidara. Asimismo el estudiante se mostró cautivado por los principios que exponía dicha teoría. Seguidamente, en las siguientes actividades que comprendían el carácter formal de la TER, el educando se mostró participativo y sin ningún temor salió a realizar un despeje de la fórmula matemática perteneciente a la dilatación del tiempo. Con esto se pudo evidenciar que la teoría despertó

interés en el estudiante, generando una participación activa en esta actividad. Este aprendizaje debió posibilitar un cambio de mirada con respecto a la naturaleza de la ciencia *per se*, donde ya el estudiante tiene más bases teóricas para elegir, desde su capacidad intelectual, la teoría que cree es la más apropiada para adaptar a su discurso.

En la actividad final (ver anexo 18), el educando dejó entrever a través de sus respuestas un cambio de cosmología o de visión de mundo, enmarcado en el constructivismo, en donde se identifica la ciencia como una construcción hecha por sujetos, donde el conocimiento científico está en constante evolución. En contraste con esto, el estudiante a pesar de tener al inicio de las actividades un discurso argumentativo con clara postura mecanicista, logró reflexionar con las actividades planteadas, y logró comprender que el conocimiento está en constante evolución y que hay una “incertidumbre del conocimiento”; es decir, que el conocimiento al ser construido por sujetos interpretativos, está sujeto a errores, por ende no hay una verdad absoluta en este mundo de ideas. Con lo cual se pretendió que el estudiante no se deje “adoctrinar” por teorías, sino, que tenga la capacidad de utilizar la que mejor se acomode a su discurso y a sus necesidades.

Al realizar una comparación entre los argumentos que el estudiante plasma en la actividad tres y los argumentos que utiliza en la actividad 10 (ver anexo 18), se identifica que hubo una asimilación de la teoría enseñada, lo que propició un cambio de cosmología mecanicista a una cosmología fenomenológica, posibilitando una nueva concepción del

concepto espacio-tiempo relativista y las diferencias con los conceptos espacio y tiempo mecanicista.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad.

La valoración que el estudiante le otorgó a la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la TER fue positiva, destacando que la implementación de la cartilla, de las animaciones y las simulaciones, fueron apropiadas para su debido aprendizaje. Es de reconocer que las lecturas realizadas motivaban al estudiante, ya que mostraban de una manera sencilla y argumentativa el avance de la ciencia. De igual manera, el educando destacó la importancia de la parte matemática de la teoría, ya que “demuestra la efectividad de entre dichas partes”; es decir, entre teoría y su parte formal. Esta valoración del estudiante no es casual, ya que en las diversas actividades se mostró muy a gusto, manifestando motivación por aprender la temática; no solo la parte teórica sino también la parte formal, la cual en esta situación, es importante para comprender la TER.

**Conclusión Subcategoría 3.3:** concepción de ciencia en el contexto

El estudiante al resolver varias actividades argumentó y dejó entrever que trataba de dar explicaciones a diversas preguntas desde su cotidianidad, la cual de una u otra manera puede generar algunos errores conceptuales del estudiante sobre la teoría mostrada; ya que la experiencia básica representa un obstáculo epistemológico; es decir, que el conocimiento



cotidiano se convierte en un obstáculo para la formación del espíritu científico que se quiere formar, y es allí, donde el sujeto se encuentra en una etapa “pre-científica” que debe trascender o superar para lograr avanzar en la búsqueda del conocimiento científico. En una de las respuestas que el estudiante dio para tratar de dar explicación al fenómeno de la contracción de la longitud fue que el objeto se puede contraer “Si hay gravedad, sí, sino hay gravedad yo pienso que al no haber resistencia no se contraería”. Como se observa, el estudiante relaciona un concepto mecanicista y “cotidiano” para tratar de dar una explicación a un evento que se sale de su esquema de pensamiento, dado que este fenómeno (contracción de la longitud) se da por el hecho de que un objeto tiene una velocidad cercana a la velocidad de la luz.

Otro claro ejemplo es cuando el estudiante responde ¿Qué es el continuo espacio-tiempo? “Todo tiene un espacio y un tiempo, ejemplo de eso somos nosotros, en este momento ocupamos un lugar sobre la tierra y además tiene relación con un tiempo determinado”. En la respuesta que el estudiante ofrece, se reconoce que trata de asociarlo con la cotidianidad; es decir, da respuesta con ejemplos con los que se siente cómodo y seguro, ya que está dentro de su argumento.

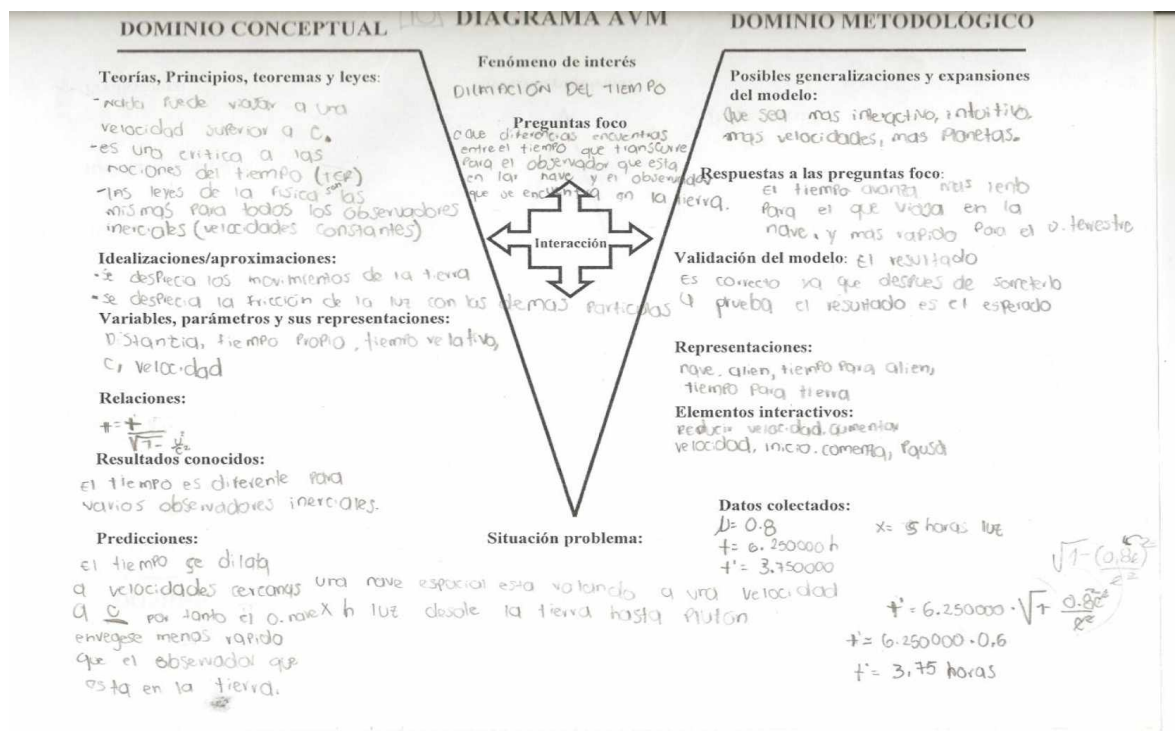
Ahora bien, este tipo de analogías no son dañinas siempre y cuando se logre superar este “obstáculo” con las debidas intervenciones y así lograr trascender de una cosmología clásica (mecanicista) a una cosmología fenoménica (relativista).

#### **Conclusión Subcategoría 4.1: Consideraciones de las simulaciones.**

El estudiante argumentó que las simulaciones fueron de gran ayuda dado que “la forma matemática muestra una visión lineal de los fenómenos y de forma simulada más real”. Sin embargo, para el estudiante es importante que las simulaciones sean más tangibles y con multimedia para comprender mucho más el fenómeno (ver anexos 16 y 17). De igual modo argumentó en el diagrama AVM (ver anexos 16 y 17), cuando en el ítem de las posibles generalizaciones, expresa que la simulación debería ser “más interactiva, intuitiva, más velocidades, más planetas”.

Consideramos que las simulaciones aportaron una mejor comprensión de los fenómenos de la TER, ya que en los diagramas AVM se evidenció una apropiación tanto de la parte teórica como matemática por parte del estudiante. Además, de la importante comprensión del fenómeno mostrado en la simulación, para su posterior análisis. De igual manera, hay que destacar que los fenómenos de la TER se escapan de la cotidianidad, lo que hace necesaria una representación computacional para abordar dichos fenómenos.

Imagen XII. Diagrama AVM caso 6.



**Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones.

En cuanto a la animación de la paradoja de los gemelos, el estudiante al inicio no creía posible que sucediese dicho fenómeno ya que consideraba que el tiempo transcurriría igual en todas partes o lugares del mundo. El instrumento sirvió tanto para las ideas previas como para explicar el fenómeno matemáticamente. Es importante destacar que la animación por sí sola no logra una apropiación de la teoría, es por esto que se utilizó un instrumento guía con ciertas preguntas necesarias para despertar el interés y motivación del

estudiante. Esto mostró la importancia de la animación, la teoría y de la orientación que el docente realizó para lograr que el estudiante comprendiera dicho fenómeno perteneciente a la TER.

## **Caso 7**

### **Conclusión Subcategoría 3.1:** concepción de la naturaleza de la ciencia

En la actividad 1 (ver anexo 3) donde se indagaba por la concepción de la naturaleza de la ciencia que tenía el estudiante 7, inicialmente evidenció su carácter positivista, ya que desconocía totalmente que la ciencia era una construcción social que se encontraba en constante cambio. Esta cosmología mecanicista se puede evidenciar cuando el estudiante responde a la pregunta ¿Por qué se considera a Galileo y a Newton los iniciadores de la Física moderna?, este dice “porque lograron unir la elaboración de hipótesis para explicar fenómenos naturales con la investigación empírica”. Muestra de manera explícita que la investigación empírica fue la que posibilitó el inicio de la ciencia que hoy conocemos.

Con el propósito de favorecer una “cierta” evolución en la concepción de naturaleza de la ciencia se introdujeron conceptos de la mecánica clásica (Principal exponente del pensamiento epistemológico positivista) como lo son: los conceptos de espacio y tiempo. De la misma manera, el concepto propio de la Física relativista (Principal exponente del pensamiento epistemológico constructivista) denominado espacio-tiempo; que proporciona un cambio de paradigma desde una perspectiva Kuhniana; es decir, un cambio de

cosmología, de una mecanicista a una fenomenológica. Con respecto al caso 7 específicamente, se evidencia que comprendió de manera satisfactoria ambos conceptos tanto de la mecánica clásica, como de la Física relativista. Estas conclusiones surgen de las respuestas del estudiante a las siguientes preguntas: ¿Qué es el espacio para la física clásica? Cuya respuesta fue: “el espacio para la Física clásica es todo lo que no cambia, que es absoluto, universal e independiente del movimiento”, asimismo para la pregunta ¿Qué es el tiempo para la física clásica? El caso 7 responde: “el Tiempo para la Física clásica es independiente e igualmente absoluto y nunca cambia, así la circunstancias del observador sean diferentes el tiempo no deja de ser Tiempo. Y siempre va a suceder”. Se reconoce fácilmente el dominio de los conceptos espacio y tiempo, propios de la mecánica clásica; pero además con la pregunta: ¿Qué es el espacio-tiempo para la TER? a lo que el caso 7 responde: “el espacio-tiempo para la TER, es una relación entre tiempo y espacio, dado a que todo ocurre en un espacio determinado y por ende en el mismo tiempo y sin uno no podría determinarse al otro ya que el tiempo y el espacio van de la mano y son relativos dependiendo del sistema inercial del sujeto”. De esta manera se muestra que el caso 7 adquirió de manera significativa los conceptos de ambas cosmologías, elemento necesario para propiciar el cambio (de paradigma en términos Kuhnianos, de programa de investigación científica según Lakatos, entre otros) de una hacia la otra.

Para el estudiante 7, es algo inconcebible que un sujeto pueda viajar en el tiempo, o que el tiempo sea diferente (relativo) para un sujeto en un sistema de referencia inercial distinto a otro. Lo que evidencia el total desconocimiento de una teoría como la relatividad especial; sus concepciones de ciencia siguen evidenciando su naturaleza positivista dado

que el tiempo lo percibe de manera absoluta, sin importar las circunstancias particulares del sujeto. Esta conclusión se devela por la respuesta que argumenta el caso, luego de mostrar en una animación la paradoja de Langevin; esta fue: “Eso me parece imposible dado a que él biológicamente por el hecho de viajar al espacio no deja de ser humano y va a envejecer a la par con los otros que están en la tierra; así a él le parezca que hayan pasado menos años su envejecimiento va a ser constante”. La animación de la paradoja de los gemelos crea enormes dudas sobre el aprendizaje, este argumenta “para mí sería algo bastante impresionante que el ser humano no envejeciera por viajar a altas velocidades y que el que se queda en la tierra esté más viejito (...) porque se sale de lo que he aprendido hasta el momento”. Es así como se comienza un cambio de concepciones teóricas que puedan propiciar un aprendizaje significativo crítico para los conceptos de la TER.

En las actividades 6 y 7 (ver anexo 14) el estudiante 7 se mostró sumamente interesado por los ejercicios de dilatación del tiempo y contracción de la longitud; es decir, mostró un gran interés en confrontar la parte conceptual con la parte formal (en este caso, la matemática). En la confrontación formal se evidenció su entendimiento de lo que es el tiempo relativo y el tiempo propio; además, la longitud propia y la longitud relativa. El avance sobre el entendimiento de la parte formal de la dilatación del tiempo se puede evidenciar en la siguiente imagen, donde claramente comprende cuándo el tiempo es relativo para un observador y cuándo es propio.

**Imagen XIII. Evidencia sobre ejercicios de dilatación del tiempo.**

2. Una persona de 19 años tiene un hermano gemelo el cual quiere viajar a una velocidad de  $0.999c$  desde el Planeta tierra a un Planeta distante, y se demora en ir y volver 53 años terrestres, mientras que espera su regreso:

A) ¿Que edad Tendría el hermano gemelo que se quedo en la Tierra?

B) ¿Que edad Tendría el gemelo que viajó en la nave espacial al regresar a la Tierra?

$v = 0.999c$      $t = 53$  años

$A_B = 53 + 19 = 72$     El hermano gemelo que se quedo en la Tierra Tendría 72 años.

$t' = t \left( \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} \right)$      $t' = 53 \text{ años} \left( \sqrt{1 - \frac{(0.999c)^2}{c^2}} \right)$

$t' = 53 \text{ años} \times 0.0447$

$t' = 2,3691 + 19 = 21,3691 \text{ años}$

B) = El hermano gemelo que viajó en la nave espacial al regresar a la Tierra Tendría 21,36 años

En la actividad 10 (ver anexo 18) el estudiante 7 mostró el buen dominio que tiene sobre la TER, específicamente en los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, comprendió de manera satisfactoria qué era la TER, esto se puede aducir debido a la respuesta que hace el caso de la cuestión: Explica brevemente qué es la teoría de la relatividad especial o restringida (TER); el caso 7 responde: “es la teoría que estudia y analiza las mediciones de espacio-tiempo, respecto a varios observadores inerciales”. Aquí se muestra claramente su cambio de la noción de espacio y tiempo que ya lo ve como un

solo concepto, además tiene en cuenta el sistema de referencia inercial, primordial para el aprendizaje y entendimiento de la TER. Lo que puede confirmar un cambio de mirada de la ciencia, ya que comienza a comprender lo relativo del conocimiento, y lo importante de comprender las variables que interfieren en los fenómenos.

Al hacer un contraste entre la actividad 3 (ver anexo 7), que es la de ideas previas, y la actividad 10 (ver anexo 18) que es la de valoración final, es evidente que la concepción de espacio-tiempo para el estudiante cambio radicalmente, puesto que inicialmente concebía el espacio-tiempo como dos entidades o conceptos distintos y absolutos; luego de explicar todos los fenómenos producto de la relativización de éstos el estudiante comprendió que dicho concepto podía tener un significado distinto, dependiendo de la teoría desde la cual se estuviera analizando.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad

El estudiante afirmó explícitamente que “los instrumentos utilizados fueron muy didácticos”, de gran ayuda para el entendimiento y una mejor interacción con las teorías abordadas (en este caso la TER); explicó además, que la diversidad de los instrumentos utilizados hace que las clases no se conviertan en algo monótono, lo que es más interesante y más motivador. Asimismo, indica que la cartilla fue de gran apoyo al momento de entender cómo se estructura y construyen las teorías ya que dice, que para entender mejor cómo se constituye el conocimiento, es de suma importancia saber cuáles son sus raíces; es

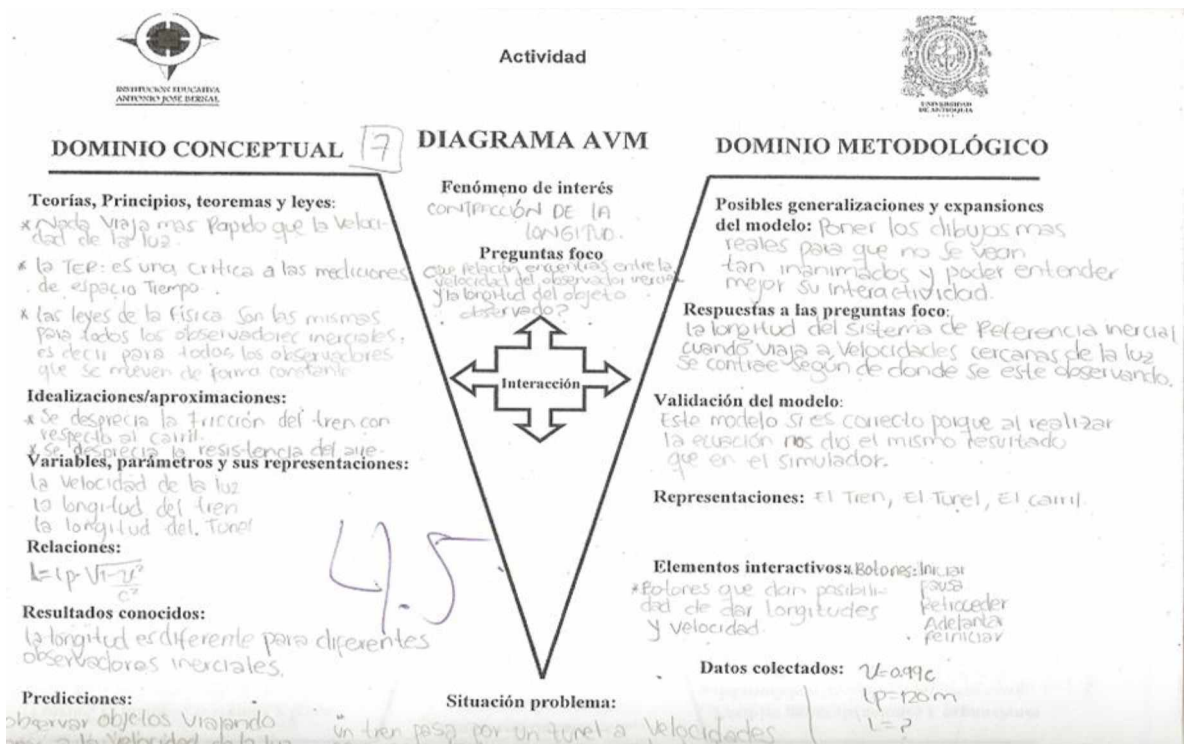


decir, de dónde vienen y quiénes son los responsables de que dicho conocimiento haya surgido. Considera también, que las lecturas aportan tanto información, como una manera distinta de acercarse a determinado tema, ya que éstas fomentan algo que difícilmente se ve en una clase de Física, puesto que todos estos cursos se ven enfocados a la matemática y a la resolución de ejercicios, que aunque no hay que dejar de lado, sí es menester hacer que no sean el foco del conocimiento en asignaturas como estas.

**Conclusión Subcategoría 4.1:** Consideraciones de las simulaciones.

El estudiante considera que las simulaciones son de gran ayuda, ya que le permiten visualizar mejor el fenómeno estudiado, de la misma manera le permiten ver el fenómeno como si fuera más “real”; asimismo, creemos que las simulaciones permitieron que el estudiante 7 comprendiera mejor los fenómenos estudiados (la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud), ya que al observar el diagrama AVM que el mismo estudiante estructuró, se evidencia el enorme entendimiento del fenómeno y la relación que logró establecer entre el fenómeno de manera “experimental” (por medio de la simulación) y lo que la teoría indica, como se muestra en la siguiente imagen.

Imagen XIV. Diagrama AVM caso 7.



Por otra parte, consideramos que las simulaciones tanto de dilatación del tiempo como la de contracción de la longitud, son completamente necesarias; ya que son fenómenos imposibles de contrastar experimentalmente; es decir, son fenómenos que no pueden darse normalmente en la cotidianidad y mucho menos mostrar en un laboratorio; entonces, es de suma importancia contar con este tipo de herramientas que ayuden a los

estudiantes a visualizar mejor determinado fenómeno, con el fin de que éstos entiendan mejor cómo funciona y cuáles son sus implicaciones.

**Conclusión Subcategoría 4.2:** consideraciones de las animaciones.

Inicialmente el estudiante 7 consideró que la animación de la paradoja de Langevin era una completa mentira, puesto que para él lo que allí pasaba (ver anexo 11) era algo imposible biológicamente; como esta animación formó parte del instrumento de ideas previas y el estudiante carecía por completo de la construcción del conocimiento de dicha teoría (TER), es evidente que la animación por sí sola no puede provocar ningún tipo de acercamiento a una teoría tan compleja como la TER, es por esto que consideramos necesario que este tipo de herramientas debe ir de la mano con la orientación de los docentes y una teoría que pueda explicar los fenómenos allí acaecidos. Luego de trabajar los postulados de la TER, sus implicaciones y algunos ejercicios en la parte formal, se volvió a mostrar la animación de la paradoja de Langevin donde se relacionaba con uno de los ejercicios propuestos, esto mostró que la animación acompañada de la teoría que la precede y una orientación del docente, puede ser una herramienta de suma ayuda, para que el estudiante pueda entender fenómenos tan complejos, como los son la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud.

