

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

**“Las representaciones conceptuales del profesor de
Ciencias II (énfasis en Física) y su interrelación con la ex-
plicación y argumentación en Física”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS NATURALES

PRESENTA

Abraham Mellado Alzaga

DIRECTOR

Dr. Julio Cuevas Romo

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.

NOVIEMBRE DEL 2016



AGRADECIMIENTOS.

A la Secretaría de Educación Pública (SEP) y a la Subsecretaría de Educación Federalizada (SEF) del Estado de Chiapas por su apoyo con la beca comisión, la cual me permitió dedicarme en tiempo completo y llevar a cabo los estudios de Maestría.

A la Profa. Indira Idalia Barrios Martínez de la Subsecretaría de Educación Federalizada (SEF) por su apoyo durante todo el proceso administrativo.

A la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas por brindarme la oportunidad dentro de su campus para forjarme como profesionista en el área educativa.

Al doctor Julio Cuevas Romo por su valiosísima dedicación y sugerencias en la revisión y conclusión de la tesis, así como por la larga amistad y su confianza brindada al incluirme en sus proyectos académicos.

A todos los profesores que me dieron parte de su tiempo y conocimiento durante el tiempo de estudio y clases en la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH).

A todas mis compañeras y mis compañeros de la Maestría en Enseñanza de las Ciencias Naturales Generación 2012-2014 que, con su grata y alegre compañía y convivencia, así como su apoyo durante la maestría, contribuyeron con sus conocimientos y que me apoyaron para lograr la meta establecida.

Con gran afecto, Abraham.

DEDICATORIA.

A mi esposa Nery por su constante apoyo y, sobre todo, por su amor y comprensión para alcanzar este desafío y sueño.

A lo más grande de la existencia, que le da razón a mi vida y para quien quiero lo mejor, mi hija: Oriana.

A mi madre Eva Alzaga (descansa en paz) por darme la vida, y por el apoyo incondicional que siempre me brindó en todos los proyectos de vida.

A mi tío Humberto Alzaga por su apoyo, compañía y comprensión a lo largo de toda esta vida.

A mi hermano Arturo (descansa en paz) y a mis hermanas Eva y Leonor por los momentos de lucha y alegría vividos en la niñez, por formar parte de una gran familia —Mellado Alzaga—, y porque nuestros lazos de cariño y amor sigan perdurando para siempre.

A ti Mauricio, una persona muy especial que, aunque tuvimos poco tiempo para convivir, eres fuente de inspiración y muestra del querer es poder.

Y a todas aquellas personas, que con su grata amistad, ratos de plática y compañía, le ha y siguen dando calidez a esta etapa de mi vida.

ÍNDICE.

Resumen	6
Introducción.	7

Capítulo I: Planteamiento del problema.

1. Problematización del objeto de estudio.....	10
2. Contexto.....	17
3. Justificación.....	20
4. Objetivos.....	22
a) General.....	22
b) Específicos	22
5. Objeto de estudio	23
6. Preguntas de investigación.....	23
7. Estudios relacionados.	23

Capítulo II. Marco teórico.

1. Introducción.....	29
2. Las representaciones conceptuales.	30
2.a. Cultural, la interrelación entre la Física y la Matemática.....	37
2.b. El proceso de ‘fiscatización’.....	44
3. La explicación física.....	49
4. La argumentación física.....	53
5. Integración del marco teórico	55

Capítulo III. Metodología de estudio.

1. Introducción.....	56
2. Metodología aplicada.....	57
3. Técnica de investigación.....	63
4. Procedimiento.....	66
a) Conceptos, objetivos o palabras detonantes seleccionadas.....	66
b) Población.....	68
c) Instrumentos	69
d) Etapas de la Física.....	70

Capítulo IV. Resultados.

1. Introducción.....	75
2. Resultados.....	75
a) Resultados de las palabras detonadoras del objeto de estudio.	75
- Explicación física.....	75
- Argumentación física	83
b) Resultados de las preguntas orientadoras de cuestionarios anexos.....	90
- ¿Cuáles son tus ideas acerca de la Tierra?.....	90

c) Resultados de las preguntas orientadoras.....	91
- Fórmula física.....	91
- Ecuación matemática.....	98
◦ Cuestionarios auxiliares no. 6 y 7.....	104
- Física (significado de la).....	105
- Matemática (significado de la).....	113
◦ Cuestionario auxiliar no. 3.....	120
- Predicción.....	121
- Análisis.....	128

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones.

1. Conclusiones.	136
2. Recomendaciones.	144

Bibliografía.	146
----------------------------	------------

Anexos.	152
----------------------	------------

RESUMEN.

Este aporte, se adscribe al campo de la Física Educativa. Este campo de investigación de gran trascendencia, sigue presentando, como muchos otros, un desfase entre los aportes teóricos y la práctica que se realiza en las aulas, pero particularmente llama la atención esa visión, aún vigente en tiempos de cambio, de la comprensión de la física como manejo mecánico de fórmulas y definiciones de términos de orden memorístico.

El interés que marca la investigación aquí plasmada, se centró en primer lugar en poder construir un marco teórico para abordar algunas de las problemáticas inmersas en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física principalmente, y de las Matemáticas, bajo los lineamientos de los propósitos del Plan y Programa de Estudios 2011 de nivel de educación básica, los cuales buscan desarrollar en los estudiantes de Educación Secundaria, competencias asociadas al pensamiento científico, es decir, competencias que norman una forma de pensar a través de la construcción de explicaciones y argumentos basados en evidencias, buscando la construcción de modelos soportados por una argumentación, que recaigan en una serie de conceptos físicos y en su manejo lógico-matemático, considerando elementos como la predicción, las relaciones de causalidad, azar y estadística, y dando lugar al aporte y búsqueda de evidencias observacionales y experimentales de modo que sea posible un contraste con el conjunto compatible de conocimientos científicos previos.

Es por eso que, dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA), las representaciones conceptuales que posee el profesor son de vital interés, dado que constituyen la estructura sobre la cual enmarca y caracteriza su práctica docente, su actuar e interactuar tanto con los contenidos curriculares como con los estudiantes.

Partiendo de lo anterior y para fines de esta investigación, se consideró que, en las representaciones conceptuales del docente, están inmersas en las construcciones cognitivas que tiene sobre la Física dentro del pensamiento docente espontáneo, ubicada en la memoria semántica y que son la base para la construcción de una explicación física y su argumentación planteada.

Esta memoria semántica, se analiza y sistematiza con una técnica denominada análisis de Redes Semánticas Naturales (RSN), ubicándolo en un proceso denominado fisicización.

INTRODUCCIÓN.

“...las leyes matemáticas de la física son útiles porque mienten literalmente sobre la realidad que describen”

Nancy Cartwright.
Filósofa Social de la Ciencia.

Este trabajo es una investigación enmarcada dentro del campo de la Física Educativa (Lara-Barragán, 1995) o Investigación en Enseñanza de la Física (IEF) (Trigueros, 2006), enfocada en las representaciones conceptuales que tiene el profesor que imparte la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) en Educación Secundaria, y en su influencia en la explicación y argumentación física que se construye a través del proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) de la Física o ciencias II (énfasis en Física).

El interés sobre la realización de este trabajo tiene como vertientes: (1) Todo lo relacionado con mi práctica docente como profesor de Ciencias II (énfasis en física) que llevo a cabo dentro del aula y en la necesidad de contar con un marco teórico que me auxilie a enfrentar los problemas que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje. (2) En las competencias requeridas según los propósitos del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, señalados en el Plan y Programa de Estudios (SEP, 1993; SEP, 2006; SEP, 2011) que deben de desarrollar los estudiantes de Educación Secundaria, competencias asociadas con el pensamiento científico, es decir, con una forma de pensar apoyada en la construcción de explicaciones y argumentaciones basadas en evidencias, planteadas en forma racional, crítica y laica, buscando excluir las supersticiones, los mitos y las intervenciones de dioses o divinidades, desarrollando una forma de pensar regida por modelos científicos —una forma de pensar que desde el punto de vista de la cultura se ha denominado alfabetización científica (SEP, 2001a)— donde el soporte tanto de la argumentación como de la explicación, recaiga en una serie de conceptos científicos (físicos en este caso) y en su manejo y tratamiento lógico-matemático, en la consideración de ley natural, en la predicción, en las relaciones de causalidad, azar y estadística, en el aporte y búsqueda de evidencias observacionales y experimentales y que sea contrastable y compatible con el conjunto de conocimientos científicos aceptados (Bunge, 2006; SEP, 2001a).

Dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje regido por estos propósitos, las representaciones conceptuales que posee el profesor son de vital interés, dado que constituyen la armazón sobre la cual enmarca y construye su práctica docente y que caracterizan su forma de pensar, de actuar e interactuar con los contenidos curriculares y con los estudiantes. Consecuentemente, el profesor que imparte la asignatura se transforma en y representa un componente importante dentro del proceso educativo. Es por eso que considero vital explorar estas representaciones conceptuales y su influencia sobre la asignatura que imparte, e ir construyendo y, ante todo, comprendiendo el modelo de profesor que se tiene en esta etapa y al cual se desea transformar dentro de esta parte de la Educación Básica, que corresponde a la Educación Secundaria.

Dentro del proceso investigativo, se hallaron trabajos de diversos autores que de una forma u otra abordan desde sus investigaciones la temática sobre las representaciones conceptuales, como son Gil (1991); Carretero, (1996); Gil, Carrascosa, Furió y Martínez (1999); Álvarez, Cepero, Arce y Perales (2013) entre otros, y cuya aportaciones han ido configurando e identificando sus características, así como los diferentes nombres con que han recibido, lo cual ha ido unido a algún aspecto o característica de las mismas, nombres tales como Física Espontánea, y que en trabajos más recientes, las incluyen en una categoría cognitiva de mayor alcance, conocido como Pensamiento Espontáneo Docente. Entre otras aportaciones de gran importancia, están las que plantean que estas representaciones son construidas desde la infancia, que son durables y persis-

tentes en el tiempo, y que llegan a transformarse y constituir un obstáculo epistemológico (Bachelard, 2000), ya que impide obtener cambios dentro de su práctica docente, lo cual es un propósito que se persigue en el Plan y Programas de Estudio propuesto desde 1994, hasta el 2011 (SEP, 1994; SEP 2006; SEP, 2011) en su enfoque del docente que se desea formar o tener en las aulas.

Estos trabajos, en resumen, se caracterizan porque han investigado en una forma amplia y general este pensamiento docente espontáneo, y es en donde este trabajo haría la diferencia, al abordarlo y enfocarse en la relación entre una asignatura Ciencias II (énfasis en Física) y en lo concerniente a la construcción de la explicación y argumentación física que se propone desarrollar en los estudiantes de Educación Básica a nivel de Secundaria.

Para llevar a cabo este estudio, se considera, apoyándose en las teorías encontradas, que estas representaciones conceptuales del docente (y el Pensamiento Docente Espontáneo en general), se hallan ubicadas y conformadas por estructuras cognoscitivas en forma de red y que residen y se ubican en la memoria semántica, parte de la Memoria a Largo Plazo o MLP (Vivas, Comesaña y Vivas, 2007; Vivas, 2009; Eustache y Desgranges, 2014).