**Caso 8.**

### **Conclusión Subcategoría 3.1:** concepción de la naturaleza de la ciencia.

Como bien se sabe, la perspectiva de estas actividades era tratar de mostrar una ciencia evolutiva y cambiante, la cual el estudiante reconoció y argumentó desde la reflexión que “Desde los tiempo pasados han surgido diferentes teorías, algunas causan discusiones otras consideradas ciertas, pero al pasar de los tiempos, llegan otros pensadores que planteen nuevas teorías, haciendo que las otras sean erróneas, y nunca se llegará a la verdad”, dejando claro que el conocimiento está en constante debate, y como lo argumenta Bachelard “la verdad de hoy será el error de mañana (...) el error de hoy representa nuestra verdad”. Lo cual deja claro que su visión de ciencia es constructivista, ya que al ser el conocimiento una abstracción subjetiva e interpretativa, manifiesta errores, los cuales no son dañinos para el pensamiento, pues de este modo posibilitan así una interpretación diferente según sea la necesidad del sujeto y del contexto.

El estudiante igualmente reconoció la diferencia entre los conceptos espacio y tiempo para la física clásica y el concepto espacio-tiempo para la física relativista argumentando que en la Física clásica el tiempo y el espacio son absolutos y el tiempo no tenía que ver con el espacio, porque para estar es un espacio no hay necesidad de tiempo, simplemente estar y existir. En la TER son un solo concepto porque para estar en un espacios necesita un tiempo determinado y por eso se relacionan”. Sin embargo, al preguntarle ¿Cuál es la diferencia entre tiempo relativo y tiempo absoluto? El estudiante responde sin argumentos y mencionó que “Tiempo relativo = cambia; Tiempo absoluto = no cambia”. Al parecer el estudiante se queda sin argumentos quizá por los conceptos

“tiempo relativo” y “tiempo absoluto”, lo que le generó no comprender cuál es la verdadera diferencia entre uno y el otro. Seguidamente, cuando se le preguntó ¿Qué es el tiempo para la física clásica? Respondió que “En la Física clásica, Newton dice que el tiempo es absoluto, o sea igual para cualquier observador, por ejemplo, el tiempo mío es igual al tiempo de un amigo o cualquier otra persona”. Es normal que el estudiante esté un poco confundido con estos nuevos conceptos y que la forma como se le preguntó, influyó a que respondiera de una manera más argumentativa que en otras respuestas.

En la actividad de ideas previas, el estudiante argumentó desde una postura positivista y mecanicista de la ciencia, que no había ninguna relación entre la velocidad de la nave con la dilatación del tiempo que sufría uno de los gemelos. Para ser más explícitos, el estudiante argumentó que “No, porque así la velocidad del tiempo cambie, el cuerpo no va a dejar de tener las mismas características entonces sea como sea el tiempo debe envejecer y no creo que la velocidad del tiempo afecte en esa evolución”.

En las actividades correspondientes a la parte teórica se le vio sorprendido al darse cuenta que sí eran posibles teóricamente los fenómenos que se le habían mostrado en la animación. En cuanto a la parte formal se mostró un poco desorientado, y manifestó no comprender mucho sobre el despeje de la ecuación y la relación con la teoría. Es de destacar que formuló preguntas sobre la posibilidad de viajar en el tiempo, entre otras, lo cual hizo que la clase se tornara mucho más dinámica y enriquecedora para todos. Es importante destacar que es pertinente que en un espacio de conceptualización se den este

tipo de discusiones, ya que permite que el estudiante deje de ser un receptor pasivo en una clase transmisora de ideas y conceptos. Esto permitió que el estudiante adquiriera una postura crítica donde expuso sus ideas e inquietudes, dejando de lado el positivismo, logrando adoptar un pensamiento constructivista del conocimiento.

Contrastando el pensamiento y los argumentos desarrollados por el estudiante en la actividad tres (ideas previas) con los de la actividad diez, es importante destacar que hubo una evolución de una cosmología mecanicista de la ciencia, en la cual imperaba el espacio y tiempo absoluto, a una cosmología de carácter fenoménica donde el concepto espacio-tiempo es relativo; reconociendo las implicaciones de los fenómenos de la TER y sus conceptos. Además adoptó la visión de ciencia constructivista, la cual deja claro que el conocimiento al ser producido por el ser humano, está sujeto a errores, y es por esto que hay avances en el conocimiento, a través de la superación de esos errores.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para la enseñanza de la Teoría Especial de la Relatividad.

El estudiante argumentó que “el método del docente ha sido didáctico de tal manera que los temas quedan claros” esto con el fin de que el estudiante comprendiera la teoría y además, que lograra entender el avance de la ciencia; esto fue posible, ya que se utilizaron los principios del ASC de Moreira (2005), lo que supuso una enseñanza dinámica y no

lineal (heteroestructurante) sobre la TER. Seguidamente expresó que “los recursos utilizados fueron un gran apoyo para clarificar algunos conceptos de la TER” ya que además de esclarecer la temática, invita a que las clases se tornen mucho más dinámicas y entretenidas, donde el estudiante es partícipe activo del conocimiento. Incluso el estudiante advierte que “muchas lecturas pueden tornarse interesantes y propias para el tema”; en este aspecto hace referencia a las lecturas sobre el avance científico; es decir, las diversas cosmologías que se desarrollaron a través de la historia del conocimiento, y la evolución del concepto espacio-tiempo. La valoración que el estudiante le otorga a los diversos instrumentos y a las estrategias utilizadas fue positiva, ya que en las actividades se notó participativo y con el interés de aprender la teoría abordada.

### **Conclusión Subcategoría 3.3:** concepción de ciencia en el contexto

El conocimiento cotidiano en el estudiante generó un obstáculo, impidiéndole ver de otra manera diversos fenómenos que se le presentaron, más concretamente con una animación, donde el estudiante argumentó que sobre la pregunta ¿Te parece posible que Henry vuelva del viaje a ZOG mucho más joven que su hermano Albert que se quedó en la tierra? “el cuerpo tiene ciertas características que son nacer, crecer, reproducirse, envejecer y morir y paulatinamente se va cumpliendo todo esto, entonces el cuerpo no va a dejar de ser cuerpo aquí o en otro lugar o espacio”. Además de explicar desde su cotidianidad la imposibilidad de que “Henry” envejeciera más lento después de viajar en una nave a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, éste responde desde una concepción ya antiquísima sobre lo que Aristóteles consideraría un ser vivo.

A pesar de que el estudiante mostró su postura positivista, en una pregunta emergió una postura constructivista permeada un poco por el contexto, (en este caso la ciencia ficción) al responder “Si Henry acelera la nave a velocidades superiores a la de la luz ¿qué pasaría? ¿Crees que esto es posible?” “No, porque ningún otro elemento existente puede superar la velocidad de la luz, y si eso llegara a pasar pienso que ese cuerpo que supere esa velocidad llegue a otra dimensión”. Como se observa, deja la posibilidad de que el ser humano pueda encontrar otro elemento que supere la velocidad de la luz, y dejó claro que para él si esto lograría suceder, el objeto llegaría a otra dimensión. Esta última postura quizá la adoptó de algún programa de televisión en el cual hay que reconocer su influencia en el pensamiento del estudiante.

Donde se ve claramente lo anterior, es cuando el estudiante responde a la siguiente pregunta “Si Henry llega mucho más joven a la tierra de su viaje, ¿crees que es posible viajar en el tiempo?” “no podría ser posible, pero si viajamos en el tiempo, llegaremos a otro tiempo pero seríamos el mismo cuerpo, con la misma edad, y las mismas características”. Es evidente que la postura del estudiante está permeada por una película llamada “regreso al futuro” donde un individuo es capaz de realizar este tipo de viajes en el tiempo sin sufrir ningún cambio físico. Esto influyó a que el estudiante adoptara una visión deformada de la ciencia, y este tipo de programas que carecen de bases científicas (para crear su “ficción”) crean obstáculos epistemológicos en los sujetos que carecen de formación científica. Es evidente que el estudiante se encuentra en una etapa “pre-



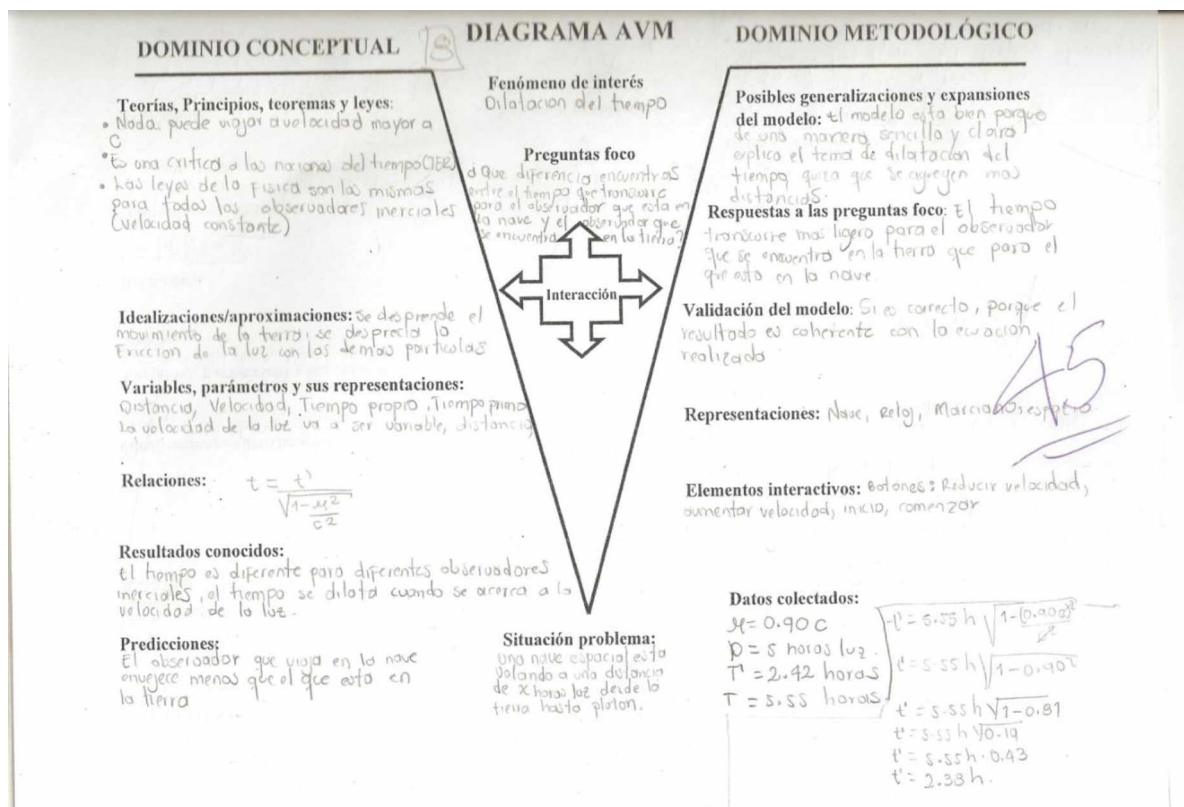
científica” que debe trascender o superar para lograr avanzar en la búsqueda del conocimiento científico.

**Conclusión Subcategoría 4.1:** Consideraciones de las simulaciones.

El estudiante considera que las simulaciones son de gran ayuda, ya que le permitieron “comprender la teoría” mediante éstas, aunque expresa que a la simulación le agregaría “más distancias” con el fin de interactuar un poco más con el fenómeno. De la misma manera la simulación representa fielmente los fenómenos de la TER, lo que le permitió al estudiante una mayor apropiación del tema; asimismo, creemos que las simulaciones permitieron que el estudiante comprendiera mejor los fenómenos de la TER, ya que al analizar el diagrama AVM que el educando desarrolló, se evidencia el entendimiento del fenómeno y la relación que logró establecer entre los fenómenos mostrados con las simulaciones y la teoría (tanto lo teórico conceptual como la parte matemática).

Del mismo modo valoramos que las simulaciones mostradas para representar los fenómenos pertenecientes a la TER fueron de gran importancia, pues como es de saber, estos sucesos no se encuentran en la vida cotidiana, los cuales se escapan de nuestro esquema de pensamiento, y las simulaciones computacionales representados fielmente dichos fenómenos, logrando que el estudiante comprenda el funcionamiento del fenómeno de interés, y de ese modo poder adquirir un conocimiento del mismo.

Imagen XV. Diagrama AVM caso 8.



Conclusión Subcategoría 4.2: consideraciones de las animaciones

El estudiante consideró que el fenómeno de la dilatación del tiempo, representado por la animación de la paradoja de los gemelos era falsa, y da una explicación biológica para sustentar su pensamiento (ver anexo 11). Como se evidenció, el estudiante desconoce la TER y para dar una respuesta ante dicho fenómeno, se centra en la Biología para tratar de dar sustento a su postura. Es de reconocer que si la animación no se encuentra acompañada por actividades e instrumentos pertinentes, por sí sola no aporta al aprendizaje del estudiante. Por tal motivo se realizó un instrumento de ideas previas, para poder conocer que ideas y significados le daba el estudiante al fenómeno mostrado. En una de las actividades posteriores, en la cual se realizaron algunos ejercicios, se realizó uno con los datos que daban en la animación, esto con el fin de sustentar tanto la parte formal de la teoría como validar la animación.

## **Caso 9**

### **Conclusión Subcategoría 3.1: Concepción de la naturaleza de la ciencia**

En las dos primeras actividades (ver anexos 3 y 6) se evidenció que el estudiante estaba centrado en una visión de ciencia positivista, ya que la enseñanza que ha recibido hasta el momento, solo hablaba de teorías absolutas y de los meros hacedores de la Física clásica (mecánica) como lo son Galileo y Newton, desconociendo de este modo a Albert Einstein y la TER. Es por esto que cuando se le brinda la biografía de Albert Einstein y la teoría que éste desarrolla, se muestra interesado en aprenderla y adquiere conceptos básicos

muy fácilmente, logrando diferenciar la definición de los conceptos espacio y tiempo para la mecánica clásica y la definición del concepto espacio-tiempo de la Física relativista.

Aunque el estudiante logra diferenciar estos conceptos que desarrollan estas dos cosmologías inconmensurables (término Kuhniano), el estudiante muestra su postura Mecanicista (ver anexo) donde argumenta que el tiempo es constante (absoluto) para todas las personas y que si alguna persona viaja a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, no se le dilatará el tiempo (es decir, que el tiempo transcurrirá mucho más lento para él) sino que por el contrario, dicha persona envejecerá mucho más rápido.

Fue interesante ver cómo el estudiante se mostraba cada vez más interesado por la TER y los fenómenos que ésta desarrollaba. En las siguientes actividades (actividad 5, 6 y 7) (ver anexos 10 y 14) el estudiante logró comprender en qué consistían los principios de la TER, y al desarrollar varios ejercicios, el estudiante logró comprender mediante una analogía realizada por él que “viajar a altas velocidades es como si se escapara del tiempo”, logró comprender que entre más rápido se viaje, más lento transcurrirá el tiempo para esa persona.

Al contrastar las actividades tres y diez desarrolladas por el estudiante, se logró identificar que el estudiante logró comprender satisfactoriamente la TER y los fenómenos que ésta ampliaba, incluso definiendo a la TER de la siguiente manera “es una crítica a

todas las mediciones del espacio y el tiempo realizado por diferentes observadores inerciales; o sea, aquellos donde la primera ley de Newton se cumple donde la velocidad es constante”. Además comprendió que el espacio-tiempo desarrollado por la teoría es uno solo, y que éste no es absoluto sino que como él bien lo expresa (ver anexo 10), depende del sistema de referencia inercial, en el cual se encuentra el observador. Y para finalizar, expresa que la dilatación del tiempo puede suceder “si es posible pero si se encuentra viajando a velocidades cercanas a la velocidad de la luz”. Como se observa, contrastando estas dos actividades, se ve la evolución en el aprendizaje por parte del estudiante de la teoría enseñada y que además el aprendizaje fue significativo.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para el aprendizaje de la Teoría Especial de la Relatividad.

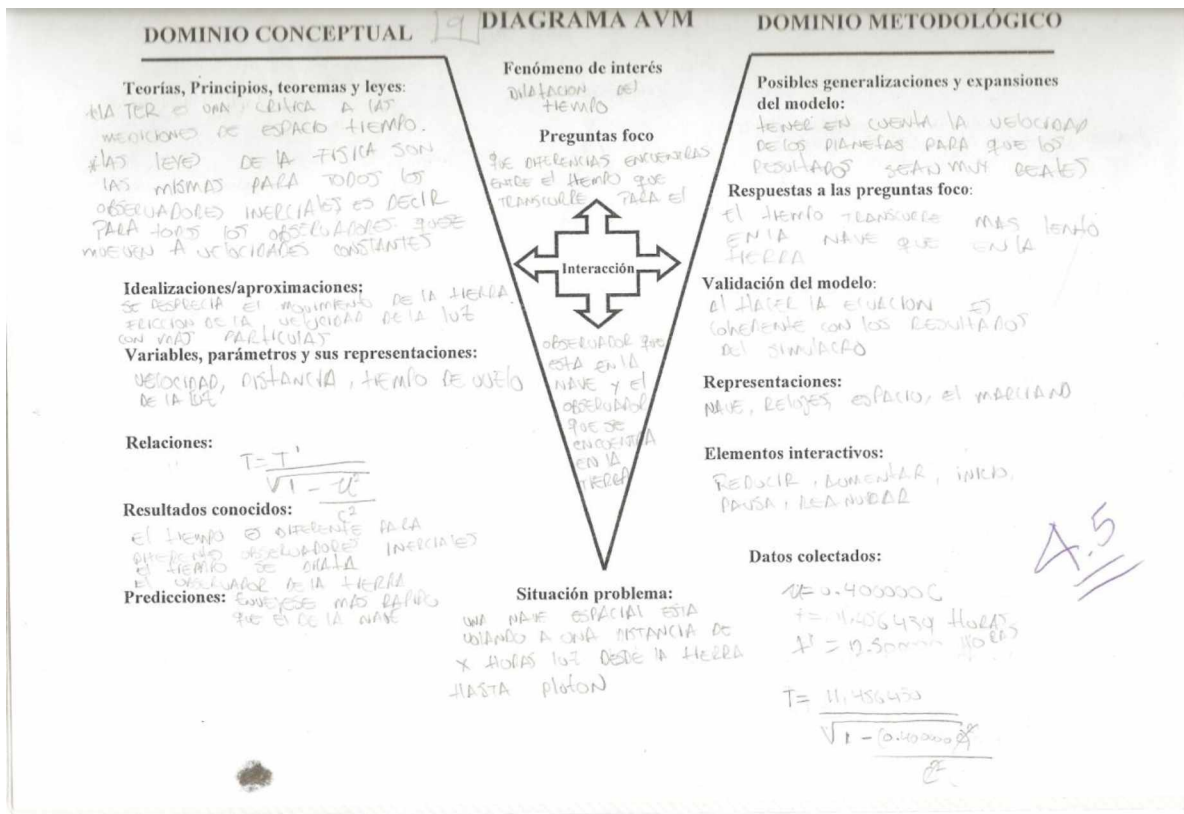
Desde el punto de vista del estudiante los instrumentos utilizados para abordar la temática le parecieron “significantes y que explicaron muy bien” los cuales sirvieron para su entendimiento y comprensión de la TER y los fenómenos que ésta desarrolla. Seguidamente expresa que las lecturas inmersas en la cartilla fueron importantes dado que “amplían muy bien la información para ampliar el conocimiento y la información sobre la TER”. El educando atribuye la contextualización del quehacer científico y el avance mismo de la ciencia como necesaria para poder abordar la temática. Además estas lecturas favorecieron una mirada constructivista tanto del conocimiento como de la ciencia, ya que se mostró que cada teoría interpretaba de manera diferente al mundo, y que cada teoría desarrollaba sus propios conceptos, necesarios para poder argumentar la cosmología planteada.

#### **Conclusión Subcategoría 4.1:** Consideraciones de las simulaciones.

El educando consideró que las simulaciones aportaron demasiado en su aprendizaje, además en estas actividades se le vio motivado para realizar la experiencia, “las simulaciones evidencian los fenómenos que estudia la TER de manera más clara y es posible comprender más afondo y ver los resultados”, es por esto que creemos que las simulaciones son importantes, puesto que el estudiante además de ser partícipe activo de su conocimiento, logró ver en qué consistían dichos fenómenos. Al observar los diagramas AVM desarrollados por el estudiante, se percibe que ha comprendido muy bien la TER (conceptualmente y matemáticamente), logrando trascender estos conocimientos hacia el modelo presentado.

Del mismo modo, el diagrama AVM representó una forma de guiar las simulaciones, con el propósito de que el estudiante contrastara y resolviera con sus conocimientos adquiridos dicho instrumento. De igual modo, las simulaciones para nosotros representan correctamente el fenómeno, lo que hizo factible que el estudiante lograra un aprendizaje sobre la TER.

#### **Imagen XVI. Diagrama AVM caso 9.**



**Conclusión Subcategoría 4.2:** Consideraciones de las animaciones.

En un comienzo el estudiante supuso desde su conocimiento previo que la animación de la paradoja de los gemelos era falsa. Ya que consideraba que al Henry estar viajando a una velocidad cercana a la velocidad de la luz, a éste el tiempo debería transcurrir mucho más rápido, y no más lento como se dijo en dicha animación. El instrumento de ideas previas sirvió precisamente para saber qué preconceptos tenía el estudiante y así poder contrastar sus ideas con las de la TER. De este modo se logró que el estudiante superara este obstáculo epistemológico que se centraba en un conocimiento pre-científico, y así lograr un conocimiento científico, reconociendo los conceptos de la teoría y su parte formal.

## Caso 10

### Conclusión Subcategoría 3.1: Concepción de la naturaleza de la ciencia

El estudiante al desarrollar las actividades muestra conocimiento sobre una ciencia constructivista, donde el conocimiento científico no es absoluto, sino que por el contrario, es subjetivo y progresivo, lo que permite un avance en el conocimiento. Esto se puede evidenciar cuando el estudiante contesta “Que a través de las teorías hay un avance cosmológico. Gracias a la implementación de instrumentos o herramientas se le da el soporte y se avanza cada vez más tratando de comprender el universo”. Es una respuesta que deja ver una visión de ciencia constructivista por parte del estudiante, donde da cuenta que cada teoría desarrolla una cosmología diferente; es decir, cada teoría científica interpreta el mundo de una manera distinta, además de traer en ella nuevos conceptos propios de la teoría. Esto último se desarrolla desde la postura Toulminiana, donde afirma que “todo conocimiento científico debe estar dispuesto a cambios, pero que estos cambios no se pueden dar de manera instantánea o radical, todo lo contrario, estos cambios deben estar dados de manera gradual y evolutiva; además, dichos cambios evolutivos están estrechamente ligados al contexto y las necesidades de cada época o tiempo” (ibíd.). Es de reconocer que nuestra sociedad está permeada por avances tecnológicos sorprendentes, y que éstos no son más que la parte aplicada de la ciencia moderna o en algunas ocasiones contemporánea.



Por otra parte, el educando reconoce que la implementación de diversos instrumentos ayudan a que las teorías se afiancen en el campo científico, y que si éstas demuestran algunas falencias, vendrá otra teoría que tratará de explicar mejor el fenómeno, avanzando cada vez más para comprender el universo “es importante conocer y someter a juicio estas teorías con el fin de que la ciencia avance en beneficio de todos”. La respuesta del estudiante es alentadora, ya que no tiene arraigada la idea de una ciencia inequívoca, lineal y absoluta, que la educación en ciencias quiere “transmitir”.

Seguidamente, el estudiante identifica fácilmente los diferentes significados que le otorga la mecánica clásica a los conceptos espacio y tiempo y el significado que le otorga la relatividad al concepto espacio-tiempo (ver anexos 5 y 6). ¿Cuál es la diferencia entre tiempo relativo y tiempo absoluto? “Que en uno solo se tiene en cuenta varias perspectivas aceptando que los observadores pueden tener datos distintos, por el otro lado en el otro todo es absoluto, en esta teoría no importan los puntos de vista porque todos son iguales”. Como se observa, el estudiante reconoce que en la Mecánica Clásica estos conceptos son absolutos, y que independiente del observador inercial, en todos los lugares el tiempo transcurrirá igual, mientras que en la Física Relativista argumenta que los observadores pueden tener datos distintos. El educando tiene una concepción constructivista, y además tiene nociones de lo que es la TER, ya que al mismo tiempo de tener claro qué es el concepto espacio-tiempo desarrollado por esta teoría, reconoce que el fenómeno de la dilatación del tiempo (ver anexos 10 y 11 ) está íntimamente relacionado con la velocidad que posee la nave (sistema de referencia inercial) argumentando que “Henry al estar viajando a velocidades cercanas a la velocidad de la luz el tiempo transcurre más lento, es

por eso que aunque sus relojes biológicos son iguales, el tiempo de los dos espacios son distintos o relativos”. Como se evidencia, el estudiante realiza un excelente análisis del fenómeno mostrado, y además, reconoce que al viajar a velocidades cercanas a la velocidad de la luz, se puede lograr dilatar el tiempo.

En las actividades siguientes, el estudiante se mostró interesado y siempre dispuesto a realizar las actividades planteadas y a pesar de que no participó en la ejecución de las dos últimas actividades inmersas en la etapa final (simulación de contracción de la longitud y valoración final), el educando dejó entrever a través de sus argumentos (además de mostrar un claro conocimiento de la TER), una cosmología o visión de mundo enmarcado en el constructivismo, donde se identifica la ciencia como una construcción hecha por sujetos y el conocimiento científico está en constante evolución.

**Conclusión Subcategoría 3.2:** Apreciación sobre la diversidad de instrumentos utilizados para el aprendizaje de la Teoría Especial de la Relatividad

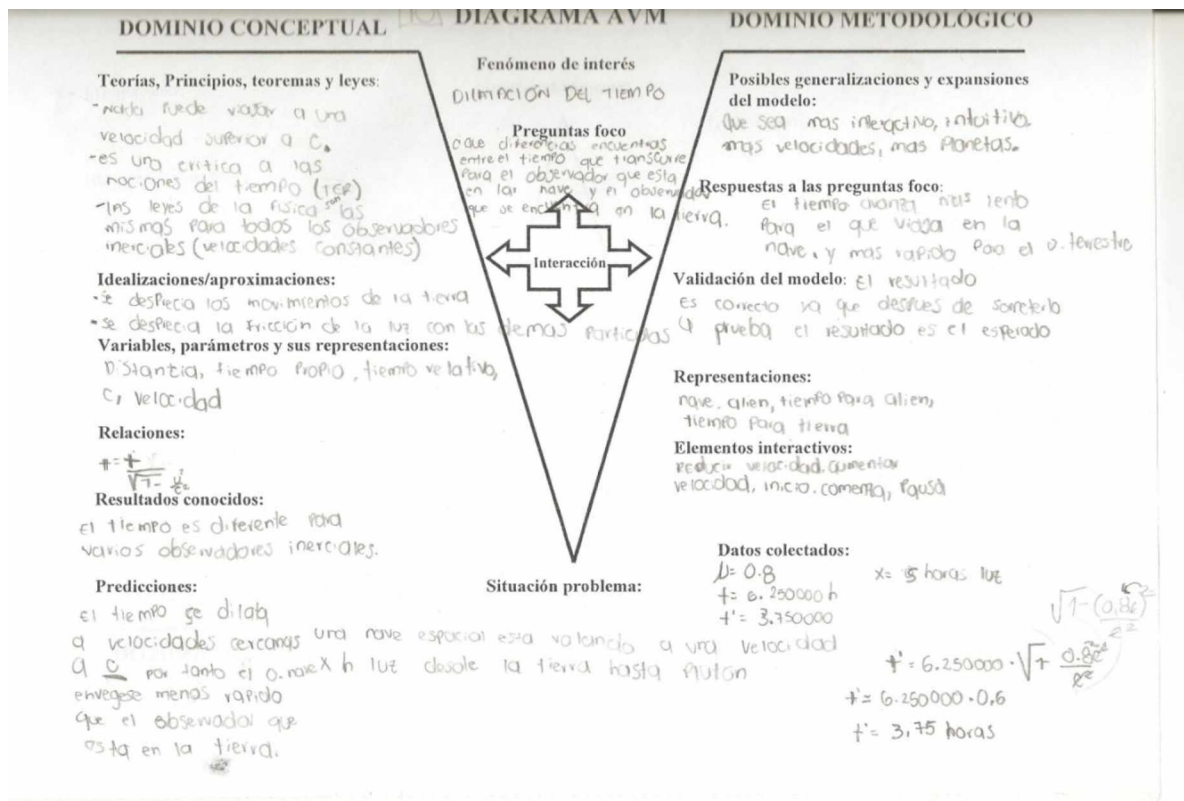
El estudiante le otorgó una buena valoración a los instrumentos utilizados, definiendo que “se utilizó un método muy interactivo en el que se vincularon imágenes, sonidos y ejemplos prácticos”, esto es precisamente lo que se quería lograr al implementar el principio “de la diversidad de estrategias de enseñanza” y el principio de “la diversidad de materiales educativos” del ASC de Moreira (2005). Puesto que lo que se quería lograr con estos principios era que el estudiante construyera su propio conocimiento y fuera partícipe del mismo. Asimismo, para ofrecer una clase más interactiva y menos

magiocentrista. Seguidamente, el estudiante argumenta que para él, otro tipo de instrumentos que se podrían utilizar sería “laboratorios experimentales, muestras en donde lo común de la vida cotidiana se vuelva ciencia”, es preciso recordar que para realizar laboratorios experimentales con este tipo de fenómenos costaría demasiado dinero, y que los fenómenos de la TER no se encuentran en la experiencia cotidiana, sino que trasciende precisamente esa experiencia básica a afianzarse a un campo totalmente fenomenológico. En cuanto a las lecturas de la cartilla, el educando sustenta que “deberían de ser más cortas para no perder la atención del lector”.

#### **Conclusión Subcategoría 4.1:** Consideraciones de las simulaciones.

El educando manifestó que las simulaciones fueron de gran importancia para el aprendizaje de la TER, mencionando que “fue significativo, ya que mi aprendizaje, está más desarrollado a nivel visual, y las simulaciones me ayudaron a comprender el fenómeno”. El estudiante destacó que logró comprender mucho mejor el fenómeno al verlo en funcionamiento, pues como es de entender, las simulación a pesar de que es un poco básica (ver anexo 19), representa fielmente el fenómeno de la TER. Sin embargo, las simulaciones por sí solas no representan un aprendizaje para el estudiante, es por esto que fue guiada a través del diagrama AVM, donde se pudo observar que el educando tenía muy claro la parte teórica (conceptual y formal) para poder contrastarla con la simulación y de ese modo, poder desarrollar la actividad de una manera eficaz.

Imagen XVII. Diagrama AVM caso 10.



Consideramos que este tipo de herramientas pueden ser muy útiles para lograr afianzar el conocimiento de las teorías, y más cuando los fenómenos que se exponen allí, son a veces imposibles de reproducirlas en la vida cotidiana. Es por tal motivo que consideramos que las simulaciones fueron de gran apoyo para poder representar los fenómenos de la TER, con el fin de que el estudiante observara y manipulara ciertos datos, para poder llegar a consolidar su aprendizaje.

**Conclusión Subcategoría 4.2:** Consideraciones de las animaciones.

El educando desde el inicio de las actividades mostró una postura constructivista, y en la actividad donde se presentó la animación no fue la excepción, puesto que para él, el fenómeno sí era verdadero, y argumentó desde el conocimiento moderno, cómo era posible que sucediera la dilatación del tiempo (ver anexo 10). Es importante destacar que la animación representaba fielmente la parte teórica, y cuando se contrastaron los datos enunciados por dicha animación con la parte matemática y operativa de la TER, el estudiante logró entender cómo funcionaban dichas relaciones. Es por esto que las animaciones deben estar acompañadas por diversas estrategias, con el fin de poder afianzar mucho mejor el conocimiento del estudiante.

### **Análisis y conclusiones por categoría de los casos**

#### **Caso 1**

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada

Cómo se mostró anteriormente el estudiante tenía una visión de la ciencia, pero en el trasegar de la implementación de la propuesta didáctica se logró captar que dicha visión cambiaba constantemente del positivismo al constructivismo y viceversa; así que, no se logró que el estudiante se anclara a una sola manera de ver cómo se constituye el conocimiento científico; lo anterior puede ser sustentado de la siguiente manera:

**Una elección presupone alternativas entre las que elegir; presupone una sociedad que contiene e incita a opiniones diferentes y modos antagónicos de pensamiento, así como la experimentación de varias maneras de vivir, de modo que los distintos modos de vida sea prueba no en la imaginación sino en la práctica. (Óp., Cit., 1989, p. 24)**

Aunque el estudiante 1 no logró acomodarse en una postura definida, nos parece completamente pertinente destacar que por lo menos el estudiante pudo diferenciar ambas posturas; algo muy plausible ya que él estuvo ausente en la mayoría de las ocasiones durante el curso. Asimismo, el contexto fue un factor sumamente influyente en este estudiante, su postura con respecto a la naturaleza de la ciencia no se encuentra definida ya que unas veces hace caso omiso de sus sentidos (creyendo lo que teóricamente muestra una teoría); pero otras, deja que éstos (los sentidos) sean quienes den respuestas a sus interrogantes. Sobre esto, Bachelard afirma:

**Actualmente los objetos están representados por metáforas, su organización aparenta realidad. Dicho de otro modo, lo que actualmente es hipotético, es nuestro fenómeno ya que nuestro contacto inmediato con la realidad sólo es un dato confuso, provisional, convencional, y este contacto fenomenológico reclama inventario y clasificación. (Óp. Cit., 1971, p. 16)**

Siguiendo con lo anterior, se muestra cómo el estudiante cae muchas veces en la postura de creer que existe la realidad, los datos verdaderos, la objetividad; ignorando que las cosas son construidas por los sujetos. Pero su postura positivista se encuentra

enmarcada en los momentos que el “hecho tangible” muestra la distorsión teórica. Es por ello, que intentamos hacer uso de la TER ya que según el mismo Bachelard:

**La relatividad es algo más que la renovación definitiva del modo de pensar el fenómeno Físico, es un método de descubrimiento progresivo. La relatividad se ha construido como un sistema de relación abierto. Violentando costumbres del pensamiento. (...) El relativista nos obliga a incorporar nuestra experiencia en nuestra conceptualización. Nos recuerda que nuestra conceptualización es una experiencia. Efectivamente es erróneo querer ver en lo real la razón determinante de la objetividad, cuando en realidad sólo se puede aportar la prueba de una objetivación correcta. (Óp., Cit., 1971, p. 35 - 39).**

Con lo anterior se muestra claramente la intención de implementar una teoría como la relatividad especial o restringida; en este caso particular, no fue posible que el estudiante consolidara la postura propuesta por Bachelard, pero es rescatable entender que se fomentó la observación de ambas visiones (positivista y constructivista), con el fin de dejar ver por lo menos, cual es la visión de ciencia que tiene cada sujeto y qué implicaciones puede tener al momento de acercarse al conocimiento científico.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

La diversidad de materiales y la no centralización o utilización de la pizarra fue de suma importancia en el proceso realizado para que el estudiante 1 se sintiera más a gusto y motivado a la hora de iniciar cada sesión de clase; ya que éste es un estudiante cuya actitud hacia la Física no es la mejor. La pizarra es una herramienta propia de la enseñanza

tradicional; por ende, simboliza para el estudiante la trasmisión del conocimiento por parte del profesor; la no centralización en los libros de texto, el uso de documentos (como la cartilla) y materiales educativos (como los son las animaciones y las simulaciones), ayudan a que este tipo de estudiantes, tengan una actitud más positiva a la hora de enfrentar una clase. Es por esto que tomamos este principio (el segundo de la TASC de Moreira 2005), que trata de mostrar la importancia de la diversidad de los materiales para incentivar al alumno en la consecución del conocimiento y para que éste observe que no todo el conocimiento emana solo del libro de texto guía.

Por otra parte, las TIC son de suma importancia cuando se trata de mostrar fenómenos demasiado abstractos; en este estudiante particular, se notó un gran avance al momento de utilizar herramientas como las simulaciones ya que, por una parte, incentivaron al alumno debido a la posibilidad de interacción con el *software* y, por otro lado, posibilitaron afianzar la construcción de un fenómeno tan complejo como lo es la dilatación del tiempo (solo por nombrar una de las simulaciones); a fin de cuentas, “se trata de reflexionar sobre qué metodología de aplicación didáctica de las TIC es la más adecuada para alcanzar los fines educativos que nos parecen deseables” (Op., Cit., 2005, p. 333) y así, poder lograr los objetivos que cada uno de nosotros se plantea como docentes e investigadores.



## Caso 2

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

La visión de ciencia en el estudiante 2 pasa sustancialmente a través de tres etapas, postura positivista, positivo-constructivista y constructivista. La positivista fue detectada en la primera etapa de la intervención; allí el estudiante toma la ciencia como descubrimientos realizados por sujetos ajenos al común de la gente teniendo como punto de referencia una concepción de científico enmarcada en la majestuosidad y la verdad absoluta. En esta noción filosófica presentada por el estudiante se desconoce totalmente la historia de la ciencia y se desconoce la construcción social como fundamento de la misma, ya que en el estudiante no se evidencia el proceso de los acontecimientos de una época cronológicamente, sino descubrimientos con autor y fecha sin considerar un tipo de orden establecido, bajo estas circunstancias hay que tener claro que el contexto juega un papel primordial en la visión de ciencia en este estudiante ya que según Bachelard, el conocimiento cotidiano se convierte en un obstáculo para la formación del espíritu científico; es allí, donde el sujeto se encuentra en una etapa “pre-científica” que debe trascender o superar para lograr avanzar en la búsqueda del conocimiento científico. En la vacilación entre positivismo y constructivismo el estudiante empieza a abandonar la noción de ciencia enmarcada en el positivismo y adopta de manera ingenua el conocimiento como construcción social, permitiendo lo que Moreira denomina desaprendizaje, principio que en su teoría trata de cómo ese nuevo conocimiento se va anclando al antiguo y cómo es que en esa interacción el significado lógico de los materiales educativos, se transforma en el significado psicológico del aprendiz. En la postura constructivista el estudiante con la

diversidad de material logra de una manera u otra superar el obstáculo epistemológico, ya que el tipo de material fue potencialmente significativo, ya que cumple con las dos condiciones necesarias para serlo; la naturaleza del material en sí, y la naturaleza de la estructura cognitiva del aprendiz. Este material fue estructurado de forma que el estudiante fuera adquiriendo su propia racionalidad científica volcada hacia una visión constructivista del conocimiento científico y es una de las finalidades que se tuvieron en cuenta al elaborar la cartilla y presentar las simulaciones y animaciones. Es de destacar que con este estudiante se lograron muchos de los objetivos planteados en nuestra propuesta didáctica, uno de los más relevantes es que se logró que este estudiante comprendiera que el conocimiento es una invención humana y que somos nosotros quienes nos acercamos a este tipo de interpretaciones. A lo que Moreira denominaría principio de incertidumbre del conocimiento.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Las TIC son herramientas que los docentes deben utilizar como apoyo para sus clases, aún más cuando se insertan en el aula temáticas no solo de difícil comprensión sino además que contengan fenómenos complejos como la Teoría Especial de la Relatividad (TER), en el sentido en que el fenómeno es más fácil de visualizar por medio de este tipo de herramientas. En este sentido las TIC por medio de simulaciones y animaciones ayudaron a que este estudiante comprendiera los postulados y las implicaciones de la TER; sin embargo, también es necesario la parte teórica que de la mano con las simulaciones logran una apropiación considerable de las temáticas abordadas, ya que con las

simulaciones el fenómeno es más fácil de visualizar. Agregando a lo anterior es importante tener en cuenta a las TIC como medidoras y facilitadoras en los procesos de enseñanza de la física, donde muchos laboratorios no se pueden realizar por falta de equipos. Aún más cuando “las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones son equivalentes en el mundo moderno a lo que fue la Revolución Industrial en el siglo XVIII, en términos de la transformación que representan para la sociedad” (Plan Nacional de TIC 2008 - 2019).

Otro aspecto relevante para la utilización de las TIC es la opinión del estudiante quien considera que las simulaciones son de gran ayuda, ya que le permiten visualizar mejor el fenómeno estudiado, de la misma manera los gráficos le permitieron ver el fenómeno como si fuera real. Esto permite en el estudiante un aprendizaje significativo crítico que según Moreira es “aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella”. Además en cuanto a la utilización de las TIC en nuestra propuesta didáctica cumple con el principio de la no centralización en el libro de texto adscrito a la Teoría del Aprendizaje Significativo Crítico de (Moreira, 2005), el cual afirma que “La utilización de materiales diversificados, y cuidadosamente seleccionados, en lugar de la centralización en libros de texto es también un principio facilitador del Aprendizaje Significativo Crítico” (Moreira, 2005, p. 90). En este sentido podemos afirmar que materiales como las simulaciones y las animaciones facilitan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la TER.

### Caso 3

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

La concepción de naturaleza de la ciencia que el estudiante 3 tenía era una visión completamente positivista, pero en el transcurso de la implementación de la propuesta se logró que dicha visión fuera cambiando, obteniendo que el estudiante cambiara su manera de ver cómo se produce el conocimiento; todo esto se logró con el cambio de paradigma de la concepción del concepto espacio-tiempo; todo este cambio fue ocasionado por el estudio de anomalías como la encontrada en el teorema de adición de velocidades de Newton, luego de entender que nada puede viajar más rápido que la luz (ni siquiera la luz misma); así como el experimento fallido de Michelson y Morley; hacia esto, se entiende que “la anomalía sólo resalta contra el fondo proporcionado por el paradigma. Cuanto más preciso sea un paradigma y mayor sea su alcance, tanto más sensible será como indicador de la anomalía, por consiguiente, da una ocasión para el cambio del paradigma” (Op., Cit., 1971, p. 111). De la misma manera, al mostrar las diversas teorías que se establecieron en determinadas épocas, se muestra cómo entra en vigencia determinado paradigma, como lo fue la cosmología Ptolemaica, o como lo es la cosmología Copernicana. La explicación de estos sucesos, permitió que el estudiante 3 reconociera y argumentara que la forma en que se realizan los cambios en la ciencia es de manera revolucionaria; es decir, el estudiante adoptó una postura Kuhniana respecto a la manera de construir ciencia; entendiendo que:

**Las revoluciones científicas se consideran aquí como aquellos episodios de desarrollo no acumulativo en que un antiguo paradigma es reemplazado, completamente o en parte, por otro nuevo e incompatible. Sin embargo, hay mucho más que decir al respecto y podemos**

**presentar una parte de ello mediante una pregunta más. ¿Por qué debe llamarse revolución a un cambio de paradigma? Frente a las diferencias tan grandes y esenciales entre el desarrollo político y el científico (Óp., Cit., 1971, p. 149).**

Se considera que el estudiante realizó un “aprendizaje revolucionario” porque uno de los argumentos que sustentaba era “todo el conocimiento que tenemos hoy será opacado por el que tendremos en el futuro”; interpretando así que el conocimiento se encuentra en constante cambio; pero interpretamos que su postura es completamente Kuhniana porque dice que “lo único necesario para tener mayor conocimiento de las cosas, es que lleguen sujetos que piensen las cosas de manera distinta”; es así como observamos que su postura se enmarca en lo que anteriormente hemos discutido: “el progreso de la ciencia normal no es impulsado por la búsqueda de novedades teóricas ni experimentales, ni por el deseo de ser útil, sino por la atracción que ejerce el reto de solucionar un "enigma" que hasta determinado momento nadie ha logrado develar” (Ibíd.).