Este modelo de la memoria semántica en forma de red, es posible investigarlo con apoyo de una técnica de análisis denominada análisis de Redes Semánticas Naturales (RSN), que parte de la consideración de que una red semántica es un modelo que representa la estructura en que está organizado el conocimiento humano conceptual, y que en palabras de Vivas (2007, p. 112) considera que *“el modelo de redes semánticas constituye ante todo una propuesta de formato proposicional de representación del conocimiento”*. Así que, esta técnica es la que se aplica y se utiliza en el estudio de las representaciones conceptuales, con la finalidad de explorarlas a partir de un análisis con enfoque cualitativo-cuantitativo de la información que se obtiene, y poder construir explicaciones con base en la validación de los resultados obtenidos. Las técnicas de tipo cualitativo son las representaciones de los conceptos en forma de gráficas de redes, arborizaciones conceptuales y la etiquetación de relaciones conceptuales; las de tipo cuantitativo, son los modelos estadísticos y probabilísticos y las combinaciones semánticas complejas; el análisis se realiza a través de tablas de significados de los conceptos o palabras detonantes. Otros instrumentos auxiliares básicos utilizados son la tabulación, graficación y representación, así como descripción de los datos o conceptos físicos, obtenidos tanto de la literatura científica especializada como de personas expertas en la ciencia o Físicos profesionales.

Como paso inicial del trabajo, se procedió a definir las palabras o conceptos detonantes, considerando el Plan y Programa de Estudios 2011, que son parte del objeto de estudio y que estén interrelacionadas con él. Los conceptos elegidos fueron los siguientes ocho: Explicación física, Argumentación física, Fórmula física, Ecuación matemática, Física (significado de la), Matemática (significado de la), Predicción y Análisis. Se escogieron los dos primeros por estar directamente relacionados con el tipo de pensamiento que se pretende construir a través del proceso enseñanza-aprendizaje y que están señalados en el Plan y Programas de Estudio 2011, con el nombre de competencias científicas (SEP, 2011). Los seis conceptos restantes o palabras detonadoras, se seleccionaron por tener una relación directa y ser parte de la explicación y argumentación física, ya que, por ejemplo, la Matemática representa el marco conceptual en el cual se desarrolla la Física, así como en el lenguaje en que se expresa (fórmulas o ecuaciones); además de los conceptos de análisis y de predicción, ya que se refieren a dos procesos característicos de la Física y de la ciencia en general en unión con la Matemática.

Posteriormente, con estos ocho conceptos, se construyeron los cuestionarios o instrumentos para recoger la información. Se aplicaron a tres conjuntos y tipos de participantes: 1) a personas especialistas en el campo de la Física, con el fin de construir una red semántica desde un punto de vista de los Expertos (Carretero, 1996); 2) a estudiantes de la licenciatura de Física para la construcción de una red semántica desde los Novatos (Carretero, 1996), y por último a 3) los profesores que imparten la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) participantes. En el caso

de los profesores, estos instrumentos se complementan con entrevistas abiertas y con videograbaciones en el aula de una sesión de clases durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física). Cada uno de los grupos se identificaron con los nombres de Expertos (Doctores en Física), Novatos (Estudiantes de la Licenciatura de Física) y Profesores de la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física).

Es con base en estas consideraciones, que este trabajo se estructura en cinco partes, cada una identificada como un capítulo. En el capítulo I se presentan la problematización y el planteamiento de la problemática abordada, a través de la descripción del contexto, la justificación, los objetivos (generales y específicos), el objeto de estudio, las preguntas de investigación y una relación de los estudios consultados o relacionados con la temática de este trabajo (estado del arte). En la justificación, en los objetivos y en el objeto de estudio, se plantea que se exploran las representaciones conceptuales de los profesores con la finalidad de conocer su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, y consecuentemente, la afectación que tiene en los propósitos educativos planteados en el Plan y Programa de Estudios 2011 principalmente.

En el capítulo II, se lleva a cabo la construcción del marco teórico, bajo un punto de vista histórico y epistemológico, con la finalidad de construirlo de tal manera que sea la base que aporte los elementos de análisis sobre las representaciones conceptuales del profesor, enfocándose hacia la génesis de la relación entre la Física y la Matemática, el desarrollo histórico y epistemológico que tienen los conceptos físicos –pasando desde el llamado sentido común, hasta el pensamiento de los expertos–, cómo es que la matemática da apoyo y estructura esa evolución conceptual, transformándose así en el marco teórico en donde se desenvuelve la Física, y cómo esta última, construye la explicación que da sentido y orden a los eventos que acontecen en el mundo natural, apoyando su argumentación en los supuestos matemáticos, para concluir en indicar qué características del pensamiento científico son las que apoyan el desarrollo de competencias científicas, tal como queda estipulado en el Plan y Programa de Estudios de Educación Secundaria 2011.

En el capítulo III, se presenta y plantea el método de investigación que se utiliza, el cual se basa en la técnica del análisis de las redes semánticas naturales (RSN), así como de los instrumentos manejados en el empleo de la misma. También se presentan los pasos que se siguen en la aplicación del método, en la determinación de los parámetros base para el análisis de la información, y la referencia a los instrumentos utilizados, que se ubican y reproducen en el anexo. Además, se exponen las diferentes etapas bajo más o menos en un orden cronológico, y que se reconocen en el desarrollo tanto cognitivo como histórico de la evolución de la Física como ciencia.

En el capítulo IV, se expone los resultados obtenidos con toda la información recogida y cómo se aborda la sistematización y el análisis, lo cual se lleva a cabo en dos etapas: en la primera es un análisis y sistematización de los datos. En la segunda, se construyen y presentan las diferentes tablas con los valores obtenidos para cada uno de los parámetros necesarios para la extracción de resultados de la investigación.

En el Capítulo V, se discuten los resultados obtenidos, así como las conclusiones y perspectivas a las que se llegan y las posibles rutas de investigación sobre este tema tan amplio, como son las representaciones conceptuales.

Por último, se agrega la bibliografía que sirve de apoyo a este trabajo y un anexo donde se exponen los instrumentos utilizados.

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1. PROBLEMATIZACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.