#### **Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Como se dijo anteriormente el estudiante considera que las simulaciones son de gran ayuda, ya que le permiten representar mejor el fenómeno estudiado; además, el estudiante se sintió más motivado, es por esto que creemos que las simulaciones permitieron que el estudiante comprendiera mejor los fenómenos estudiados; lo que tiene mucha coherencia con respecto al noveno principio de la TASC de Moreira (2005), que dice “que al igual que el libro de texto, la pizarra es una herramienta propia de la enseñanza

tradicional y por ende, simboliza para el aprendiz, la trasmisión del conocimiento por parte del docente y su pasiva recepción” (Ibíd.). Es decir, entendiendo la multiplicidad de herramientas que poseen los docentes en una época donde las TIC están permeando todos los ámbitos de la vida, tanto la cotidianidad como la educación; “la presencia de las TIC en la enseñanza de las ciencias naturales es variada y se da en todos sus ámbitos: en las clases teóricas, generalmente expositivas en las que se presentan determinados conceptos; en clases de resolución de problemas y en clases de realización de experimentos” (Óp. Cit., 2011, p. 80). Es por esto, que las clases de Física son también susceptibles de utilizar este tipo de herramientas, necesarias para poder fortalecer y hacer que nuestros estudiantes, en este caso el estudiante 3; entiendan fenómenos tan complejos como lo son: la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud.

#### **Caso 4**

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

Entre sus presupuestos fundamentales, Bachelard afirma que sólo se construye nuevo conocimiento científico a partir de uno anterior, que generalmente es erróneo y actúa como un obstáculo epistemológico para el progreso científico. En el caso de este estudiante 4 el obstáculo epistemológico es ni más ni menos que el contexto, si lo consideramos como aquellos acercamientos que ha tenido hacia la física; es decir, la experiencia básica que no es más que lo que se recoge de lo vivido, lo observado y lo recogido de libros de texto y

profesores de física. Debido a que los obstáculos tienen su origen en conocimientos subjetivos y se refieren a aspectos intuitivos, experiencias iniciales, conocimientos generales, incluso hasta intereses y opiniones de tipo afectivo (pensamiento, idea o representación). El conocimiento común es un obstáculo epistemológico para el conocimiento científico en el sentido que el primero tiene una base empírica y el segundo se basa en un mundo abstracto. Es en este sentido que al estudiante 4 se le dificultó demasiado hacerse a una visión de ciencia alejada de lo experimental y tangible; es decir, una ciencia donde el ser humano es más protagonista que la misma naturaleza y nos referimos aquí a una visión enmarcada en el constructivismo. Es aquí entonces donde nuestra propuesta didáctica juega un papel esencial en la construcción de esa visión de ciencia que deseamos en nuestros estudiantes, la diversidad de material utilizado la cartilla, las animaciones y las simulaciones lograron en parte cambiar en este estudiante la forma de ver la ciencia y por consiguiente la forma de ver el mundo; todo esto teniendo en cuenta que la teoría especial de la relatividad comparada con la mecánica clásica juega un papel primordial en el sentido en que es ella quien muestra al estudiante ese progreso de la ciencia. Ahora bien, hay que tener en cuenta que si bien la teoría especial de la relatividad hace parte de lo que hoy en día denominamos física moderna, es tan solo una excusa utilizada por nosotros para mostrarle al estudiante el camino de la ciencia; en este sentido también se hubieran podido introducir otros aspectos de física moderna o quizás alguno de física contemporánea y muy seguramente se hubieran obtenidos los mismos resultados en cuanto a visión de ciencia en los estudiantes. En este sentido este estudiante logró comprender que el acercamiento del ser humano con la realidad es convencional y provisional, por ende fenomenológico. Pensamiento que va en contra de la mirada mecanicista del siglo XIX. Siglo en el cual la mecánica clásica, “la mecánica “muerta”, era

todavía una mecánica indispensable para el estudio de las mecánicas contemporáneas (relativista, cuántica, ondulatoria). Pero los rudimentos ya no bastan para determinar los caracteres filosóficos de la ciencia”. (Bachelard, 1971, p. 17). En este sentido, consideramos que epistemológicamente no es posible "construir" una visión de ciencia a través de la TER si el alumno no ha conceptualizado previamente nociones como “sistema de referencia”, “observador”, y “simultaneidad” en el marco de la mecánica clásica, dado que son los conceptos básicos sobre los cuales se construirán las nuevas nociones de la TER. Sin ellos no es posible, por ejemplo, comprender la dilatación del tiempo o la contracción de las longitudes, ejes centrales de nuestra propuesta didáctica. Propuesta que logró claramente, un cambio de cosmovisión en este estudiante 4, el cual abandona la cosmología mecanicista y se inserta en la cosmología fenomenológica, gracias a que el estudiante logró un aprendizaje significativo de los conceptos trabajados de la TER; según lo afirma Moreira (2003) “es preciso entender que el aprendizaje es significativo cuando nuevos conocimientos (conceptos, ideas, proposiciones, modelos, formulas), pasan a significar algo para el aprendiz, cuando él o ella es capaz de explicar situaciones con sus propias palabras, cuando es capaz de resolver problemas nuevos, en fin, cuando comprende”.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Teniendo en cuenta que “El Gobierno y la sociedad colombiana utilizarán las TIC para potenciar un sistema educativo incluyente y de alta calidad, dentro del cual se favorezca la autoformación y el autodesarrollo” (Plan Nacional de TIC 2008 - 2019). Será



necesario incluirlas en nuestras clases de ciencias, no por mandato sino porque verdaderamente son herramientas que potencializan los procesos de enseñanza-aprendizaje de todo aquel que las utilice, esto se ve reflejado en este estudiante 4 quien a partir de la observación e interacción con las animaciones y simulaciones dio crédito a la TER. Si bien:

**El uso efectivo de las TIC no será una opción sino una exigencia para las entidades de Gobierno, que se convertirán en usuarios modelo y desarrollarán proyectos que incentiven el uso y apropiación de las TIC por el sector productivo, las comunidades y los ciudadanos. (Plan Nacional de TIC 2008 - 2019)**

Para todos los maestros las TIC son el camino para que nuestras clases dejen de ser monótonas y gobernadas por el libro de texto, además son herramientas que se deben utilizar para lograr en nuestros estudiantes un aprendizaje significativo, aunque no se trata de excluir tajantemente a los libros de nuestras clases, sino de diversificar y potencializar los materiales que utilizamos para propiciar el conocimiento en nuestros estudiantes.

### **Caso 5**

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

Aunque la noción de ciencia de este estudiante 5 en las primeras actividades estuvo ausente; es decir, no se enmarcó en ninguna corriente filosófica, la metodología implementada en nuestra propuesta didáctica, logró en este estudiante una visión fenoménica de ciencia. Ya que logro evidenciar no solo el carácter progresista de la ciencia sino también el papel fundamental de los sujetos en ella. A partir de un aprendizaje significativo de los conceptos espacio, tiempo en la mecánica clásica, y espacio-tiempo en la TER que consideramos logró este estudiante 5, basándonos en Moreira (2003) quien afirma que “es preciso entender que el aprendizaje significativo se da cuando nuevos conocimientos (conceptos, ideas, proposiciones, modelos, formulas), pasan a significar algo para el aprendiz, cuando él o ella es capaz de explicar situaciones con sus propias palabras, cuando es capaz de resolver problemas nuevos, en fin, cuando comprende”. Gracias a la metodología utilizada que lleva el Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira como referente, TASC “es aquella perspectiva que permite al alumno formar parte de la cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella” (Moreira, 2005, p. 88). Este estudiante logró no solo apropiarse de los conceptos de la TER, sino diferenciar su significado en la mecánica clásica y en la TER; en este sentido este estudiante logró superar algunos de los principios facilitadores de la TASC; es decir, se cumplió con creces las expectativas de los alumnos desde las bases pedagógico-didácticas, con uso de diverso material educativo: documentos, artículos y materiales educativos como las TIC (simulaciones, animaciones), cumpliendo con el segundo principio de esta teoría, que es la no centralización en los libros de texto; además del principio de incertidumbre del conocimiento; que trata de que el aprendiz debe saber que todo tipo de conocimiento es una invención humana y que simplemente utilizamos herramientas para podernos acercar a este tipo de interpretaciones.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Las tecnologías de la información y la comunicación en la actualidad juegan un papel importante en la enseñanza de las ciencias, puesto que muchas de las temáticas actuales solo pueden ser abordadas utilizando este tipo de herramientas, en muchos países ya las clases no se conciben sin la mediación de las TIC, por consiguiente.

**Colombia no puede quedarse rezagada del proceso de adopción y masificación de estas tecnologías porque, si lo hiciera, corre el riesgo de aislarse del mundo. El país tampoco puede permitir que los grupos más desfavorecidos de su población se marginen de la adopción y uso de las TIC porque así se acentuaría la desigualdad social. (Plan Nacional de TIC 2008 - 2019, p. 3)**

Entre tanto, las TIC posibilitan la diversidad de materiales educativos, aún más cuando no existe posibilidad alguna de efectuar una práctica laboratorio, ya sea por la falta de equipos, por la complejidad del fenómeno abordado, entre otros. En este sentido el estudiante 5 valora positivamente los aportes de las animaciones y las simulaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la TER y afirma que la utilización de estos artefactos tecnológicos no solo aumentaron su interés por la Física, ya que a su modo de ver le muestran que todo en ella es fórmulas matemáticas, sino que además le ayudaron a entender fenómenos tan complejos como la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud.

## Caso 6

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

El estudiante se caracterizó por tener arraigada una mirada positivista y mecanicista de la ciencia, donde todo es absoluto y solo hay un conocimiento objetivo e inequívoco. En la parte que claramente se evidenciaba su postura mecanicista es cuando define el concepto espacio-tiempo. Sin embargo, con el desarrollo de la propuesta didáctica y la utilización de los diversos principios del ASC logró cambiar de “un programa de investigación científico acabado” por un “programa de investigación científico progresivo”, en palabras de Lakatos.

Ahora bien, el educando tenía la capacidad de contextualizar el conocimiento adquirido desde la cotidianidad para responder algunas cuestiones sobre la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud, sobre lo cual Bachelard argumenta que: “la experiencia, la cual es en este caso básica, representa un obstáculo epistemológico; es decir, que el conocimiento cotidiano se convierte en un obstáculo para la formación del espíritu científico al que se quiere formar, y es allí, donde el sujeto se encuentra en una etapa “pre-científica” que debe trascender o superar para lograr avanzar en la búsqueda del conocimiento científico” (ibíd.). Es claro que el estudiante trata de dar explicación a estos fenómenos desde lo que él conoce, relacionando algunas veces su experiencia básica para dar una respuesta a algunos fenómenos que se escapan de su imaginación. Sin embargo, se fortaleció el conocimiento científico del estudiante, con la diversidad de estrategias de

enseñanza y con las simulaciones computacionales, donde claramente se evidenció que utilizaba unos argumentos mucho más centrados en la teoría.

Seguidamente, con las actividades planteadas, el estudiante adquirió la capacidad crítica de identificar que el conocimiento es una construcción humana, y como tal, está sujeta a errores; es decir, que no hay una verdad absoluta; enunciado en uno de los principios del ASC de Moreira (2005) denominado “incertidumbre del conocimiento” y el “principio de desaprendizaje”. Es por esto que el estudiante reconoce que no hay una verdad en la ciencia como se le había enseñado con el positivismo imperante, sino una evolución tanto de conceptos, como de teorías, lo que genera en palabras de Kuhn una revolución científica, o para Lakatos “el cambio de un programa de investigación científico estancado, a un programa de investigación científico progresivo” y seguidamente para Toulmin “un evolucionismo conceptual”. Enmarcando de este modo una enseñanza de la ciencia constructivista. Por tal motivo, el educando a medida que se le enseñaba la nueva cosmología relativista (fenoménica) mostraba un interés aún mayor por conocer dichos sucesos y fenómenos que escapaban de su imaginación, tanto así, que fue uno de los estudiantes más participativos en clase.

#### **Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

La valoración que el estudiante le otorgó a las simulaciones utilizadas para la enseñanza de la TER fue positiva, destacando que la implementación de simulaciones fue apropiada para su debido aprendizaje. El estudiante valoró la importancia que tuvieron las

simulaciones y las animaciones para poder afianzar el conocimiento teórico de los fenómenos de la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud, para lograr trascender esa parte matemática y ver la verdadera funcionalidad del evento. Aunque el estudiante destaca esta importancia; para él sería mucho mejor que las simulaciones tuvieran mayor interactividad, y esto es importante tenerlo en cuenta ya que si se presenta un modelo más fiel y más interactivo para el estudiante, quizá podría adquirir una mayor motivación para interactuar con el fenómeno. Ahora bien, es casi que un privilegio poder encontrar estas simulaciones que representan los fenómenos de la TER; ya que como la enseñanza de la Física mecanicista es imperante en la educación, la mayoría de las simulaciones están enfocadas a estos temas, dejando flemático el interés por desarrollar simulaciones que representen los fenómenos de la Física moderna.

### **Caso 7**

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

Cómo se dijo inicialmente el estudiante tenía una visión completamente positivista de la ciencia, pero en el transcurso de la implementación de la propuesta se evidenció cómo dicha visión fue cambiando gradualmente, logrando que el estudiante cambiara su manera de ver el proceso de construcción del conocimiento; todo esto se logró con el cambio de la concepción del concepto espacio-tiempo, ya que como afirma Toulmin el concepto es la materia prima fundamental para la comprensión humana. Asimismo, al mostrar las diversas

teorías que se establecieron en determinadas épocas, se muestra como dice Toulmin cómo las posturas filosóficas que primen en determinada época serán fundamentales para entender la estructura semántica que tiene cada contexto dentro de sí; en otras palabras, un mismo concepto puede representar semánticamente pensamientos distintos; que fue lo que se evidenció mostrando el significado de espacio y tiempo para la mecánica newtoniana y luego el espacio-tiempo, para la Teoría Especial de la Relatividad.

También se evidenció que uno de los nueve principios de los cuales habla Moreira y la concientización de este, permite que el estudiante se dé cuenta de dónde nacen las teorías y quiénes son los que le dan significado a dichas teorías; como el mismo Moreira aduce, “tomar conciencia que el significado está en las personas no en las palabras. La palabra significa la cosa, representa la cosa, no es la cosa”. Otro de los principios que evidentemente se cumple es el principio del desaprendizaje, ya que visiblemente el antiguo conocimiento interacciona con el nuevo, y en el estudiante 7, constantemente habían confusiones ya que estaba habituado a trabajar con el concepto de espacio y tiempo newtoniano, puesto que es en el que se enfatiza en niveles anteriores.

La no centralización o utilización de la pizarra también fue de suma importancia en el proceso realizado durante la intervención para que el estudiante 7 se sintiera más a gusto y motivado a la hora de comenzar cada sesión; ya que la pizarra es una herramienta propia de la enseñanza tradicional y por ende, simboliza para el estudiante, la trasmisión del conocimiento por parte del docente y su pasiva recepción; algo que no es acogido de muy

buena manera, ya que como el mismo estudiante argumenta, vuelve las clases monótonas y aburridas.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), son herramientas que los docentes deben explotar al máximo, ya que como en este caso, permiten que el estudiante visualice mejor fenómenos sumamente complejos como lo son los expuestos por la Teoría Especial de la Relatividad (TER). Para este estudiante en particular, las TIC ayudaron a afianzar en su estructura cognitiva los postulados y las implicaciones de la TER puesto que luego de mostrar animaciones y simulaciones, acompañadas por la construcción de la parte teórica, el estudiante logró consolidar su conocimiento, ya que el fenómeno era mucho más fácil de visualizar por medio de este tipo de herramientas. Es de suma importancia tener en cuenta herramientas como las TIC ya que han sido consideradas como mediadoras y facilitadoras para los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, en nuestro caso particular de la Física.

En los últimos tiempos las TIC se han considerado dentro de todas las normativas de los ministerios de educación, y Colombia no ha sido la excepción:

**Con el fin de lograr la inclusión digital, será necesario avanzar en el acceso universal de Internet. Solo de esta manera podrá incrementarse el bienestar social y económico de todos los colombianos, las empresas y el Estado, en su vida cotidiana y productiva. Para ello, el Gobierno desarrollará acciones para ofrecer, en igualdad de oportunidades, recursos**



**tecnológicos que les permitan utilizar activamente las TIC a todos los ciudadanos colombianos, con niveles de servicio de clase mundial, a precios asequibles, de acuerdo con su nivel socioeconómico. (Plan Nacional de TIC 2008 - 2019)**

Debido a estos requerimientos es que el docente debe propender por la implementación de herramientas que ayuden a los estudiantes no solo a una mayor comprensión de fenómenos en determinada disciplina (como en nuestro caso la Física); sino que además comiencen a incluir procesos digitales propios de nuestra coyuntura social, con el único fin de contextualizar no solo la enseñanza de contenidos disciplinares (insistimos, en nuestro caso es la Física), aunque es sumamente importante; sino que, de la misma manera pueda contextualizar las nuevas herramientas propias de la nueva era de interacción tecnológica.

### **Caso 8**

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

El estudiante desde el inicio de las actividades mostró con diversas respuestas un conocimiento científico enmarcado en el constructivismo, dejando claro que el conocimiento está en constante debate, y como lo argumenta Bachelard “la verdad de hoy

será el error de mañana (...) el error de hoy representa nuestra verdad”<sup>11</sup>. Lo cual deja claro que su visión de ciencia es constructivista, ya que al ser el conocimiento una abstracción subjetiva e interpretativa, éste manifiesta errores, los cuales no son dañinos para el progreso, pues de este modo posibilitan así una interpretación diferente, según sea la necesidad del sujeto y del contexto, posibilitando así, una evolución de teorías del conocimiento.

A pesar de que el estudiante tuviera afinidad con una postura constructivista (es decir, es consciente de que las teorías cambian a medida que surgen nuevas formas de pensamiento dada la necesidad misma del contexto), mostró en algunas respuestas una postura mecanicista, donde el tiempo y el espacio absoluto son dominantes en la enseñanza-aprendizaje de la Física. Al preguntarle por algunos de los fenómenos pertenecientes a la TER, el estudiante utilizó analogías de su contexto para poder dar una respuesta plausible entre su entendimiento y el fenómeno mostrado. El estudiante desarrolló su respuesta basado en películas de ciencia ficción, donde este tipo de programas crean obstáculos epistemológicos en los sujetos que carecen de formación científica. Es evidente que el estudiante se encontraba en una etapa “pre-científica” la cual tuvo que superar para lograr avanzar en la búsqueda del conocimiento científico. Esta superación de la etapa “pre-científica” se comenzó a propiciar cuando se enseñaron los principios de la TER, donde el estudiante expuso sus argumentos para contrastar la teoría, lo que favoreció una

<sup>11</sup>La epistemología de Bachelard, Laudan y Feyerabend. *Epistemología Bachelardiana: aportes significativos a la enseñanza y al aprendizaje de las ciencias*. Marta A. Pesa. Instituto de Física- Fac. de Cs. Exactas y Tecnología. Universidad Nacional de Tucumán. Av independencia, 1800. (4000) Tucumán, Argentina. Pág. 11

formulación de preguntas sobre la posibilidad de viajar en el tiempo (entre otras), lo cual hizo que la clase se tornara mucho más dinámica y enriquecedora para todos.

Gracias a la dinámica del debate y a la utilización de “la diversidad de estrategias de enseñanza”, el estudiante logró entender los principios de la TER, comprendiendo que los conceptos y las teorías científicas están en constante cambio y evolución con el fin de interpretar el mundo. Es por ello que el principio de “incertidumbre del conocimiento” del ASC de Moreira (2005) es destacable en la enseñanza, ya que esto permite que el estudiante, en un futuro como un sujeto íntegro, pueda tener la capacidad de reinventar lo inventado y logre crear nuevas teorías y nuevas formas de interpretar el mundo, y que no se deje adoctrinar por ninguna teoría.

#### **Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Es de suma importancia destacar el papel de las simulaciones y las animaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la TER, puesto que los fenómenos que explica esta teoría escapan del mundo sensible; es decir, de la cotidianidad, y es por esto que se hace tan compleja enseñarla. Sin embargo, gracias a las simulaciones con ayuda del diagrama AVM y a las animaciones presentadas, el estudiante logró identificar de una manera visual, qué era lo que trataba la parte teórica y matemática, entendiendo mucho mejor los fenómenos. Es por esto que el educando valoró de forma positiva las estrategias didácticas que se implementaron en el proceso de enseñanza-aprendizaje, puesto que le pareció que el modelo mostraba de una manera sencilla y clara el fenómeno, para lograr su aprendizaje.

Es por esto que se aplica el principio de “la diversidad de materiales educativos” del ASC de Moreira (2005), con el fin de realizar una enseñanza más dinámica e interesante, donde la monotonía no impere en el proceso de la contextualización del conocimiento; para que éste sea llamativo y logre motivar al estudiante, con el propósito de que pueda estar predispuesto a aprender.

### **Caso 9**

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

El estudiante desde en el inicio de las actividades mostró una postura de ciencia positivista, ya que la enseñanza que ha recibido hasta el momento, solo hablaba de teorías absolutas y de los meros hacedores de la Física clásica (mecánica) como los son Galileo y Newton, desconociendo las posturas y visiones de sus antecesores, y de este modo la historia y evolución de la ciencia. Sin embargo, utilizando el principio de la diversidad de materiales educativos, se le logró mostrar cómo la ciencia y el conocimiento estaban en constante cambio y además de esto, propició que el estudiante fuese partícipe en el proceso de construcción de su propio conocimiento.