Al reflexionar sobre mi experiencia como docente, encuentro que entre los problemas más recurrentes y críticos a los cuales me enfrento están ligados a la consecución de los propósitos planteados por el Plan y Programa de Estudios, los cuales están regidos por un perfil de egreso que plantea formar personas mediante la educación que sean críticos, escépticos y analíticos ante el mundo que les rodea, con una cultura científica que les permita visualizar los costos y beneficios de la ciencia y la tecnología, así como su afectación en el medio ambiente y en su calidad de vida, y de los problemas que se presentan en su interactuar. Esto conlleva, en primera instancia, a la planeación o propuesta de la enseñanza, la cual se halla estructurada con base en las preguntas (Casanova, 1998, citada por la Dirección General de Desarrollo Curricular de la SEP, 2006) del “para qué enseñar”, el “qué enseñar”, el “cómo aprenderán”, el “cómo enseñar y con qué enseñar”, y “cuándo enseñarlo” sobre los contenidos curriculares o programáticos propuestos en la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física), Secundaria en el nivel de Educación Básica, para finalizar con el “cómo mejorar la enseñanza-aprendizaje y si se consiguen alcanzar los propósitos u objetivos previstos” o evaluación del proceso, y, en consecuencia, de mi quehacer docente dentro de la Física Educativa. Problema que se sobrelleva, en un inicio, apoyándose más en la experiencia que se tiene y en la que se obtiene a través de la práctica docente directa, más que en algún referente educativo teórico. Es como el ejercer una docencia pragmática, de hecho, de experiencia. Esta situación llegó a tornarse conflictiva en todos los aspectos, es decir, en lo personal, en lo profesional y en la interacción con los estudiantes, por lo que me llevó a cuestionarme y plantearme la necesidad de buscar y construir un marco teórico educativo, el cual me apoyara para sistematizar esta práctica docente, que fuera una guía para subsanar las carencias pedagógicas y que sirviera para buscar soluciones a los problemas que se me presentan dentro del campo de la docencia. Estas dos situaciones, un empirismo docente y una falta de teoría educativa dentro del campo de la Física Educativa, en mi caso, lo considero como consecuencia en cierta manera, de la formación educativa y profesional recibida durante mi escolarización, por una parte, y otra por provenir de una licenciatura en ingeniería que, de cierta forma, se mantiene ajena a la docencia, aunque también sea parte de un sistema educativo.

Así, con este cuestionamiento, inicié una búsqueda en donde lo primero que consideré fue el de construir una teoría sobre la educación. Los primeros contactos que me fueron significativos con una teoría educativa, los tuve con el material aportado por el Programa Nacional de Actualización Permanente (ProNAP), creado a partir de la Reforma Educativa de 1993 (SEP, 1993). Este programa funcionó y proporcionó hasta el 2013, material relacionado con el planteamiento de una nueva propuesta didáctica para la enseñanza en Educación Secundaria (o Educación Básica) en general, y una visión distinta de la escuela como institución y de su función social, así como una nueva postura acerca del papel que desempeña el profesor y el estudiante dentro del Proceso de Enseñanza-Aprendizaje (PEA) en general. Entre el material se revisó y sacó nuevas ediciones hasta el año 2000, estaba principalmente los llamados *Paquetes didácticos* (SEP, 1993; SEP, 2001) conformados por una guía de estudio, material impreso de las lecturas, el libro para el maestro, las orientaciones de autoevaluación y recursos complementarios, y que posteriormente el material impreso se proporcionó en forma electrónica con formato pdf. Está conformado por materiales video grabados, impresos y en formato electrónico, tal como es el Libro del Maestro para la asignatura que se impartiera, donde se hace un planteamiento y se lleva a discusión con mayor profundidad los contenidos curriculares y que se complementa con una

serie de recomendaciones didácticas y señalización de ideas previas o la identificación de los llamados “errores conceptuales” —según la visión tradicional de la enseñanza— que se presentan en los estudiantes con relación con los conceptos científicos contenidos en el Plan y Programa de estudios (e indirectamente también en el Profesor), así como problemas, ejemplos, y cuando es el caso, de experimentos para realizar, apoyándose con material de fácil adquisición (SEP, 1993; SEP, 2001).

Esta propuesta me pareció innovadora y significativa, porque trata, ante todo, de romper el esquema de enseñanza que se tenía y se había experimentado con anterioridad a 1993, tanto como estudiante, como docente, y en otras escuelas y niveles educativos, como son las universidades. Es en este material donde encuentro un planteamiento de un marco teórico tanto para la acción de la actividad docente, como para la teoría del proceso de enseñanza-aprendizaje, y de la función social de la escuela. Es en donde también se plantean las siguientes cuestiones que considero de suma importancia: la llamada ciencia escolar (SEP, 2011) y sus diferencias con la ciencia formal, diferenciando consecuentemente la Física escolar y la Física formal; el proceso de transposición didáctica que transforma un saber sabio en un objeto de enseñanza, de posturas epistemológicas acerca de la naturaleza de la ciencia, de la explicación y argumentación dentro de la misma; y de la existencia y del desarrollo de un campo propio de la didáctica de la Física, la denominada Física Educativa o Enseñanza de la Física.

Así fue que el acceso, estudio, conocimiento y evaluación de lo aprendido de este material, se llevó a cabo mediante, lo que a mi consideración fueron los principales, los siguientes medios o canales:

- 1) El primero, a través de cursos nacionales de capacitación y evaluación, donde se abarcaban diferentes temáticas (La enseñanza de la Física. Educación Secundaria, Historia de la Química, Cómo enseñar Ciencias, Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 años, etc.) que ofrecían los Centros de Maestro, y que consistían en material bibliográfico impreso o electrónico (Libro del Maestro, Guía de Estudio y Libro de Lecturas), de audio y de video, para abordarlo con la modalidad de autoestudio, pero con el apoyo de una biblioteca amplia y variada ubicada en cada uno de los mismos Centros de Maestros. Posteriormente, y dentro del mismo proceso, se presentaba un examen, y los resultados obtenidos de la evaluación se daban a conocer al profesor por medio de un documento en donde se indicaba la calificación obtenida, la cual se asignaba dentro de una escala que iba desde un resultado Esperado (dentro del rango de 79.26 a 100 puntos); Suficiente (dividido en tres sub-intervalos: de 74.75 a 79.25, de 62.90 a 74.56 y de 60 a 62.89 puntos) e Insuficiente (menor a 62.88 puntos) y que venía acompañado por cuadernillos de diagnóstico personalizados, donde se indicaban los puntos débiles y a los cuales se debía enfocar el profesor para obtener una mejora en sus conocimientos conceptuales y didácticos, y consecuentemente, de su calificación.
- 2) El segundo canal fue a través de cursos presenciales con una duración de 40 horas, impartidos en determinadas fechas durante el ciclo escolar, ya fuera en contra turno de trabajo escolar o en los fines de semana. Estos cursos en un inicio, los impartían los Jefes de Enseñanza de la asignatura, pero posteriormente y dadas las condiciones administrativas y de personal docente, eran impartidos por un profesor activo frente a grupo.
- 3) La propuesta de los colegiados o círculos de estudio al interior de las escuelas, zonas escolares o Centro de Maestros, con los cuales se pretendía formar grupos de autoestudio y de reflexión. Pero en mi experiencia, no tuvo trascendencia esta última opción, dado que no era común o fácil que se diera la convivencia y el diálogo entre los profesores, aun cuando impartieran la misma asignatura, trabajaran en el mismo centro escolar o residieran en la misma localidad. Cabe mencionar que, en opinión de otros profesores de diferentes centros de trabajo, sí se obtuvieron buenos resultados en otras escuelas o zonas escolares.

Pero aún con todos los problemas de infraestructura, de personal o de aceptación por parte de la mayoría de los profesores que se presentaron para su funcionamiento, hubo cambios, y entre el más importante, fue el de ayudar a construir un nuevo paradigma del trabajo docente, con características muy diferentes en cuanto se le había concebido, ya que el estudiante pasaba a ser el protagonista principal de todo el proceso, y consecuentemente, lo que interesaba era su aprendizaje, el cual subordinaba a la enseñanza, cuestión total diferente a como se venía trabajando comúnmente. Perspectiva que consideré innovadora y pertinente, y que, en su momento, me sirvió de base en la construcción de una teoría de acción docente, además que rompió con la idea del profesor del “yo enseño, y si ellos no aprenden, es su problema”, es decir, le dio mayor responsabilidad al docente sobre los resultados arrojados en el proceso educativo.

Fue en este momento, que la problemática que me había planteado se tornó más crítica en comparación con un principio, y consistía en el cómo llevar a la práctica docente —o “aterrizarlo en el salón de clases” — todo ese bagaje teórico planteado por la Reforma Educativa en el Plan y Programas de Estudio de Educación Básica, Secundaria, 1993. Es cuando, a las preguntas del “para qué enseñar”, el “qué enseñar”, el “cómo aprenderán”, el “cómo enseñar y con qué enseñar” y “cuándo enseñarlo” y cómo evaluar el aprendizaje en Ciencias II (énfasis en Física) o la Física van hacia otra dirección. El cuestionamiento se enfocó a buscar y plantear los mecanismos para lograr esa conjunción teoría-práctica, ese concretar toda esa teoría en el salón de clases. Para esto consideré un nuevo enfoque de la problematización, que esboqué partiendo de las unas premisas sobre el trabajo o actividad docente, premisas en donde por experiencia y lecturas confluían en:

1. Lo tradicional: La actividad docente se ha visualizado como un trabajo encasillado en prácticas didácticas persistentes, que no cambian o se modifican, asociadas a costumbres y actitudes que se consideran son adquiridas por imitación (la forma en que recibí clases o me enseñaron, es la misma como yo las imparto o enseño);
2. El autoritarismo: El docente es el que tiene e imparte el conocimiento, mientras que el estudiante se concreta a recibirlo; lo que también le da un estatus al profesor de autoritarismo y de decidir sobre el estudiante y sus opiniones, así como en su pensamiento;
3. El empirismo: La forma en que se imparte el conocimiento está validado por la experiencia propia, adquirida a través del tiempo de ejercer la docencia o antigüedad (la forma en que imparto clases y la información que proporciono está respaldada por el tiempo o antigüedad que tengo en impartirlas);
4. La visión escalafonaria: Visualizar el paso del estudiante por la escuela a manera de un escalafón, es decir, cada nivel escolar prepara homogéneamente a los estudiantes para llegar a otro nivel superior, y así sucesivamente, hasta que terminen con una carrera universitaria; lo cual se traduce y se enfoca a que los estudiantes terminen cada nivel educativo con un contenido de conocimientos básicos y homogenizados, que sirvan de base y herramientas para la adquisición de los nuevos conocimientos que necesitará aprender en su trayectoria educativa.

Estas peculiaridades tan dominantes y persistentes que observaba, las encontré identificadas y sobre todo investigadas en estudios más amplios y sistemáticos, donde concluyen que este conjunto de características indicadas anteriormente son propias de una enseñanza basada en “*una clase tradicional*” (Jara, 2005; Rodríguez y López, 2006; Barrón, 2015), nombre con que se engloba ésta práctica docente, donde el profesor es el protagonista principal y que se considera que hay una transmisión implícita del conocimientos hacia el estudiante. La estructura operativa de este estilo docente es semejante a una conferencia, donde el papel del estudiante es ser únicamente un receptor y repetidor de lo que se le enseña (Jara, 2005), pero, dato muy importante, es además una característica que forma parte del Pensamiento Docente Espontáneo o lo que había identi-

ficado como docencia pragmática, empírica o de hecho, que engloba un marco conceptual constituido por un conjunto de representaciones, teorías implícitas, nociones, creencias, actitudes y valores, que son influyentes en su actuar y pensar, lo que puede dar lugar a representar obstáculos para la actividad docente, originando una epistemología implícita y propia (Barrón, 2015).

Es aquí donde la problemática de interrelacionar la teoría con la práctica docente se enfocaba en la transformación de este conjunto de prácticas, costumbres y actitudes, así como de la función social de la escuela, por otras que estuvieran acordes con el propósito planteado en el cambio o reforma educativa. En este tiempo es cuando tengo la oportunidad de trabajar en un proyecto educativo financiado por el CONACyT a través de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), llamado “La Casa de la Ciencia”, cuya finalidad consistía en sugerir, plantear y poner en práctica propuestas didácticas ajustadas en general hacia nuevas técnicas didácticas y pedagógicas con base en el constructivismo, y que, en lo particular, se enfocaban a los lineamientos de la Reforma Educativa de 1993. Estas sugerencias, diseños y prácticas son sobre la didáctica en la enseñanza de la Física, la Química, la Biología, la Geografía y de las Matemáticas, en los niveles de Preescolar, Primaria, Secundaria y Bachillerato. La propuesta fue llamativa a tal grado, que el Gobierno Estatal a través de la Secretaría de Educación (administración estatal) y de la Subsecretaría de Educación Federalizada (administración federal) la apoyaron con recursos humanos, por medio de comisionar a profesores a dicho proyecto. La base fundamental de esta propuesta didáctica fueron los guiones didácticos elaborados por la Universidad de California, en Berkeley, California, publicados en la serie denominada GEMS (*Great Explorations in Math and Science*) del centro científico público *Lawrence Hall of Science* (LHS), en los cuales se conjugan las nuevas teorías educativas basadas en la teoría del constructivismo con actividades atractivas, utilizando materiales baratos y accesibles, y que es posible desarrollarlas en espacios sencillos y variados, tal como en el aula, en el aula-taller o en un laboratorio escolar, sin necesidad de un espacio especial con equipo sofisticado o laboratorio, tal como se planteaba y se vislumbraba antes de la reforma educativa de 1993.

Dichos guiones, al darse a conocer a través de clases demostrativas en las escuelas participantes, con los grupos, estudiantes e infraestructura con que trabajaban directamente los profesores, causaron una impresión positiva y enorme, dada la respuesta entusiasta que se obtenía por parte de los estudiantes y el ambiente de aprendizaje que se construía, observándose además que no se daba una influencia decisiva del contexto socioeconómico y cultural en el cual se ubicaba el centro escolar, hecho observado y contrastado al considerar que las escuelas participantes están localizadas en diferentes ambientes socioeconómicos y culturales, que abarcaban zonas urbanas de bajo recursos, zonas indígenas, hasta escuelas con instalaciones completas y en buen estado, que se contaba con luz, agua corriente, acceso durante todo el año, como son las que se encuentran en la capital del estado. Con base en estos resultados y experiencias, consideré estos guiones didácticos como la solución más viable a la problematización que tenía sobre las teorías educativas y su aplicación en el aula, es decir, como una respuesta tangible a la planeación de la enseñanza con base en las preguntas del “para qué enseñar”, el “qué enseñar”, el “cómo aprenderán”, el “cómo enseñar y con qué enseñar”, y “cuándo enseñarlo” los contenidos curriculares o programáticos, y la evaluación del aprendizaje logrado durante el PEA de Ciencias II (énfasis en Física) o la Física en particular, o de las otras asignaturas nombradas.

Otras experiencias asociada a este proyecto y que considero importantes, fueron: (a) Durante el transcurso de la propuesta, los guiones didácticos se exponían parcialmente o incompletos en todas las ocasiones, es decir, no todas las actividades planteadas en los mismos se realizaban, a causa principalmente del tiempo con que se disponía para la demostración; (b) También observaba que no eran aceptados totalmente por los profesores, a consecuencia según lo comentaban en ocasiones y en forma espontánea, del trabajo que implicaba incluirlos en su planeación o programación escolar, y lo que le exigía en esfuerzo adicional al profesor para adaptarlos. Lo que consideré que era necesario romper principalmente con una planeación programática lineal,

sucesiva, secuenciada en tiempo de una serie de los contenidos científicos o conceptuales (ya que los contenidos procedimentales y actitudinales no eran considerados en forma explícita) del Plan y Programas de Estudio, es decir, cambiar una programación que iniciaba, por ejemplo, con el bloque I y terminaba con el bloque V, y entre ellos se daban cortes, con poca interrelación en la enseñanza. Esta postura por parte de los profesores participantes, se reflejó y trajo consecuentemente un éxito parcial, a pesar de ser una demostración del “para qué enseñar”, el “qué enseñar”, el “cómo aprenderán”, el “cómo enseñar y con qué enseñar”, y “cuándo enseñarlo” los contenidos curriculares o programáticos, y la evaluación del aprendizaje logrado durante el PEA de Ciencias II (énfasis en Física) o de la Física en particular, además que considero, según lo planteado por Jara (2005) que es un ejemplo claro y palpable del pensamiento espontáneo docente que caracteriza al profesorado participante y que representa un obstáculo para su labor y modificación de sus prácticas.

Pero la experiencia más intensa, así como la de mayor problematización, se originan cuando al dejar este proyecto, tras tres ciclos escolares, me incorporo a las actividades docentes como profesor frente a grupo, y llevo a cabo en la práctica directa las secuencias didácticas tal como lo habíamos planteado en el proyecto. En un principio (casi la mitad del ciclo escolar), fue caótica primero en que me incorporé la puesta en la práctica docente directa, a causa: que atendía 13 grupos con sesiones de tres horas semanales para cada uno con un promedio de 40 alumnos, y que impartía 5 asignaturas englobadas en Introducción a la Física y a la Química, Física (II), Química (I y II) y Biología (II), lo cual conllevaba a una adaptación y preparación de material didáctico exhaustiva. Parte de esta problemática, la solventé al tomar como aula para todos los grupos que atendía el Laboratorio con que contaba la escuela, y la ayuda del auxiliar de laboratorio, que se encargaba de administrar el material utilizado. Esta situación, que casi duró un ciclo y medio escolares, tuvo un cambio sustancial originado en la siguiente propuesta de reforma educativa, la cual se llevó a cabo en el año 2006 (SEP, 2006). Es cuando se plantea cambios y ajustes a la Reforma Educativa de 1993. Entre estos cambios, los que más influyeron en mi actividad docente, fue la disminución de la carga de asignaturas, de grupos y de estudiantes a atender, y el aumento de horas en las sesiones semanales para cada grupo, ya que las asignaturas que impartía se reducen a una sola (en este caso Ciencias II con énfasis en Física), a cinco grupos, y con una duración de seis horas para cada grupo durante la semana (SEP, 2006). Con estos cambios y con las experiencias anteriores, consideré que tenía una respuesta teórica y práctica acerca del “para qué enseñar”, el “qué enseñar”, el “cómo aprenderán”, el “cómo enseñar y con qué enseñar”, y “cuándo enseñarlo” los contenidos curriculares o programáticos, y la evaluación del aprendizaje logrado durante el PEA de Ciencias II (énfasis en Física) o de la Física en particular, junto con instrumentos de evaluación confiables.