El estudiante se comenzó a motivar cuando se le presentó la animación de la paradoja de los gemelos, puesto que el fenómeno que allí se desarrollaba mostraba algo totalmente nuevo e innovador para él. En esta actividad se evidenció que el estudiante estaba enmarcado por la mecánica clásica, puesto que sus argumentos hacían referencia a un tiempo absoluto e invariante, y además que el sujeto que viajaba a una velocidad cercana a la velocidad de la luz, envejecía más que el del planeta tierra. Sin embargo, gracias a la utilización de los principios de la TASC de Moreira (2005) y a las clases propias de los principios y postulados de la TER de Albert Einstein; se logró evidenciar que el estudiante, que claramente estaba en una postura positivista y mecanicista de la ciencia, logró cambiar su postura y su concepción de un tiempo absoluto e invariante, a un concepto de espacio-tiempo relativo. En la actividad 10 el estudiante argumentó que la TER “es una crítica a todas las mediciones del espacio y el tiempo realizado por diferentes observadores inerciales; es decir, aquellos donde la primera ley de Newton se cumple donde la velocidad es constante”. Y además de esto, en aquellas preguntas de si se podría dilatar en el tiempo, se evidenció que el estudiante había cambiado su visión de mundo, argumentando que la dilatación del tiempo “sí es posible pero si se encuentra viajando a velocidades cercanas a la velocidad de la luz”. Es gratificante saber que la concepción cosmológica del estudiante que en un inicio era mecanicista, logró comprender significativamente todo lo que conllevaba la TER, y además de esto, que la ciencia al igual que el conocimiento como son una construcción humana, no son absolutos, sino que hay un avance y evolución de los mismos.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

Las simulaciones y animaciones fueron de gran utilidad para que el estudiante comprendiera la TER, puesto que cuando se le presentó la animación de la paradoja de los gemelos por primera vez, el estudiante manifestó desde su postura mecanicista que ésto no era posible. Pero cuando se le presentó de manera guiada con la nueva teoría y se le demostró matemáticamente que sí era factible, el estudiante comenzó a entender cómo funcionaba este nuevo fenómeno propio de la TER.

Por otra parte, cuando se enseñó toda la teoría, se mostró las simulaciones de dilatación del tiempo y contracción de la longitud, guiadas por el diagrama AVM, con el fin de que se afianzara mucho mejor el conocimiento. Gracias a la mediación del conocimiento por estos dos instrumentos, el estudiante valoró que “las simulaciones evidencian los fenómenos que estudia la TER de manera más clara y es posible comprender más a fondo y ver los resultados”, puesto que la representación visual y contextual de los fenómenos es muy importante para que el estudiante lograra captar en sí, las circunstancias que hacían posible los fenómenos.

Para concluir el estudiante mencionó que si la simulación de la dilatación del tiempo tuviese en cuenta el movimiento de los planetas fuese mucho más real, lo que propiciaría una mejor comprensión y motivación por parte del estudiante.

## Caso 10

**Conclusión categoría 3:** visiones de ciencia de los estudiantes y estimación de la metodología implementada.

Desde el inicio de las actividades el estudiante mostró una postura constructivista del conocimiento, donde argumentaba que cada teoría desarrollaba una cosmología diferente, y que estas se contrastaban con diversos instrumentos o herramientas para poder comprender el universo. Como lo argumenta Toulmin, “todo conocimiento científico debe estar dispuesto a cambios, pero estos cambios no se pueden dar de manera instantánea o radical, todo lo contrario, estos cambios deben estar dados de manera gradual y evolutiva; además, dichos cambios evolutivos están estrechamente ligados al contexto y las necesidades de cada época o tiempo” (ibid.). El educando además de saber que la ciencia evoluciona, al igual que el conocimiento (por consiguiente, no hay una verdad única), también manifiesta comprensión sobre el fenómeno de la dilatación del tiempo; argumentando que hay una relación entre la velocidad de la nave con el tiempo transcurrido; el cual es mucho más lento para el observador inercial que se encuentra en este sistema (nave) que un observador inercial en el planeta tierra.

Del mismo modo, los principios utilizados de la teoría del ASC de Moreira (2005) fueron de gran ayuda para poder consolidar el conocimiento previo del estudiante sobre la teoría, logrando integrar al educando, en palabras de Bachelard, a una formación científica, dado que gracias a la utilización de diversas estrategias de enseñanza, el estudiante logró comprender mucho mejor la TER y los fenómenos que de ella decantaban.

A pesar de que el estudiante no participó en las dos últimas actividades (actividad 8 y 9), se pudo evidenciar en el transcurso de las otras actividades su motivación y su asombro por la teoría enseñada. De igual modo, se observó que el estudiante fortaleció sus ideas previas con las de la teoría, lo cual significó para él un aprendizaje significativo crítico, puesto que cuando argumentaba, se notaba la apropiación del tema y de los conceptos propios de la TER.

**Conclusión categoría 4:** apreciaciones sobre las TIC para el aprendizaje de la TER.

El estudiante le otorgó una buena valoración a la implementación de las animaciones y las simulaciones computacionales, puesto que para él, la implementación de éstas fue de gran ayuda para su aprendizaje, ya que le permitieron comprender el fenómeno de una manera visual y no tan abstracta como lo hacía la teoría o la matemática propia de la TER.

Es importante la utilización de diversos instrumentos educativos para que potencialice la enseñanza-aprendizaje, y de esta manera se logre un aprendizaje significativo crítico. Ya que el estudiante desde un inicio mostró con sus ideas previas un acercamiento a la teoría, y con la implementación de estas simulaciones y animaciones, lograron potencializar ese conocimiento del estudiante, logrando adquirir un aprendizaje significativo crítico.



Una consideración que hizo el estudiante sobre la simulación (dilatación del tiempo) que realizó, fue que ésta debería ser más interactiva, intuitiva y con más planetas. Pues aunque al estudiante le sirvió como fuente de aprendizaje; ya que representa el fenómeno con una buena aproximación en lo visual y en lo matemático, quizá para él si tuviese más variables sería mucho mejor para su comprensión. Es de admitir que la simulación presentada es un poco arcaica, pero es una suerte encontrarla, ya que como se mencionó anteriormente, la simulación representa de manera muy aproximada el fenómeno de la dilatación del tiempo y además fue la única que se encontró; ya que los intereses de las simulaciones en el área de la Física se centran la gran mayoría en temas mecanicistas, que fielmente son los que se imparten en el nivel medio educativo.

## 7. CONCLUSIONES GENERALES

Cualquiera que sea nuestra posición respecto a la contextualización del currículo de Física en Colombia, no debe estar ajena a la necesidad de un currículo diseñado por docentes; ya que son los que se encuentran realmente inmersos en contextos educativos; a saber: el aula de clase y las instituciones educativas; además porque son los docentes los que tenemos la necesidad de formar sujetos adscritos al siglo XXI y sumergidos en una visión contemporánea del mundo. Si se considera esto en toda su dimensión, en un futuro abundaran sujetos críticos con un interés científico creciente, que hará de la ciencia lo que realmente debe ser: una tentativa de interpretación del mundo; y dejara entonces de concebirse como la única interpretación verdadera y absoluta presente en nuestra posible realidad.

La idea de nuestra investigación: una aproximación al despertar de la enseñanza de la Física en el nivel medio en Colombia; es pensar la posibilidad de la contextualización del currículo de Física en Colombia (aunque lo ideal sería que todo el currículo se encontrara contextualizado), ya que en la actualidad en él solo se reflejan planteamientos para la enseñanza de la Física clásica (proveniente del siglo XIX), a expensas del rezago de la Física moderna y contemporánea respectivamente.

La introducción de una teoría como la TER, puede posibilitar el cambio de cosmología en los estudiantes, un ejemplo de esto, fue el estudiante 7 que adquirió de

manera significativa los conceptos de ambas cosmologías (mecanicista y fenomenológica), elemento necesario para propiciar el cambio (de paradigma en términos Kuhnianos, o de programa de investigación científica según Lakatos, entre otros) de una hacia la otra.

Una visión epistemológica de la ciencia enmarcada en el constructivismo, provoca en los estudiantes un mejor acercamiento al conocimiento científico; además, tener claro qué postura epistemológica es adoptada por el profesor ayuda a explicitar la manera como éste se acerca al conocimiento, tanto en el momento de aprenderlo como a la hora de enseñarlo. Es por esto que un currículo enmarcado en múltiples visiones epistemológicas dota de pluralidad la manera de como se constituye el conocimiento y las posibles formas de acercarse a él.

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), son herramientas de importancia magna a la hora de abordar la construcción de cualquier tipo de conocimiento, ya que permiten que los estudiantes visualicen mejor fenómenos sumamente complejos como lo son los expuestos por la Teoría Especial de la Relatividad (TER). En muchos de los estudiantes, las TIC ayudaron a afianzar en su estructura cognitiva los postulados y las implicaciones de la TER, puesto que luego de mostrar animaciones y simulaciones acompañadas por la construcción de la parte teórica lograron consolidar su conocimiento, ya que el fenómeno era más sencillo de visualizar por medio de este tipo de herramientas.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alemañ, R. & Pérez, J. (2000). Enseñanza por cambio conceptual: de la Física clásica a la relatividad. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), 463-471.
- Alemañ, R. & Pérez, J. (2001). Una nueva propuesta didáctica para la enseñanza de la relatividad en el bachillerato. *Enseñanza de las ciencias*, 19(2), 335-343.
- Almeida, M. & Tavoraro, C. (2001). Uma oficina de física moderna que vise a sua inserto no ensino médio. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v. 18, n. 3, dez, 372-389.
- Alonso, M. & Soler, V. (2005). Applets para la enseñanza de la relatividad. *Revista Enseñanza de las ciencias*, Número extra, VII Congreso, 1-5.
- Alonso, M. & Soler, V. (2006). La relatividad en el bachillerato. Una propuesta de unidad didáctica. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 24(3), 439-454.
- Araujo I. S., Veit E. A. & Moreira M. A. (2007) Um estudo exploratorio sobre as potencialidades do diagrama AVM na aprendizagem significativa de tópicos de Física. *Indivisa, Boletín de Estudios e Investigación*. p. 512
- Aristizabal, M., et al. (2005). Aproximación crítica al concepto de currículo. En: *Revista ieRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa [en línea]*. Vol.1,

No.2 (Enero-Junio de 2005). Disponible en Internet: <<http://revista.iered.org>>. ISSN 1794-8061 Langen Lozada O., María Elena Mejía S., José Omar Zúñiga C.

Arriasecq, I. & Greca, I. (2002). Algunas consideraciones históricas, epistemológicas y didácticas para el abordaje de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio y polimodal. *Revista Ciencia & Educado*, v.8, n°1, 55 - 69.

Arriasecq, I. & Greca, I. (2004). Enseñanza de la teoría de la relatividad especial en el ciclo polimodal: dificultades manifestadas por los docentes y textos de uso habitual. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, N° 2, 211-227.

Arriasecq, I. & Greca, I. (2006). A Teaching-Learning Sequence for the Special Relativity Theory at High School Level Historically and Epistemologically Contextualized. *Revista Investigares em Ensino de Ciências. Sci & Educ.* 21:827-851

Arriasecq, I. & Greca, I. (2006). Introducción de la teoría de la relatividad especial en el nivel medio /polimodal de enseñanza: identificación de teoremas - en - acto y determinación de objetivos - obstáculo. *Revista Investigares em Ensino de Ciências.* V.11 (2), 189-218.

Arriasecq, I. (2008). La enseñanza y el aprendizaje de la teoría especial de la relatividad en el nivel medio/polimodal. (Tesis doctoral) Programa internacional de doctorado enseñanza de las ciencias. Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Burgos, Universidad do Rio Grande Do Sul. Febrero.

Ausubel, D. (1976). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo.* Editorial Trillas. México.

Bachelard, G. (1971). *Epistemología* (Anagrama, Barcelona).

Bachelard, G. (2000). *La formación del espíritu científico. Contribución a un análisis del conocimiento objetivo* (Siglo XXI, Madrid).

Banet, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 5-20.

Barbosa, R. (2006). Relatividade restrita como auxílio de diagramas. *Cad. Brás. Ens. Fís.*, v. 23, n. 2, 238-246.

Caruso, F. & de Freitas, N. (2009). Física moderna no ensino médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas . *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 26, n. 2: p. 355-366.

Cassirer, E. (1979). *El problema del conocimiento en la filosofía y en la ciencia moderna.* (Fondo de Cultura Económica, México).

Cisterna C. F. (2005). Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*. Vol 14 (1)

Colombo, L. (2003). ¿Qué puede aportar la epistemología a los diseños curriculares en física? *Revista Ciencia & Educado*, v. 9, n. 1, 83-91.

Da Silva, L.& Assis, A. (2012). Física moderna no ensino médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 2: p. 313-324.

- De Holanda, J. & Ostermann, F. (2007). Deformares geométricas e velocidade superluminal aparentes em objetos em movimento relativístico. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 355-372.
- Drewes, A. & Palma, H. (2006). Crítica al experimento crucial: Michelson y la hipótesis del éter (1887- 1930). Algunas implicaciones para la enseñanza de la física (15/17 AÑOS). *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), 432-451.
- Ferreira, F., Miranda, D.& Scofano, R. (2007). Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 447-454.
- Feyerabend, P. K. (1982). *La ciencia en una sociedad libre* (Siglo XXI, Madrid).
- Feyerabend, P. K. (1989). *Tratado contra el método. Esquema de una teoría anarquista del conocimiento* (Ariel, Barcelona).
- Guerra, A., Reis, J.& Braga, M. (2010). Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. V. 27, n. 3, 568-583.
- Guisasola, G., Solbes, J., Barraganes J., Moreno, A. & Morentin, M. (2007). Comprensión de la teoría especial de la relatividad diseño de la visita guiada a un museo de ciencia. *Revista Eureka Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 4(1), 2-20.
- Hernández, R. Fernández, C. & Baptista, P. (2006) *Metodología de la investigación*, Cuarta Edición. Editorial McGraw-Hill Interamericana, México. P 597, 614

- Herrmann, F. (2000). Temas a reformar en la enseñanza de la física. *Revista Cubana de Física*, Vol. 17. No. 1-2, 4-10.
- Husserl, E. (1992) *La filosofía como auto reflexión de la humanidad*, Paidós, Barcelona
- Kenny, P. (2006) Time dilation in special relativity: an alternative derivation. *Physics Education*, London, v. 41, n. 4, 334-336.
- Klein, J. (2005). Uma discussao sobre a natureza da ciencia no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 22, n. 1, 36-70.
- Kuhn, T. S. (1971). *La estructura de las revoluciones científicas* (Breviarios 213 FCE, México).
- Lakatos, I. (1987). *Historia de la ciencia y sus reconstrucciones racionales*. Simposio con la participación de Herbert Feigl, Richard J. Hall, Noretta Koertge, Thomas S. Kuhn (Tecnos, Madrid).
- Martínez, M., Del Pozo, M., Vega, R., Varela, M., Fernández, M. & Guerrero, A. (2001). ¿Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de ciencias de secundaria? *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 2001, 19 (1), p. 67-87.
- Medeiros A. & de Medeiros F. C. (2002) Possibilidades e limitacoes da simulacoes Computacionais no Ensino da Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. vol. 24 (2), 79
- Mellado, V. & Carracedo, D. (1993). *Contribuciones de la filosofía de la ciencia a la didáctica de las ciencias* (*Enseñanza de las Ciencias* 11(3)).



- Oliva, J., & Acevedo, J. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. Vol. 2, N° 2, pp. 241-250.
- Ostermann, F., & Moreira, M. (2000). Física contemporánea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 18 (3), 391-404.
- Ostermann, F., & Moreira, Marco Antonio, (2000). Uma revisao bibliográfica sobre a área de pesquisa “física moderna e contemporânea no ensino médio ”. *Investigares em Ensino de Ciências*. V5 (1), 23-48.
- Ostermann, F. & Moreira, M. (2001). Atualizaçao do currículo de física na escola de nível médio : um estudo dessa problemática na perspectiva de uma experiencia em sala de aula e da formaçao inicial de profesores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*.v. 18, n. 2, 135-151.
- Ostermann, F., & Ricci, T. (2002). Relatividade restrita no ensino médio : contraçao de lorentz-fitzgerald e aparencia visual de objetos relativísticos em libros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 19, n.2: p. 176-190.
- Ostermann, F. & Ricci, T. (2004). Relatividade restrita no ensino médio : os conceitos de massa relativística e de equivalencia massa-energia em livros didáticos de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*. v. 21, n. 1: p. 83-102.

- Ostermann, F., & Pereira, A. (2009). Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigações em Ensino de Ciências* - V14(3), 393-420.
- Pérez, G. (2007) Desafíos de la investigación cualitativa. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) Chile. p. 8
- Pérez, G. (1998). Investigación cualitativa. Retos e interrogantes. Madrid, España. Editorial la Muralla S.A. p. 99
- Pérez, H. & Solbes, J. (2003). Algunos problemas en la enseñanza de la relatividad. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 135-146.
- Pérez, H. & Solbes, J. (2006). Implicaciones de la evolución histórica de algunos conceptos en la enseñanza de la relatividad. *Revista Eureka Enseñanza y divulgación de las Ciencias*, 3(3), 401-439.
- Pérez, H. & Solbes, J. (2006). Una propuesta sobre enseñanza de la relatividad en el bachillerato como motivación para el aprendizaje de la física. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 269-284.
- Pesa M. A. & Greca M. I. (2000) Las epistemologías de Bachelard, Laudan y Feyerabend. Textos de apoio de programa Internacional de Doctorado em ensino de ciencias de Universidade de Burgos (convenio UFRGS). Vol 2 (2000), 7-8
- Popper, k. R. (1982). La lógica de la investigación científica (Tecnos, Madrid).
- Rodríguez G., Gil J. & García J. E. (1996) Metodología de la investigación cualitativa. Archidona, Málaga. Aljibe. Pág. 163, 164 165,171, 182.

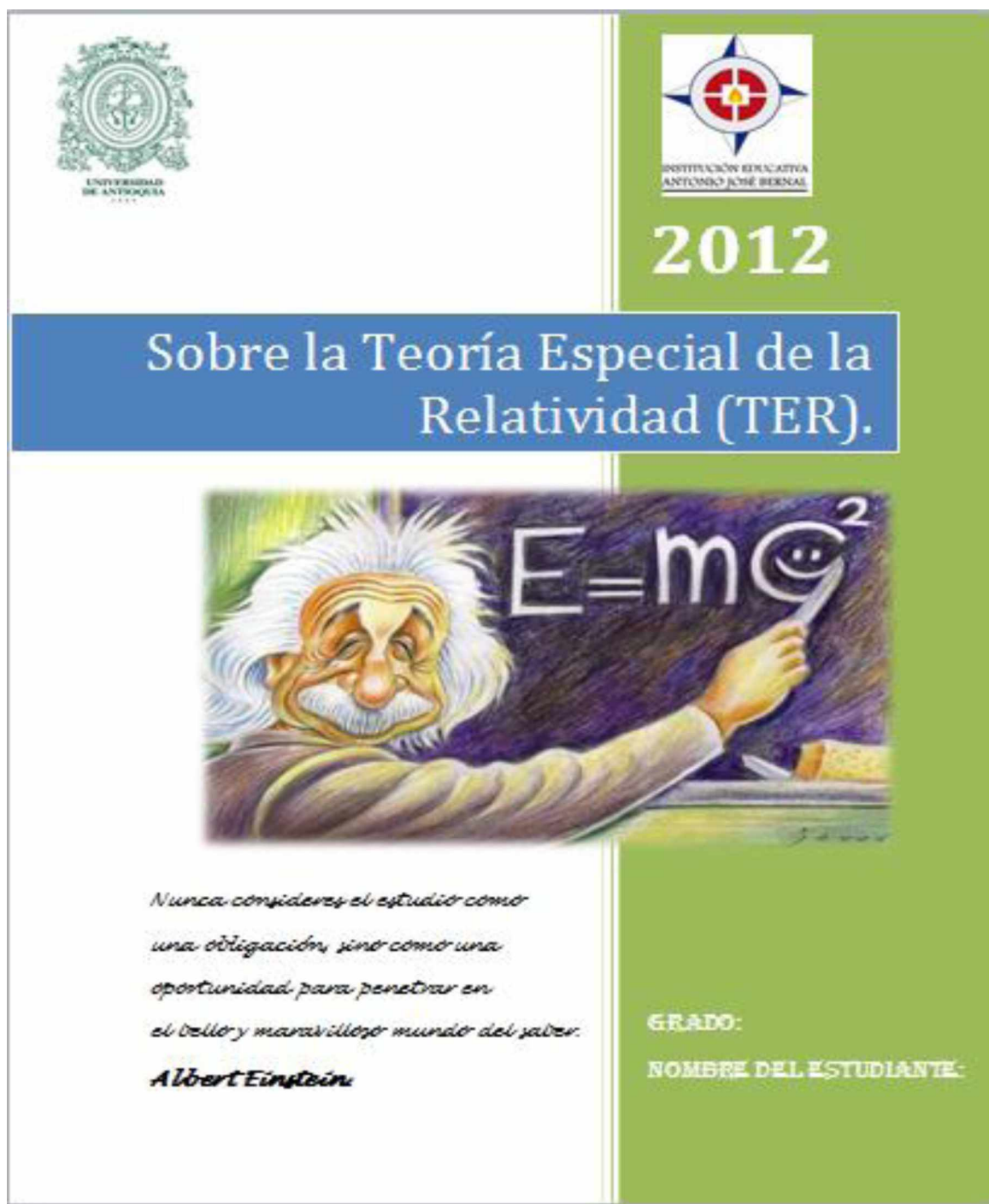
- Rodríguez, G., Gil J. & García J. E. (1996) Metodología de la investigación cualitativa. Granada, España. Ediciones Aljibe. p. 9
- Rodríguez Palmero, M. (2004). La teoría del aprendizaje significativo crítico. A. J. Cañas, J. D. Novak, F. M. Gonzales. ED. Pamplona, España.
- Salazar, T. (2009). Elementos para la introducción de la teoría especial de la relatividad al aula escolar a partir de la historia de las ciencias. Asociación Colombiana para la investigación en Ciencias Y Tecnología EDUCyT, Memorias, I congreso Nacional de investigación en educación en ciencias y tecnología, 2009, Junio 22 a 26, ISBN: 978-958-99491-0-8.
- Sánchez, G. & Valcárcel, M. (2000). ¿Qué tienen en cuenta los profesores cuando seleccionan el contenido de enseñanza? cambios y dificultades tras un programa de formación. Enseñanza de las ciencias, 2000, 18 (3), 423-437
- Santos, R. (2011). Currículo, constituição do sujeito e mudança social: uma articulação que requer interpretações multidimensionais. Revista Educação , 4-21.
- Scherr, R., Shaffer, P., Vokos, S. (2001) Student understanding of time in special relativity: simultaneity and reference frames. American Journal of Physics, Melville, v. 69, n. 7, 24-35.
- Scherr, R., Shaffer, P., Vokos, S. (2002). The challenge of changing deeply-held student beliefs about the relativity of simultaneity. American Journal of Physics, Volume 70, Issue 12, 1238-1248.

- Sotomaior, R., Silva, S. & Coimbra, D. (2006). Tempo relativístico no início do ensino médio . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 3, 373-386.
- Stake, R. (1999). Investigación con estudio de casos. Segunda edición. Madrid. Ed. Morata, S. L. Pág.17, 63.
- Toulmin, S. (1977). La comprensión Humana. El Uso Colectivo y la Evolución de los Conceptos (Alianza, Madrid).
- Vega, R., & Corral, R. (2006). La fuente epistemológica del currículo, referente imprescindible en el diseño de una carrera dirigida a la investigación científica. Revista e-Curriculum, dezembro, año/vol. 2, Número 003.
- Zanotello, M., & Fagundes, M. (2012). Ensino de física moderna e contemporânea: análise de uma disciplina para ingresantes na educação superior. Revista Educação: Teoria e Prática .Vol. 22, n. 40: p. 145-165

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Portada cartilla.

Imagen XVIII. Portada cartilla.



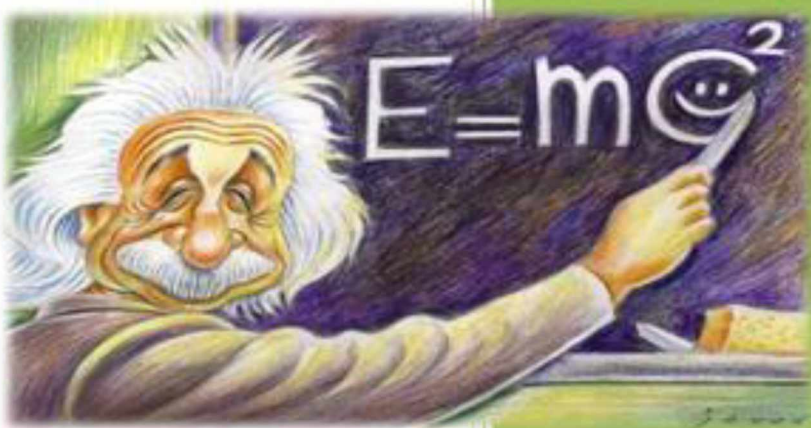
The image shows the cover of a syllabus. It features the logos of the Universidad de Antioquia and the Institución Educativa Antuando José Bernal. The year 2012 is prominently displayed. The title 'Sobre la Teoría Especial de la Relatividad (TER)' is written in a blue banner. Below the title is a painting of Albert Einstein pointing at the equation  $E=mc^2$ . At the bottom, there is a quote by Einstein and fields for 'GRADO:' and 'NOMBRE DEL ESTUDIANTE:'.

UNIVERSIDAD DE ANTOQUIA

INSTITUCIÓN EDUCATIVA ANTUANDO JOSÉ BERNAL

2012

Sobre la Teoría Especial de la Relatividad (TER).



*Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber.*

**Albert Einstein**

GRADO:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:

## **Anexo 2: lectura, el conocimiento científico: Sus orígenes y algunos rasgos característicos.**

Tomado de Arriasecq (2008)<sup>12</sup>

Lo que denominamos ciencia es al mismo tiempo una actividad y un producto cultural que le permite al ser humano acceder a conocimientos, de manera rigurosa, respecto del mundo comprendiendo fenómenos naturales, de la vida en general y de lo humano en particular, descifrando cada vez más aspectos de la realidad, lo que le ha permitido al hombre, a su vez, transformarla, en algunos casos con muy buenos resultados y otros decididamente negativos. La tecnología se basa en gran medida en lo que el conocimiento científico le puede aportar, aunque existe una retroalimentación ya que el desarrollo tecnológico posibilita a su vez avanzar en la ciencia.

Es posible interpretar los desarrollos científicos y las características de los mismos recurriendo a la historia de la ciencia. Dado que no es el objetivo que nos ocupa, no haremos un estudio exhaustivo al respecto, aunque presentaremos una brevísima síntesis, intentando que a pesar de ello sea comprensible y realmente contribuya a situarnos, al final del recorrido, en cuáles fueron los aspectos más relevantes en la historia de la Física que contribuyeron al modelo actual de ciencia y por qué la TER, puede ser considerada una "revolución" dentro de la misma.

<sup>12</sup>Propuesta de unidad didáctica implementada en tesis doctoral: la enseñanza y el aprendizaje de la teoría especial de la relatividad en el nivel medio/polimodal. Universidad de burgos, programa internacional de doctorado enseñanza de las ciencias. Departamento de Didácticas Específicas; febrero de 2008.

Si nos remontamos a los orígenes de la ciencia occidental, se encuentra que en

Asia Menor, en el S VI a.C., la denominada escuela jónica o escuela de Mileto, con Tales como su principal representante, fue su iniciadora y también de la filosofía. De todos los aportes de esta escuela, el que se reconoce como el más valioso es haber comenzado a analizar los fenómenos de interés de manera racional, abandonando argumentos de tipo místico o religioso.

Sin embargo, antes de los aportes griegos las grandes culturas de la Antigüedad, como la china, la mesopotámica y la egipcia, habían generado gran cantidad de conocimientos específicos, de carácter fundamentalmente práctico (daban solución a problemas específicos) y empírico (obtenido a través de la experiencia) a diferencia de los griegos cuyo objetivo era generar un conocimiento de carácter general y abstracto. A modo de ejemplo se puede mencionar que los persas realizaron registros astronómicos durante 600 años; los egipcios tenían conocimientos de medicina, ingeniería, administración pública, agronomía, navegación, matemática, etc. A pesar de las diferencias, las antiguas civilizaciones y los griegos tienen algo en común: considerar que el universo presenta ciertas regularidades más allá de los acontecimientos y cambios naturales. Podemos pensar que si los hombres de todos los tiempos han intentado encontrar esas regularidades en el comportamiento de la naturaleza es porque el orden que parece manifestarse en el universo nos hace sentir seguros. Cuando se piensa en un universo ordenado y creemos tener cierta comprensión del mismo, estamos en condiciones de predecir acontecimientos, aun los que

hoy consideramos como algo "normal": que el sol aparezca luego de la noche, que una semilla se convierta en una planta, que si un gato tiene cría sean gatos y no perros o no pensamos que sea probable que la temperatura en Tierra del Fuego sea de 40 grados en el mes de julio.

Diversas culturales desde tiempos remotos han creado "cosmologías" - cosmos es una palabra de origen griego que significa orden -, es decir, sistemas de creencias, más o menos fundamentadas, acerca de la estructura del universo. La ciencia moderna es también uno de esos intentos.

Entre los siglos III a. C. y II d. C., surge el período helenístico. En la ciudad de Alejandría, que era una colonia griega en Egipto florece la ciencia a través de la convergencia de culturas griegas y egipcia. Los más destacados investigadores y pensadores se reunieron en dos instituciones famosas: el Museo y la Biblioteca de Alejandría, logrando reunir siglos de conocimiento. Podría decirse que fue un importante antecedente de lo que actualmente son los institutos y centros de investigación universitarios. Se destacaron los estudios sobre astronomía y física con las contribuciones de personajes como Herón y Arquímedes. Ya en esa época se utilizaban laboratorios experimentales, precursores de los utilizados en los siglos XVII y XVIII.



En la Edad Media el desarrollo se produjo a través del aporte de los árabes por una parte y, posteriormente, por el surgimiento en Europa de las universidades de Bologna, París y Oxford dentro del ámbito de las comunidades religiosas. A fines de éste período, los eruditos europeos redescubrieron la cultura antigua y realizaron una importante tarea de traducción y elaboración de la misma, llegando a la conclusión que los griegos y los alejandrinos ya habían desarrollado todo lo que era posible en cualquier disciplina científica. Fue una época de máximo desarrollo de la cosmología Aristotélica (del siglo IV a. C.) y, al mismo tiempo, donde se acumularon más críticas por parte incluso de quienes compartían su cosmología. Dada la importancia de la cosmología aristotélica, que logró imponerse durante 2000 años durante los cuales no surgió otra cosmología que pudiese sustituirla, la analizaremos en sus aspectos principales.

#### La cosmología aristotélica

Aristóteles (384 a. C. - 322 a. C.) Pretendió reunir de un modo coherente diversas ideas referidas a:

- el movimiento de los cuerpos en la superficie terrestre o en cercanía de ella;
- la naturaleza de los seres vivos y los inanimados (y también sus cambios o transformaciones);
- las características y movimientos de los astros.

Si bien puede afirmarse que la síntesis que pretendió realizar Aristóteles, desde el punto de vista de la ciencia actual, fue prematuro, es innegable lo audaz y creativo del intento. Analicemos los aspectos principales de esta cosmología o forma de interpretar el mundo:

Concibió el universo dividido en dos regiones, la celeste o supralunar y la sublunar. A la región celeste la describió como una superposición de capas esféricas, con la Tierra ocupando el centro, y que contienen a las estrellas, los planetas, la Luna y el Sol como se representa en el siguiente dibujo:

La región celeste del universo consistía en todo aquello que se extendía más allá de la Luna. Los caparzones esféricos, que estaban relacionadas entre sí, tenían como objetivo transmitir el movimiento de la gran esfera de las estrellas, también llamado primer motor, al resto de los planetas, el Sol y la Luna. Esta región estaba formada por un único elemento, el éter, una sustancia inexistente en la Tierra y sus cercanías. Esta región se diferencia radicalmente de la terrestre.

El movimiento de los astros, que se produce por la combinación de los movimientos de rotación uniformes de las esferas, es eterno. No se admite que en esta región, considerada privilegiada o perfecta, pueda haber cambios.

La región sublunar, por el contrario, se caracteriza por el cambio, tanto de los seres vivos como los inanimados. Se incluye aquí a las regiones situadas debajo de la Luna y a la Tierra. Los elementos que componen esta región son cuatro: tierra, aire, agua y fuego (Referido a este aspecto cabe una aclaración:

Es posible que esto "te suene" a signos del zodiaco y demás cuestiones relacionadas... Bien, ese tipo de interpretaciones nada tienen que ver con la Física, aunque los astrólogos, o como decidan hacerse llamar, permanentemente intenten justificar algunas de sus afirmaciones argumentando que tienen una "base científica". Nada más alejado de la realidad. En todo caso, toman "prestado" de la ciencia algunos términos y le otorgan un significado absolutamente diferente del científico). La idea de los cuatro elementos le sirvió a Aristóteles para explicar de forma cualitativa cómo están constituidas diversas formas de materia y la manera en que se transforman. Un ejemplo de la composición de la materia por cuatro elementos y de la forma en que se transforma lo plantea Aristóteles con un trozo de leña verde que se quema: aparece un líquido (agua), vapor (aire), se enciende en llamas (fuego) y finalmente quedan cenizas (tierra).

Por último analizaremos algunos de los aspectos más destacados de lo que puede denominarse la Física aristotélica y que tienen relación más directa con los conceptos que analizaremos en la TER, por ejemplo la noción de movimiento:

Aristóteles realiza una clasificación de los movimientos en naturales y forzados, afirmando que los cuerpos pesados - aquellos donde predominan la tierra y el agua- caen hacia el centro de la Tierra, porque está en su naturaleza comportarse de esa forma. Esto es, la piedra cae porque busca su lugar natural, que es el centro del universo. Los cuerpos livianos o leves - donde predominan el aire y el fuego- ascienden porque su lugar natural es la región que se encuentra por encima de la sublunar.

Es importante destacar que en estos movimientos, considerados por Aristóteles como naturales, donde se supone que el centro de la Tierra coincide con el centro del universo, se admite también que lo que entendemos por "arriba" y por "abajo" son conceptos absolutos. Es decir que, en esta interpretación son conceptos que no dependen de un sistema de referencia.

También existen otros tipos de movimientos como levantar una piedra con la mano, o que la llama de una vela se incline porque alguien la sopla o por efecto de una corriente de aire. En estos casos, la piedra y la llama realizan movimientos que son forzados y, que por oponerse a los que sería su movimiento natural, deben tener una causa, externa a los cuerpos, que los provoque: para la piedra puede ser la mano de una persona y para la llama la interacción entre el aire y la llama.

La misma hipótesis del punto anterior intentó aplicarla al movimiento de los proyectiles, aunque el propio Aristóteles no estaba muy convencido. La cuestión que se planteaba es la siguiente: si se arroja una piedra, ¿qué fuerza la propulsa cuando deja de estar en contacto con la mano? La respuesta de Aristóteles era que el mismo aire que la piedra desplaza en su camino, se mueve por detrás de la piedra y llena el vacío que se crearía impulsando a la piedra.

En esta más que apretada síntesis de la cosmología aristotélica y de la simple mención de algunas cuestiones relacionadas con la Física en particular, es importante destacar uno de los aspectos de esta forma de interpretar el mundo que, entre otras razones (sociales, culturales, religiosas) que no discutiremos aquí, permiten interpretar el por qué de su vigencia durante casi 2000 años: la coherencia del aristotelismo que se advierte cuando se analiza su cosmología en la fuerte relación que existe entre los distintos conceptos y afirmaciones que la forman, siendo sus argumentos muy convincentes, incluso hasta parecen estar respaldadas por el "sentido común". Mencionamos las más importantes:

Necesidad de asumir que existe un centro del universo: Esta noción es clave para la teoría aristotélica del movimiento, ya que respecto a ese centro los cuerpos se mueven hacia "arriba" o hacia "abajo".

El universo debe ser finito: Si no lo fuera, no habría un centro respecto del cual "caer" o "ascender".

No puede existir el vacío en el universo: Si se admite que existe vacío en el universo, podría pensarse en que la materia se va concatenando con el vacío en un proceso que no tiene porqué tener fin. Como vimos antes no podemos admitir un universo infinito, por lo tanto no es posible admitir la existencia de vacío en esta cosmología.

La fuerte coherencia de la que hablamos anteriormente se manifiesta en el hecho que no es posible "criticar" o no aceptar algún aspecto de su cosmología en forma separada. Por ejemplo, si se niega que la Tierra esté en reposo en el centro del universo, dejan de tener sentido nociones como las de "arriba" o "abajo" absolutos y, como consecuencia, ya no sería posible hablar de "lugares naturales".

Continuemos con la historia. Ya en el Renacimiento comienza un movimiento renovador para la ciencia con uno de los acontecimientos más importantes de ese período: la teoría heliocéntrica propuesta por Copérnico y los copernicanos, entre los siglos XVI y XVII. Sin embargo, la tarea no fue fácil y demandó 150 años el "reemplazo" de una cosmología por otra. Los historiadores suelen denominar al período que abarca desde la publicación del libro "Sobre la revolución de las esferas celestes", de Nicolás Copérnico, en 1543, hasta 1687 cuando Isaac Newton publica su libro "Principios matemáticos de

filosofía natural", como "Revolución científica de los siglos XVI y XVII" o "Revolución científica".

Algunos autores también la denominan "Revolución copernicana", pero creemos que no es justo, dado que si bien Copérnico tuvo un rol central en la misma, no lo hizo sólo. Intervinieron otros científicos, como por ejemplo Galileo, Kepler y Newton, que realizaron significativos aportes y lograron elaborar la nueva cosmología, de carácter mecanicista (ya aclararemos de que se trata...) que planteaba una forma diferente de concebir a la naturaleza, con otros procedimientos para plantear y resolver los problemas científicos. Es la época de la mecánica clásica, una de las teorías científicas más exitosas de todos los tiempos, que durante dos siglos se impuso a las demás, al punto tal que a fines del siglo XIX se llegó a considerarla capaz de unificar toda la física incorporando a la óptica y al electromagnetismo. Este triunfo de la mecánica clásica, también denominada newtoniana - obviamente en honor a los aportes de Newton a su desarrollo-, tuvo repercusiones en diferentes ámbitos; incluso algunos probablemente te resulten difíciles de imaginar. La Física, como disciplina científica, llegó a convertirse, para muchos filósofos y algunos de los pensadores políticos más importantes del siglo XIX, en el modelo de teoría a seguir.

Otro período revolucionario dentro de la Física, incluye el surgimiento de la mecánica cuántica y la TER, como anticipamos en la introducción. La primera surge a fines del siglo XIX y se desarrolla a partir del estudio de los fenómenos de interacción entre materia y radiación y se ocupa del mundo microscópico (por ejemplo los fenómenos

atómicos, nucleares y sub -nucleares). La teoría de la relatividad se desarrolla en las primeras décadas del siglo XX y resuelve el problema de intentar compatibilizar la teoría de Newton con el electromagnetismo de Maxwell que tuvo numerosos intentos fallidos entre finales del siglo XIX y comienzos del XX. La TER propuesta por Einstein a comienzos del siglo XX, aborda el estudio de fenómenos cuyas velocidades son comparables con las de la luz y también longitudes muy grandes como por ejemplo las de escala astronómica (teoría general de la relatividad que no abordaremos en esta ocasión).

Tanto a Galileo como a Newton suele considerárseles como los iniciadores de la ciencia moderna ya que lograron unir la elaboración de hipótesis para explicar fenómenos naturales con la investigación empírica. A esta característica que distingue la actividad científica de otras formas de conocer el mundo, como pueden ser el arte o la religión, se suman otras: legalista, sistemático, metódico, provisorio y con pretensión de objetividad. Las comentaremos brevemente, con el objetivo de analizar en qué medida se manifiestan en la TER.

### **Anexo 3: actividad 1, el conocimiento científico: sus orígenes y algunos rasgos característicos.**

De acuerdo con la lectura anterior, responde los siguientes interrogantes:

1. Menciona los acontecimientos más importantes en cada época.



2. ¿Por qué se les considera a Galileo y a Newton como los iniciadores de la ciencia moderna?

3. ¿Qué significa el término “investigación empírica”?

4. ¿Qué tipo de cosmología tenía Ptolomeo, Copérnico, Kepler, Galileo y Newton?

5. ¿Qué avances en la ciencia evidencias en cada una de las teorías que son planteadas por los autores anteriores?
  
6. Elabora una reflexión sobre el artículo leído, y compártelo con tus compañeros.
  
7. ¿Qué tipo de fenómenos aborda la Teoría Especial de la Relatividad de Albert Einstein?

#### **Anexo 4: lectura, breve biografía clásica de Albert Einstein.**

Tomado de Arriasecq (2008).<sup>13</sup>

Albert Einstein nació en Ulm, en Württemberg, Alemania, el 14 de marzo de 1879. Seis semanas más tarde su familia se mudó a Múnich y es allí donde comenzó sus estudios, en el Luitpold Gymnasium. Más tarde se trasladaron a Italia. Albert continuó su educación en Aarau, Suiza y, en 1896, ingresó en la Escuela Politécnica Federal de Zúrich para estudiar física y matemáticas. En 1901, el año en el que obtuvo su diploma, Albert adquirió la ciudadanía suiza y, al serle difícil encontrar un puesto de profesor, ingresó como técnico asistente en la Oficina Federal de Patentes de la ciudad de Berna. En 1905 obtuvo su doctorado.

Durante su período como empleado de la Oficina de Patentes, en su tiempo libre, Albert produce muchos de sus trabajos más importantes y, en 1908, es contratado como Privatdozent en Berna. En 1909 es nombrado Profesor Extraordinario en Zúrich, en 1911 Profesor de Física Teórica en Praga, regresando el año siguiente a Zúrich con un puesto de igual jerarquía. En 1914 es nombrado Director del Instituto de Física Káiser Wilhelm y Profesor de la Universidad de Berlín. Adquirió la ciudadanía alemana en 1914 y permaneció en Berlín hasta 1933, cuando renunció a dicha ciudadanía por motivos políticos y emigró a los Estados Unidos de Norteamérica, donde tomó el puesto de Profesor de Física

<sup>13</sup> **I b í d .**

Teórica en Princeton. Adquirió la ciudadanía norteamericana en 1940 y se retiró de su puesto en 1945.

Después de la Segunda Guerra Mundial, Einstein se convirtió en una de las más destacadas personalidades que abogaba por un gobierno mundial, se le ofreció la presidencia del Estado de Israel, que no aceptó, y colaboró con el Dr. Chaim Weizmann para establecer la Universidad Hebrea de Israel.

En sus primeros trabajos científicos, Einstein se concentró en ciertos inconvenientes de la mecánica newtoniana, y su teoría de la relatividad especial surgió como un intento de reconciliar las leyes de la mecánica con las leyes del campo electromagnético. También enfrentó problemas clásicos de mecánica estadística y problemas en donde se mezclaban tópicos de la teoría cuántica: esto llevó a su explicación del movimiento browniano de las moléculas. Investigó las propiedades térmicas de la luz con baja densidad de radiación y sus observaciones sentaron las bases de la teoría de los fotones como corpúsculos de luz.

Durante su estancia en Berlín, Einstein postuló que una correcta interpretación de la teoría especial de la relatividad debería también proveer una adecuada teoría para la gravitación y, en 1916, publicó su trabajo sobre la teoría general de la relatividad. Durante estos años, Einstein también contribuyó a problemas relacionados con la teoría de la radiación y la mecánica estadística.

En la década de 1920, Einstein se concentró en la búsqueda de teorías de campo unificadas, aunque continuó paralelamente con sus trabajos sobre la interpretación probabilística de la teoría cuántica, temas en los que perseveró luego de su desembarco en norte América. Contribuyó a la mecánica estadística con el desarrollo de la teoría cuántica del gas monoatómico y realizó importantes trabajos en relación con probabilidades de transición atómicas y en temas de cosmología relativista. Albert Einstein falleció el 18 de abril de 1955 en Princeton, New Jersey.