Pero sucede que, a partir de este momento, la problemática empieza a tomar otra cara, como consecuencia de la exploración del desarrollo conceptual, procedimental y actitudinal que alcanzo a detectar con los estudiantes, es decir, cuando llevo a cabo la evaluación del aprendizaje alcanzado en relación con los propósitos curriculares y los cambios en las ideas previas de los estudiantes o lo que es, un aprendizaje significativo. Observo un desarrollo conceptual, de habilidades para el manejo de la información y actitudinal que no es cualitativamente muy diferente al observado al inicio de la intervención educativa, o que en la movilización de conocimientos no se alcanzan niveles en donde se reflejen las habilidades propuesta por el currículo en el planteamiento de los problemas o en las actitudes sobre la selección de la información que reciben. Se siguen manifestando las ideas previas, p-primos o *misconceptions* que el estudiante construye con base en su experiencia (Carretero, 1996; Driver, 2000; SEP, 2001), aunado a las actitudes más comunes hacia la Física, como es la de considerarla como un manual de fórmulas y procedimientos encajonados en una serie de algoritmos. Tampoco se desarrollan y se aplican herramientas matemáticas en la modelización de problemas mentales o situaciones de la realidad, o que haya una utilización más clara y precisa del razonamiento lógico-matemático y causal para explicar,

argumentar y fundamentar las respuestas obtenidas a los problemas, ya sean como ejercicios, experimentales o mentales planteados en general. En su lugar, se da la repetición memorizada de información, una conceptualización y manejo inadecuado de los instrumentos de medición (cintas, termómetros, dinamómetros, matraces, etc.), la falta de trabajo en equipo o la elaboración de reportes y trabajos de investigación, en donde se plasma la información tal como está escrita o planteada en las fuentes bibliográficas consultadas e investigadas (SEP, 2001), sin que se note algún proceso cognitivo para entenderla. Sigue predominando la idea de buscar la fórmula, sustituir la información numérica y obtener el resultado, el cual no tiene algún significado para la situación o problema planteado.

En conclusión, no se observa una movilización de conocimientos o trabajo de interpretación, reflexión o de búsqueda por parte del estudiante en la resolución de los problemas entre otros, a pesar del interés que despierta las actividades didácticas llevadas a cabo. Situación que también percibo en otros grupos atendidos por otros profesores, que en este caso son, un ingeniero mecánico egresado del Tecnológico de Tuxtla y un profesor egresado de la Normal Superior del Estado de Chiapas, sobresaliendo los resultados semejantes en el aprendizaje de los estudiantes, sin que se observara variaciones a causa de la influencia sobre los tres diferentes estilos de enseñanza y de preparación profesional. Es en este momento, cuando la problematización sobre la calidad del aprendizaje de los estudiantes, la enfoco hacia las representaciones conceptuales o concepciones epistemológicas que apoyan la práctica docente en este nivel educativo, el cual hallo que se encuentra encuadrado en lo que se ha denominado como *Paradigma Mediacional*, que lo conceptualiza como el conjunto de “representaciones o teorías implícitas acerca de la enseñanza, el aprendizaje, el currículo y el alumno” (Barrón, 2015, p. 37), y contenidas en estas concepciones epistemológicas, ubico la interacción que hay entre la Física —o Ciencias II (énfasis en Física)— y la Matemática, incluida y expresadas en las representaciones conceptuales que tiene el profesor sobre esta misma, y que se manifiesta como una postura o visión epistemológica propia. Postura que sustento tanto en las experiencias anteriores descritas, pero principalmente en los siguientes aspectos:

- 1) Desde el currículo. Aunque es planteada la interrelación Física-Matemática como propósito en el Plan y Programa de Estudios de Educación Secundaria en la Reforma Educativa desde su inicio como en sus posteriores revisiones (SEP, 1993; SEP, 2006; SEP, 2011), así como en el Libro para el Maestro (SEP, 2001), no se considera como componente del proceso de enseñanza-aprendizaje, y como parte de la evaluación.
- 2) Desde la práctica docente.
 - a) No se aborda el manejo matemático de la estructura conceptual de la Física o Ciencias II (énfasis en Física), por lo que no se aprecia lo que le proporciona a ésta última: el soporte, el lenguaje, las herramientas para la acción deductiva y de razonamiento, para analizar los resultados de la experimentación, para expresarse, y medularmente, como marco conceptual para la explicación, la argumentación, así como para la predicción en la Física (Cantoral 2001; Hecht, 1987). Por lo tanto, no se aprovecha esta interrelación entre la Física y la Matemática como uno de los factores principales que caracteriza a la primera, y que ha influido en muchas ocasiones como fuente para el desarrollo y la invención de la segunda.
 - b) No se dimensiona que la influencia de esta interrelación Física-Matemática alcanza tal grado, que con base en ella, se ha dividido su campo de estudio en dos: Física teórica y Física experimental, en donde la primera llega a recibir el apelativo de Física matemática o analítica, ya que su principal marco conceptual y herramienta de trabajo es la Matemática (Hecht, 1987; Paty, 2006; Hewitt, 2007), y en la Física experimental, la Matemática es la herramienta que construye el puente ente el experimento y la teoría (Mochón y Rojano, 1998; Serway y Jewett, 2008)

- c) Y tampoco se analiza la adecuación y el manejo que se hace de los contenidos curriculares por parte del docente, al ser éste el mediador cultural de los saberes académicos.
- 3) En una perspectiva del desarrollo cognitivo, queda la problemática del cómo lograr que evolucione el saber cotidiano hacia un saber constituido por concepciones más cercanas o ajustadas al conocimiento científico o saber sabio.