## **Anexo 5: lectura. Los conceptos de espacio y tiempo.**

Tomado de Arriasecq (2008)<sup>14</sup>

Cuando se intentan definir conceptos como tiempo no es sencillo y una de las razones se relaciona con el hecho que el concepto de tiempo "... alcanza a todo: al trabajo, a la economía, a la información, al lenguaje, a la biología; determina nuestra vida, que es, ella misma temporal." (Loma, 1999).

Desde que el hombre se cuestionó acerca de la noción de tiempo por primera vez hasta la actualidad se han planteado diferentes concepciones de tiempo relacionadas con visiones del mundo distintas y modelos científicos diferentes. A pesar de las diferencias, sin embargo, todas las nociones de tiempo pueden analizarse en un continuo que en sus extremos contienen a su vez otras nociones como son la de "movimiento" o "cambio" por una parte y el "reposo", "continuidad" o "duración" por otro. En ese sentido, tiempo y cambio parecen estar estrechamente ligados tanto desde el punto de vista filosófico como científico.

Si nos centramos en la perspectiva científica, encontramos en un extremo a Galileo (siglos XVI y XVII), Leibniz (siglos XVII y XVIII), Berkeley (siglo XVIII) y, posteriormente, Mach (siglo XIX) que conciben el tiempo relativo a un movimiento y, por

<sup>14</sup> **I b íd .**

ende, al cambio. En otro extremo se encuentra Newton con una concepción de tiempo absoluto, universal, independiente del movimiento y sin relación con los cambios.

Una vez consolidada la mecánica newtoniana todos los fenómenos son estudiados a partir de las leyes de movimiento de la mecánica. Establecer analogías con las máquinas se convierte en el método de estudio más utilizado. La máquina adquiere un protagonismo mayor que la Naturaleza y el universo es interpretado como un gran reloj. La noción de tiempo deja de vincularse con fenómenos naturales y comienzan a utilizarse relojes mecánicos. Esta noción de tiempo se vincula con otras nociones claves para la Física: la simultaneidad y un tiempo común a todos los observadores y sin relación alguna con la materia.

Mach afirma que el tiempo absoluto no tiene valor práctico ni científico. La idea de Mach es que una noción de tiempo científica es aquella que sea objetiva y eso sólo se logra mediante la medición. Lo importante es el instrumento que debe estar colocado en el lugar donde se produce determinado suceso y deja de ser universal el resultado que se obtiene. Mach, sin embargo es consciente del carácter problemático del concepto de tiempo (de las tantas paradojas que planteó podemos citar aquella que plantea: ¿cómo se pone en hora un reloj si es éste justamente el que indica la hora?), y sostiene que la única posibilidad de ser precisos es medir el tiempo de un suceso en el mismo lugar donde sucede. Esto significa pasar del concepto absoluto newtoniano a un concepto relativo al instrumento de medición.

Poincaré, a comienzos del siglo veinte, adhiere a la perspectiva de Mach y centra la discusión en torno a dos cuestiones relevantes para la ciencia que no se habían tenido en cuenta: la circularidad de algunos conceptos fundamentales para la Física y entre ellos menciona justamente al espacio y el tiempo. Respecto del espacio afirma que el instrumento ideal para medirlo puede ser definido sólo en función de la geometría. Pero ésta se define en función del instrumento, con lo cual se arriba a un círculo vicioso. Con el concepto de tiempo ocurre la misma circularidad, que el tiempo se mide por un movimiento (por ejemplo, rotación de la Tierra sobre su propio eje) y ese movimiento se mide por un tiempo (por ejemplo un día). Quizás esta circularidad sea más evidente con este concepto y, a pesar de los distintos esfuerzos por definirlo a lo largo de la historia, no se ha podido evitar que se "cuele" el propio concepto a definir. Poincaré resuelve este problema asumiendo que tiempo es lo que indica un determinado instrumento de medida y que las propiedades del mismo son las del reloj, de la misma manera que las del espacio son las de los instrumentos de medida.

Si bien la perspectiva de Poincaré plantea una alternativa al problema de la circularidad de la definición de conceptos como espacio y tiempo, surge otra cuestión central para la Física: la noción de simultaneidad, concepto primario y absoluto en la mecánica newtoniana. La simultaneidad es una propiedad esencial de la mecánica clásica, pues cuando se acepta la idea de un tiempo absoluto, para establecerla entre dos acontecimientos es necesario que los instrumentos de medida (por ejemplo relojes) se encuentren en el mismo lugar en que se producen los mismos y que posteriormente quienes



manipulen los relojes (observadores) se comuniquen entre sí y "decidan" si los acontecimientos fueron o no simultáneos.

Las diferencias, si las hay, serán apreciables y significativas sólo en el contexto de la TER, con velocidades de un observador respecto de otro comparables a las de la luz.

En el ámbito de la mecánica clásica, donde se acepta que la velocidad de la luz tiene un valor ilimitado, es suficiente considerar que un observador es una persona ubicada en un sistema de referencia con un instrumento preciso, por ejemplo un cronómetro para registrar tiempo. Sin embargo, en el contexto de la TER, el valor finito de la velocidad de la luz requiere "complejizar" la noción de observador que permita obtener registros de eventos ocurridos en lugares distantes. Para registrar ambas posiciones y el tiempo en que ocurren los acontecimientos, es necesario contar con un sistema de coordenadas inercial, donde en cada punto del eje de las abscisas debería estar ubicado un observador con su instrumento de medición.

Esos instrumentos deben ser "idénticos", en el sentido de haber sido construidos y calibrados de la misma manera. Además, es indispensable que, en caso de instrumentos de medición de tiempo (típicamente relojes o cronómetros) se encuentren "sincronizados". En síntesis, en la TER el concepto de observador significa que un número "n" de individuos se encuentran ubicados en el eje de las abscisas (suponiendo un análisis unidimensional)

cubriendo "todas" las posibles posiciones del mismo y que cuentan con instrumentos idénticos para realizar las mediciones.

## Anexo 6: actividad 2, de lo absoluto a lo relativo

Teniendo en cuenta lo planteado en clase: Intenta explicar con tus palabras el significado que tienen los conceptos de espacio y tiempo, a partir de los siguientes interrogantes:

1. ¿Qué es el espacio para la física clásica?

---

---

---

---

2. ¿Qué es el tiempo para la física clásica?

---

---

---

3. ¿Qué es el espacio-tiempo para la TER?

---

---

---

4. ¿Por qué en la física clásica el tiempo y el espacio se toman como dos conceptos distintos en la TER como un solo concepto?

---

---

---

5. ¿Existiría el tiempo si no existiera su medición?

---

---

---

6. ¿Qué es el continuo espacio-tiempo?

---

---

---

7. ¿Se puede separar éste en espacio y tiempo?

---

---

---

8. ¿Cuál es la diferencia entre tiempo relativo y tiempo absoluto?

---

---

---

9. ¿Qué papel juega la velocidad de la luz en el espacio-tiempo?

---

---

---

### Anexo 7: actividad 3., instrumento de ideas previas

A continuación se muestra una animación sobre la paradoja de Langevin o de los gemelos

#### Imagen XIX. Animación paradoja de Langevin.



Tomado de: <http://www.youtube.com/watch?v=9K2u9sZWTYo>

Según la animación vista anteriormente, responde las siguientes preguntas de manera clara y concisa.

1. ¿Crees que hay algún tipo de relación entre la velocidad de la nave y la diferencia de edades entre Henry y Albert luego del viaje? Explica tu respuesta.

---

---

---

2. ¿Te parece posible que Henry vuelva del viaje a ZOG mucho más joven que su hermano Albert que se quedó en la tierra? Explica de manera clara tu respuesta.

---

---

---

3. Si decimos que la tierra es un sistema de referencia inercial y que la nave cohete es otro sistema de referencia inercial, ¿Que entiendes por sistema de referencia inercial?

---

---

---

4. Si Henry acelera la nave a velocidades superiores a la de la luz ¿qué pasaría? ¿Crees que esto es posible? Explica tu respuesta.

---

---

---

5. Si Henry llega mucho más joven a la tierra de su viaje, ¿crees que es posible viajar en el tiempo?

---

---

---

6. ¿Crees que es posible que los objetos se contraigan al viajar a velocidades cercanas a la de la luz?

---

---

---



## **Anexo 8: lectura, breve historia del concepto de éter.**

Tomado de Arriasecq (2008)<sup>15</sup>

La teoría de la relatividad especial o restringida, nace en 1905 luego que el experimento para comprobar si existía el éter propuesto por Michelson & Morley no arrojara resultados positivos. A continuación mostraremos una lectura breve sobre la historia del éter:

A lo largo de la historia, se han sucedido diversos períodos en los cuales la gente en general, y los científicos en particular, asumieron que en el Universo no podía existir el vacío. La primera propuesta claramente explicitada al respecto, corresponde a Aristóteles (S. IV a. C), la cual hemos analizado al comienzo. Varios siglos después, en el XVII d. C, un científico francés, Descartes, propuso una explicación para el movimiento de los astros suponiendo que existían “torbellinos de materia” en la región interestelar. El Sol y los planetas se encontraban sumergidos en una especie de “fluido” llamado éter, de forma tal que el movimiento de un astro ponía en movimiento el fluido que, a su vez, movía a los demás astros (por ejemplo el Sol con su movimiento dentro del éter transmitía su movimiento haciendo girar al resto de los planetas a su alrededor). Descartes también consideraba que el éter permitía que se transmitiera la luz y el calor provenientes de las estrellas. Con posterioridad a Descartes, otros científicos compartieron su opinión respecto del éter como medio de propagación para la luz a través del espacio. Entre otros: Huygens,

<sup>15</sup> **I b íd .**

Euler, Young y Fresnel. Sin embargo, debemos recordar que durante el apogeo de la mecánica newtoniana, fundamentalmente en el siglo XVII, la teoría del éter no tuvo éxito dado que Newton no atribuía el movimiento de los astros a torbellinos ni justificaba la necesidad de un medio de propagación para la luz dado que la consideraba como “pequeñas partículas” que podían propagarse en el vacío.

El siglo XIX es quizás el de mayor apogeo para la teoría del éter, dado que se elaboraron teorías físicas, que interpretaban diversos fenómenos tales como el calor, la electricidad y el magnetismo a partir del concepto de éter. Particularmente, para nuestro propósito nos resultan de interés los aportes realizados por Fresnel, quien a comienzos del siglo XIX demostró que gran parte de los fenómenos ópticos podían ser mejor explicados considerando la luz como una onda. Dado que en esa época las ondas, por ejemplo mecánicas (sonido en el agua, etc.) requerían un medio en el cual propagarse, Fresnel propuso que el universo no podía estar vacío, sino “lleno” de un fluido capaz de transmitir la luz. Analicemos las características principales de ese fluido, el éter:

- Es un elemento que abarca todo el espacio, dado que no hay límites para la propagación de las ondas electromagnéticas.

- Tiene características que lo hacen muy particular, tales como ser extremadamente rígido como para permitir una velocidad tan grande como la de las ondas electromagnéticas y, al mismo tiempo, ser muy tenue ya que debe permitir que la materia que forma parte de planetas, satélites y estrellas lo atraviesen sin fricción, como de hecho

ocurre ya que no se observan retardos en sus movimientos comparados con las predicciones de la mecánica newtoniana. Estas dos características parecen contradictorias, ¿no?

- Se planteó, también como hipótesis, que el éter estaba en reposo respecto de las estrellas lejanas, aunque no había un acuerdo total entre los científicos en asumir esta hipótesis. Este aspecto era cuestión de debate.

**Anexo 9: actividad 4, la historia del concepto de éter.**

De acuerdo con la lectura anterior, responde los siguientes interrogantes:

1. ¿Por qué surgió en la Física la teoría del éter? Analiza las diversas etapas, a favor y en contra de la misma.

---

---

---

2. ¿Qué supones que ocurrió con la teoría del éter luego de su puesta a prueba experimental?

---

---

---

3. En la antigüedad no se concebía el vacío en el universo, explica la propuesta del éter realizada por Descartes.

---

---

---

4. Explica ¿Por qué durante el apogeo de la mecánica Newtoniana, la teoría del éter no tuvo éxito?

---

---

---

5. ¿Por qué el siglo XIX se dice que fue el de mayor apogeo de la teoría del éter?

---

---

---

6. ¿Qué aportes realizó Fresnel?

---

---

---

7. ¿Cuáles son las características especiales del éter?

---

---

---

## **Anexo 10: actividad 5, temática trabajada por medio de clase magistral.**

¿Qué es la teoría de la relatividad especial o restringida (TER)?

Es una crítica a las mediciones del espacio y tiempo, realizada por varios observadores inerciales. Trata además de marcos de referencia inerciales, es decir, “no acelerados”, a saber: son aquellos donde se cumple la primera ley de Newton, es decir, donde la velocidad es constante.

¿Qué es la Teoría de la Relatividad General (TRG)?

Es una teoría de gravitación geoméricamente no euclidiana. Trata de marcos de referencia no inerciales, es decir, acelerado.

La teoría de la relatividad especial o restringida consta de 2 postulados:

### **Primer postulado:**

Las leyes de la Física son las mismas para todos los observadores inerciales, es decir, para todos los observadores que se mueven a velocidades constantes unos con respecto a otros.

### **Segundo postulado:**

La velocidad de la luz en el vacío es máxima y no depende del movimiento de la fuente, es decir, es la misma para todos los observadores en todas las direcciones, independientemente del estado de reposo o de movimiento tanto del observador como de la fuente. Y su valor es de 300.000 Km/s o  $3,0 \times 10^8$  m/s, además, se denomina con la letra “C”.

### **Implicaciones:**

Las principales implicaciones de la TER son: la relativización de los eventos simultáneos, la dilatación del tiempo y la contracción de la longitud; donde un evento es algo que ocurre y le asignamos unas coordenadas; las espaciales respecto a cualquier punto, y la temporal en el mismo punto donde ocurre el evento.

### **Eventos simultáneos:**

Son aquellos donde el evento temporal se da al mismo tiempo:

1.  $(X_i - Y_i - Z_i - t_i)$
2.  $(X_2 - Y_2 - Z_2 - t_i)$

Nota: eventos que son simultáneos para un observador inercial, no necesariamente los son para otros observadores inerciales.

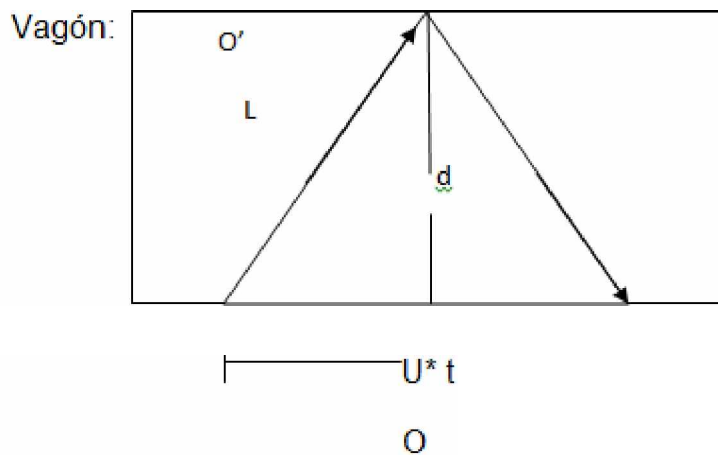
### Dilatación del tiempo.

Dos observadores  $o$  y  $o'$ ... ambos quieren medir el tiempo que tarda un rayo de luz en ir y volver hacia el piso del vagón. Previa sincronización.

$O'$  está dentro del vagón.

$O$  está fuera del vagón.

Imagen XX. Representación del experimento mental para la transformación de Lorentz



### Transformación de Lorentz:

$$O' \text{ mide: } t' = \frac{2d}{c} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$O \text{ mide: } t = \frac{2L}{c} \quad \text{Ecuación 2}$$

Entonces:

$$\text{Ecuación 3: } L = \sqrt{d^2 + (u \cdot t/2)^2}$$

$$\text{Ecuación 4: } L = \sqrt{\left(\frac{c \cdot t'}{2}\right)^2 + \left(\frac{u \cdot t}{2}\right)^2}$$



Reemplazamos la ecuación 4 en la ecuación 2:

$$t = \sqrt{\frac{(c \cdot t')^2 + (u \cdot t)^2}{c}}$$

Entonces:

$$c \cdot t = \sqrt{(c \cdot t')^2 + (u \cdot t)^2}$$

$$(c \cdot t)^2 = (c \cdot t')^2 + (u \cdot t)^2$$

$$(c \cdot t)^2 - (u \cdot t)^2 = (c \cdot t')^2$$

$$t^2(c^2 - u^2) = (c \cdot t')^2$$

$$t^2 \left( \frac{c^2 - u^2}{c^2} \right) = \frac{c^2 \cdot t'^2}{c^2}$$

$$t^2 = \frac{t'^2}{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

**Nota 1.**

El tiempo transcurre más lentamente para el observador que se mueve más rápidamente.

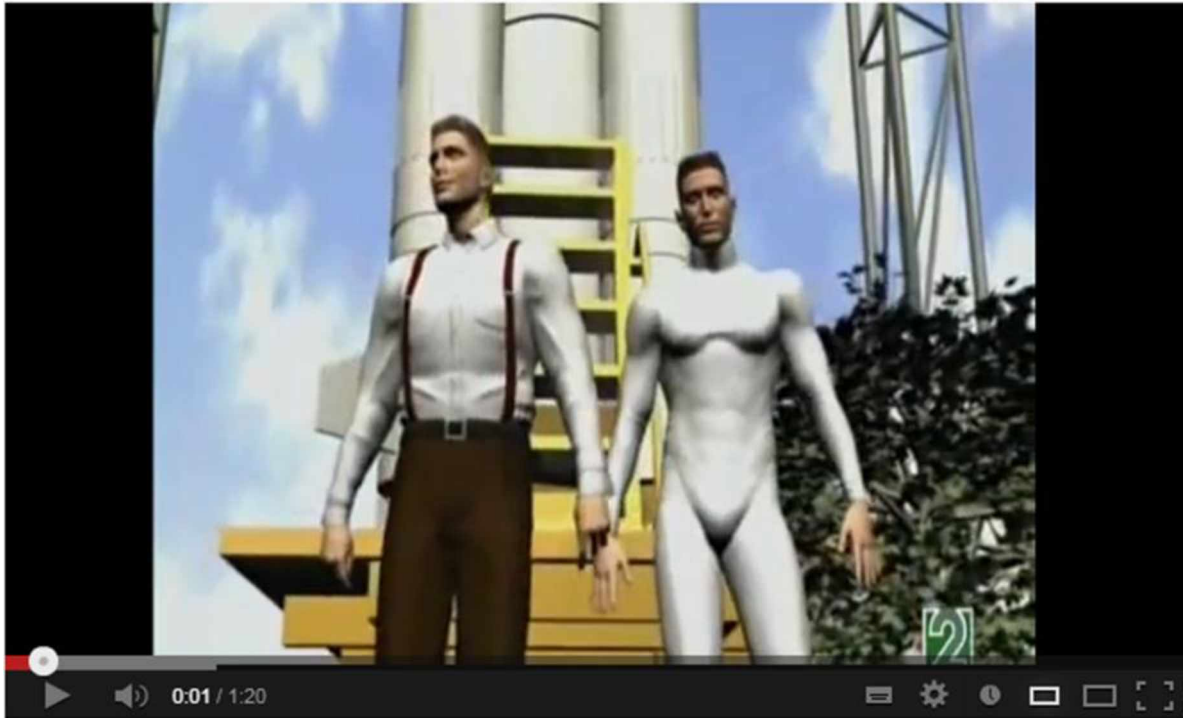
**Nota 2.**

El tiempo propio ( $t'$ ): Es el tiempo medido en el marco de referencia donde ocurre el evento.

El tiempo relativo ( $t$ ): Es el tiempo medido fuera del marco de referencia donde ocurre el evento.

**Anexo 11: animación sobre dilatación del tiempo: Paradoja de Langevin.**

**Imagen XXI. Animación sobre paradoja de los gemelos.**



Tomado de: <http://www.youtube.com/watch?v=hy3dCTUJOSs>

## Anexo 12: ejemplos propuestos sobre dilatación del tiempo.

1. La estrella más cercana a nuestro sistema solar es Alfa Centauro y se encuentra a (4,3 años luz) de distancia, de acuerdo con cálculos que involucran relojes de la Tierra. ¿Cuánto tardaría una nave espacial en hacer un viaje de ida y vuelta a esa estrella si su velocidad es de  $0,999c$ ? ¿Cuánto tiempo ha transcurrido para un observador que ha viajado en la nave?

Solución:

De acuerdo con relojes situados en la tierra, la nave tarda 8.6 años en el viaje de ida y vuelta.

Para el observador que ha viajado en la nave:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

Entonces:

$$t' = t \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$t' = 8.6 \text{ años} \cdot \sqrt{1 - \frac{(0.999c)^2}{c^2}}$$

$$t' = 8.6 \text{ años} * 0.045$$

$$t' = 0.387 \text{ años}$$

$$0.387 \text{ años} * \frac{12 \text{ meses}}{1 \text{ año}} = 4.644 \text{ meses} \cong 5 \text{ meses}$$

**Respuesta:**

Para el observador que ha viajado en la nave han pasado aproximadamente 5 meses.

2. Si la vida media de un ser humano saludable es de 61 años, ¿a qué velocidad debería viajar para alcanzar una vida media de 250 años?

Entonces:

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}}$$

**Despejamos  $u$ :**

$$\begin{aligned} \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} &= \frac{t'}{t} \\ 1 - \frac{u^2}{c^2} &= \left(\frac{t'}{t}\right)^2 \\ \frac{u^2}{c^2} &= 1 - \left(\frac{t'}{t}\right)^2 \\ u &= c \sqrt{1 - \left(\frac{t'}{t}\right)^2} \end{aligned}$$

**Reemplazamos los valores:**

$$\begin{aligned} u &= 3 \times 10^8 \frac{m}{s} \sqrt{1 - \left(\frac{61 \text{ años}}{250 \text{ años}}\right)^2} \\ u &= 2.9 \times 10^8 \frac{m}{s} \end{aligned}$$

**Respuesta:**

La velocidad a la cual debería viajar para alcanzar la edad deseada sería 0.96 C es decir, casi a la velocidad de la luz.

3. En física de partículas, pion es el nombre común de una de tres partículas subatómicas descubiertas en 1947. Si la vida media de los piones en reposo es de  $2,6 \times 10^{-8}$  s, ¿A qué velocidad deben viajar los piones para que su vida media, medida en el laboratorio, sea de  $4,2 \times 10^{-8}$  s?

$$u = c * \sqrt{1 - \frac{(t')^2}{(t)^2}}$$

$$u = 2.38 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

**Respuesta:**

Los piones deben viajar aproximadamente a una velocidad de 0.80 C.

### Anexo 13: ejercicios propuestos sobre dilatación del tiempo.

1. Si una nave espacial que parte del planeta tierra viaja a  $2,25 \times 10^8$  m/s, y se demora 25 años terrestres en el espacio exterior antes de que vuelva a la tierra, ¿Cuántos años han pasado para el astronauta?

Entonces:

$$t' = t \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$t' = 25 \text{ años} * \sqrt{1 - \frac{(2.25 \times 10^8 \frac{m}{s})^2}{(3.0 \times 10^8 \frac{m}{s})^2}}$$

$$t' = 25 \text{ años} * 0.661$$

$$t' = 16.5 \text{ años}$$

**Respuesta:**

Para el astronauta han pasado 16 años y 6 meses.

2. Una persona de 19 años tiene un hermano gemelo el cuál quiere viajar a una velocidad de  $0.99c$  desde el planeta tierra a un planeta distante, y se demora en ir y volver 53 años terrestres, mientras espera su regreso ¿Qué edad tendría el hermano gemelo que se quedó en la tierra? ¿Qué edad tendría el gemelo que viajó en la nave espacial al regresar a la tierra?

$$t' = t \cdot \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$t' = 53 \text{ años} * \sqrt{1 - \frac{(0.99c)^2}{c^2}}$$

$$t' = 7.5 \text{ años} \cong 8 \text{ años}$$

**Respuesta:**

El hermano que se quedó en la tierra tendría 72 años.

El hermano que viajó tendría aproximadamente 27 años.

3. En un experimento de laboratorio, quieren alargar la vida de una hormiga exponiéndola a altas velocidades. Si la vida media de una hormiga es de 2 días, ¿A qué velocidad deberían exponerla si quieren los científicos que el resultado de su vida media sea de 7 días?

$$u = c * \sqrt{1 - \frac{(t')^2}{(t)^2}}$$

$$u = 3.0 \times 10^8 \frac{m}{s} * \sqrt{1 - \frac{(2 \text{ dias})^2}{(7 \text{ dias})^2}}$$

$$u = 3.0 \times 10^8 \frac{m}{s} * 0.96$$

$$u = 2.8 \times 10^8 \frac{m}{s}$$



**Respuesta:**

La deberían exponer a una velocidad de  $0.93 C$ .

**Anexo 14: actividad 6, temática trabajada en clase magistral: contracción de la longitud.**

Ecuación:

$$L = Lp. \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

Donde “Lp.” es la longitud propia: La distancia medida en el marco de referencia donde ocurre el evento.

Y donde “L” es la longitud relativa: La distancia medida fuera del marco de referencia donde ocurre el evento.

**Nota:**

Los cuerpos solo se ven contraídos en la dirección del movimiento.

**Anexo 15: ejemplos y ejercicios propuestos sobre contracción de la longitud.**

1. Una regla que se mueve a  $0.6c$  horizontalmente con respecto a un observador, ¿cuánto se contraerá si ella mide  $1m$ ?

**Datos:**

$$l_p = 1m$$

$$u = 0.6c$$

$$l = l_p \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$l = (1m) * \sqrt{1 - 0.6^2}$$

$$l = 0.8m$$

**Reglas:**

**Imagen XXII. Representación de la contracción de la longitud de una regla.**

1 metro

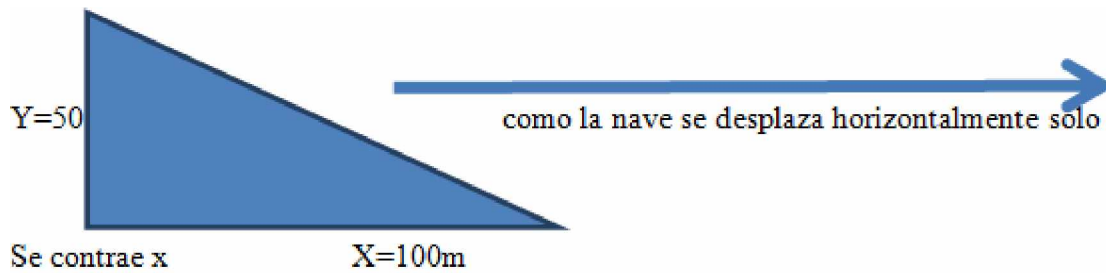
0.8 metros Contraída

**Respuesta:**

La regla se contraerá  $0.20 m$ , es decir  $20$  centímetros.

2. Una nave espacial de forma triangular y que tiene las siguientes dimensiones  $y=50\text{m}$  y  $x=100\text{m}$  cuando está en reposo. ¿Qué dimensiones tendrá esa nave si se desplaza horizontalmente respecto a la tierra con una  $v=0.99c$ ?

**Imagen XXIII. Representación de la contracción de la longitud de un triángulo.**



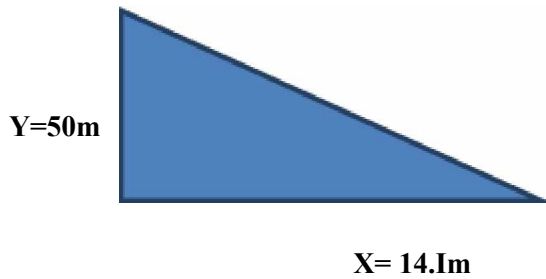
$$l_x = l_{xp} \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$l_x = 100\text{m} * \sqrt{1 - 0.99^2}$$

$$l_x = 14.1\text{m}$$

Por lo tanto las nuevas dimensiones son:

**Imagen XXIV. Representación de la contracción de la longitud**



3. Determine las dimensiones y forma de una placa de 1m cuadrado que se mueve alejándose de un observador en línea recta a lo largo de su base, a la velocidad relativa de  $0.80c$ . Compare el área de la placa cuando está en reposo con el área medida cuando está en movimiento.

**Imagen XXV. Representación de la contracción de la longitud de un cuadrado.**



$$X_p = 1\text{m}$$

$$U = 0.80c$$

$$Y = 1\text{m}$$

$$X = 1\text{m}$$

$$l_x = l_{xp} * \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$$

$$l_x = 1 m * \sqrt{1 - 0.80^2}$$

$$l_x = 0.6 m$$

**Por lo tanto las nuevas dimensiones son:**

$$Y = 1 m$$

$$X = 0.6 m$$

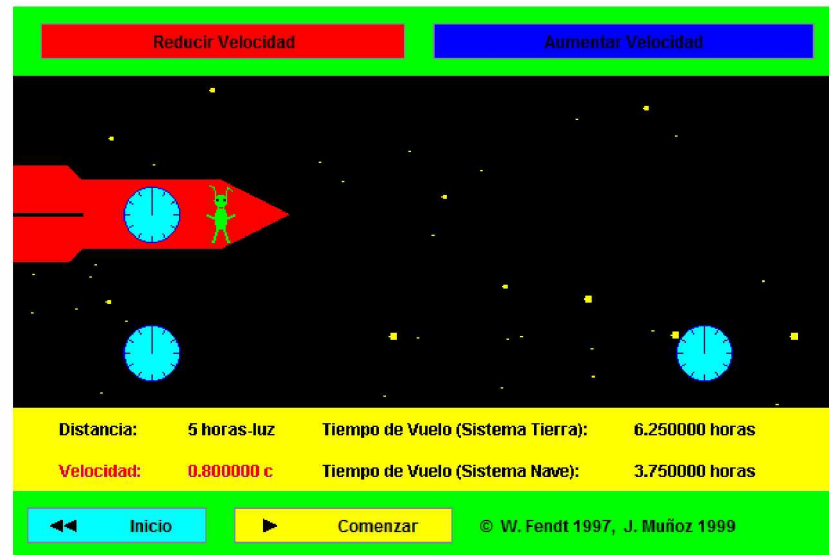
**Imagen XXVI. Representación de la contracción de la longitud de un cuadro.**



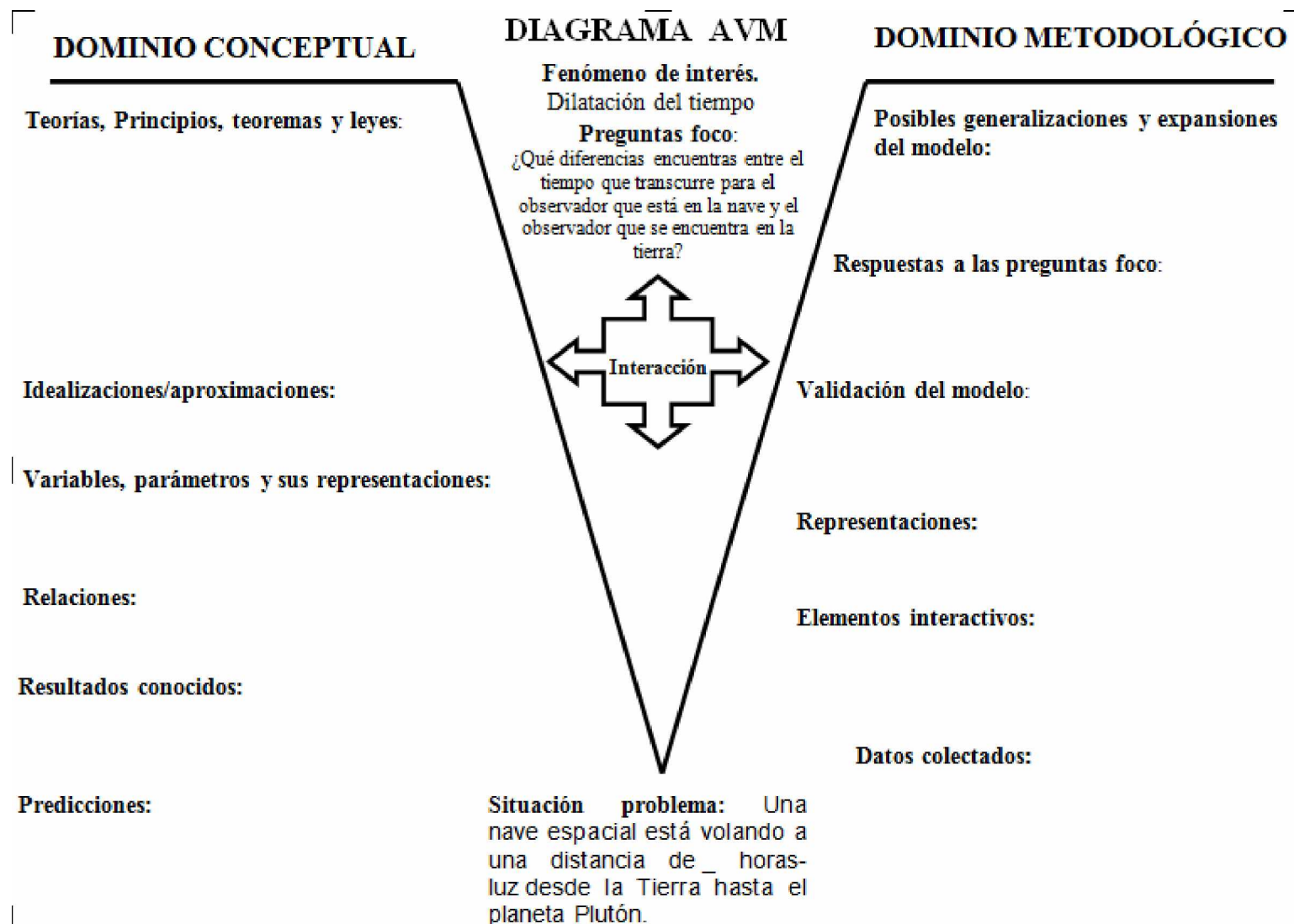
**Anexo 16: actividad 8, simulación de dilatación del tiempo y diagrama AVM.  
Imagen XXVII. Representación de la dilatación del tiempo y diagrama AVM.**

### Ejemplo de Dilatación del Tiempo

Una nave espacial está volando a una distancia de 5 horas-luz desde la Tierra hasta el planeta Plutón, por ejemplo. La velocidad puede ser regulada con el botón superior. La aplicación demuestra que el reloj de la nave va más lento que los dos relojes del sistema en el que la Tierra y Plutón están en reposo.

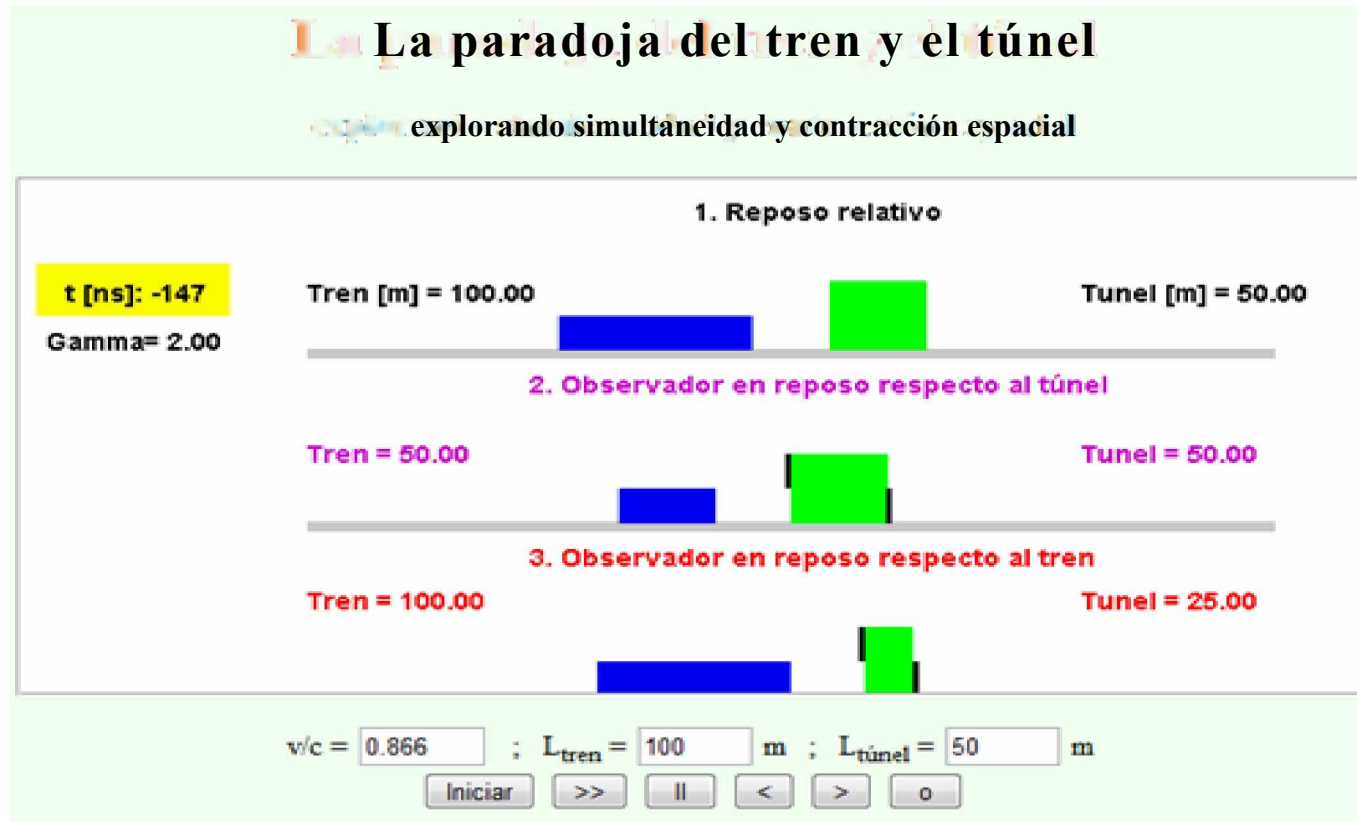


Tomado de: <http://www.walter-fendt.de/ph14s/timedilation s.htm>

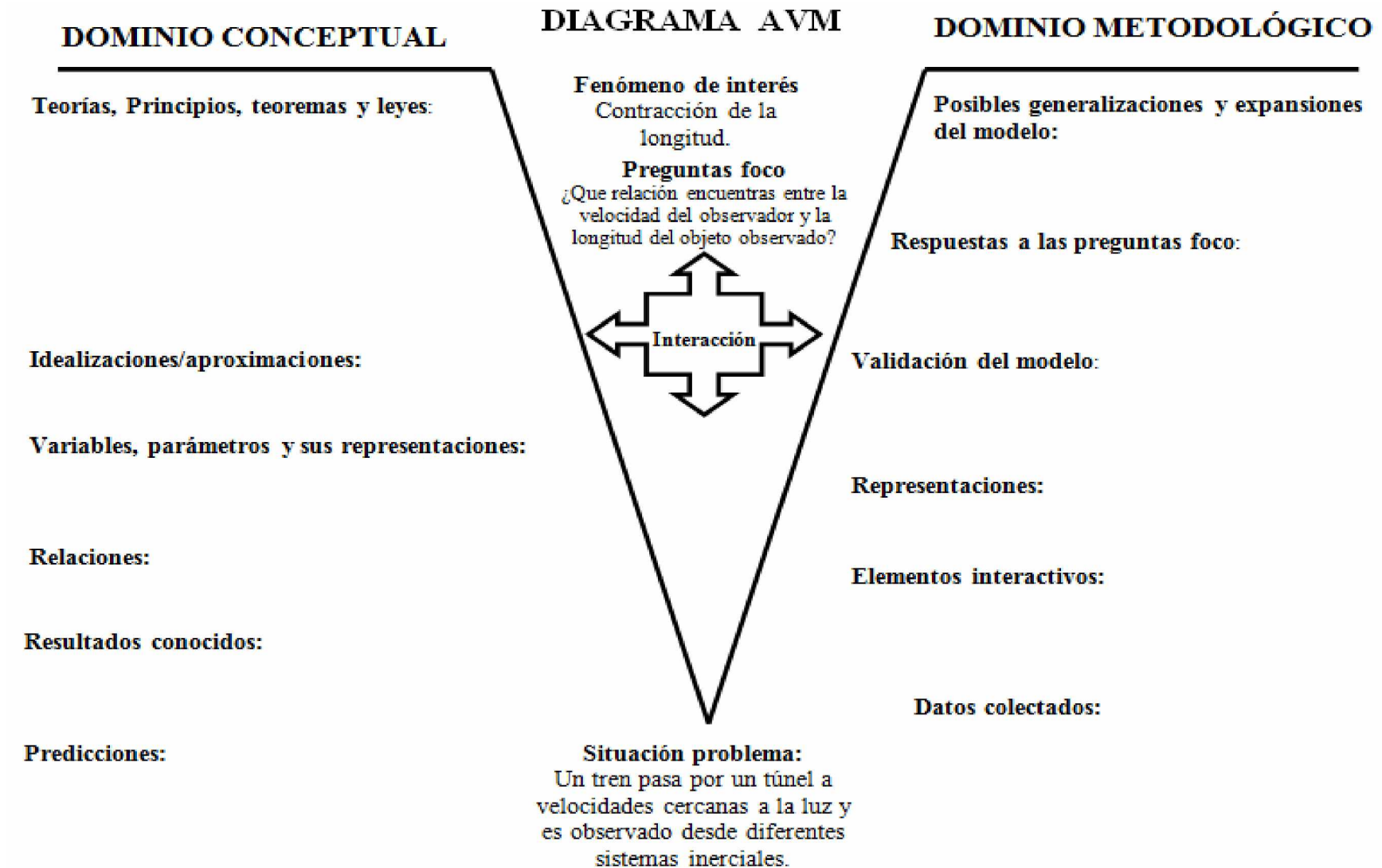




Anexo 17: actividad 9, simulación de la contracción de la longitud y diagrama AVM.  
Imagen XXVIII. Representación de la contracción de la longitud y diagrama AVM.



Tomada de: <http://www.ugr.es/~jillana/applets/tren.html>



**Anexo 18: actividad 10, valoración final.**

Examen: sobre los principios de la teoría especial de la relatividad, y los conceptos: dilatación del tiempo y contracción de la longitud.

1. Explica brevemente qué es la teoría de la relatividad especial o restringida (TER).

---

---

---

2. ¿Sabes qué son observadores inerciales? Explica.

---

---

---

3. ¿Hay posibilidades que el tiempo transcurra más lento para un sujeto con respecto a otro? Explique su respuesta.

---

---

---

4. Explica con tus palabras que es la dilatación del tiempo.

---

---

5. Explica con tus palabras que es la contracción de la longitud.

---

---

---

6. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad de la luz?

---

---

---

**Anexo 19: instrumento para valorar la experiencia pedagógica.**

Nombre:

¿Cuál es tu valoración sobre los instrumentos utilizados por tus docentes para la enseñanza-aprendizaje de la Teoría Especial de la Relatividad (cartilla, simulaciones y animaciones)?

---

---

---

Te parece que los instrumentos utilizados fueron suficientes para comprender una teoría como esta (TER)

---

---

---

¿Qué posibles instrumentos crees que se podrían implementar para acercarse a la Teoría Especial de la Relatividad?

---

---

---

¿Son las lecturas (utilizada en la cartilla) un instrumento que propicia tu interés para acercarte al conocimiento científico?

¿Qué tipo de relaciones evidencias entre la parte matemática y teórica (en los fenómenos de dilatación del tiempo y contracción de la longitud) de la Teoría Especial de la Relatividad?

¿Cómo crees que ha enriquecido esta teoría a tu conocimiento?

¿Qué aportaron las simulaciones a tu comprensión de los fenómenos pertenecientes a la Teoría Especial de la Relatividad (dilatación del tiempo y contracción de la longitud)?