Con estos puntos como antecedentes, pude ubicar la problemática dentro del ámbito educativo, y por lo tanto, la influencia que se tiene que considerar del “para qué enseñar”, el “qué enseñar”, el “cómo aprenderán”, el “cómo enseñar y con qué enseñar”, y “cuándo enseñarlo” los contenidos curriculares o programáticos, y la evaluación del aprendizaje logrado durante el PEA de Ciencias II (énfasis en Física) o de la Física en particular, lo que llevo a plantear como una pregunta general: ¿En qué, cuándo y dónde se presentan problemas con ésta interacción entre la Física y la Matemática durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física? y que para contestarla, se deben identificar los factores involucrados en dicho proceso, entre los que se pueden nombre los siguientes por su inmediatez con el proceso de enseñanza-aprendizaje: el aula o espacio físico donde se lleva a cabo, las características físicas y mentales de los estudiantes, el material didáctico utilizado, las representaciones conceptuales del profesor y su papel en el proceso de transposición didáctica, el contenido curricular propuesto —con sus conceptos, habilidades y destrezas, actitudes indicadas—, el ambiente de aprendizaje, el ambiente socioeconómico, entre otros. Pero de estos factores, hay dos en especial que destaco por la importancia e influencia que tienen en la interrelación de todos los demás factores: las representaciones conceptuales del profesor y el proceso de transposición didáctica que lleva a cabo él mismo del conocimiento científico y de los contenidos curriculares al transformarlos en un saber a enseñar, y culminando en un objeto de enseñanza, para culminar en un objeto de aprendizaje.

Es decir, las representaciones conceptuales que tiene el profesor y que se manifiestan al normar o dirigir el proceso didáctico (incluidas sus habilidades y sus actitudes), y que son el vehículo para la interacción del proceso educativo en sí, y es además, en donde es posible identificar la manifestación de factores educativos de importancia como son las representaciones conceptuales del profesor, que son y han servido de andamiaje en la construcción de su conocimiento científico, del proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura que enseñan y evalúa. Estas representaciones conceptuales, por una parte, han sido y son construcciones cognitivas personales, únicas, y que las utiliza como medio en la enseñanza de conceptos, así como al dirigir el desarrollo de destrezas y actitudes de los estudiantes. Pero, por otra parte, también es el marco conceptual por el cual realiza el proceso de transposición didáctica para construir el objeto de enseñanza, ya que en él se incluye lo que el profesor interpreta sobre los conceptos y contenidos científicos, y lo que finalmente es que el estudiante recibe. También cabe subrayar, que se persigue que el estudiante lo aprenda y lo utilice para formar, exponer y manifestar sus opiniones, sus resultados, sus nociones, es decir, lo incorpore a su forma de pensar y mirar el mundo.

Además, que para el profesor estas representaciones conceptuales son utilizadas también como base de la explicación y de la argumentación en la Física que enseña, que entiende. Consecuentemente para este trabajo, es la parte principal en la problematización del objeto de estudio, estas representaciones conceptuales del profesor y su repercusión en la explicación y argumentación física, dentro y desde una perspectiva que se halla ligada a investigaciones llevadas a cabo en la Física Educativa, como en las Ciencias Naturales, en la Sociología y en la Pedagogía.

Así tengo entonces, que la problematización que planteo se ha ido dirigiendo hacia la interrelación entre la Física y la Matemática, la cual se manifiesta en el contenido matemático que está presente en la Física y, sobre todo, al considerar que la matemática es el lenguaje, la herramienta de investigación y el soporte conceptual o marco teórico de la misma. Consecuentemente, dentro

de la Física Educativa, se torna como un propósito esencial, el aprender sobre esta interrelación entre las dos ciencias, interrelación que el mismo programa de estudios lo identifica por el papel que juega el uso del lenguaje y de las herramientas matemáticas, tales como son las fórmulas o ecuaciones, las tablas, las funciones, los métodos numéricos, la modelización y la simulación entre otros, para la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos físicos —y en sí, de su estructura conceptual—, que son modelos y simulaciones de los fenómenos físicos, y de la forma de pensarlos. Es el cómo y con qué está construida esta interrelación entre la Física y la Matemática y cómo se presenta esta interrelación en las representaciones conceptuales construidas por el docente.

2. CONTEXTO.

La investigación está centrada y se lleva a cabo con profesores de Educación Secundaria, que imparten la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física), que pertenecen ya sea al sistema estatal (Secretaría de Educación del Estado o SE), o al sistema federalizado (Subsecretaría de Educación Federalizada o SEF) y que comprenden los niveles de Educación Secundaria y Telesecundaria en el Sistema Estatal, y los niveles de Secundaria General y Técnica, en el Sistema Federalizado.

El conjunto de profesores participantes presentan características muy variadas, tanto desde su historial de trabajo, así como en sus estudios, preparación, antigüedad, permanencia en el sistema educativo o en años de servicios, ya que abarcan desde profesores egresados de la Escuela Normal de Licenciatura en Educación Primaria del Estado (ENLEP), Escuela Normal Superior del Estado de Chiapas (ENSCH), hasta profesores que su preparación y trabajo como profesionales están ligados a alguna licenciatura en ingeniería, destacando la Eléctrica, la Mecánica y la Civil, la cual fue estudiada, ya sea en el Instituto Tecnológico Regional de Chiapas (ITECH) o en el Instituto Politécnico Nacional ubicado en la Ciudad de México (IPN). En relación con su antigüedad en el sistema, se cuenta con profesores que tienen menos de un año de antigüedad, hasta profesores con más de treinta años como profesor frente a grupo. (Tabla I.1).

En relación con su experiencia como docentes, todos ellos han laborado desde escuelas ubicadas en localidades apartadas de bajos recursos, sin comunicaciones y en donde se hablan distintas lenguas, tales como el tojolabal, el tzotzil y el tzeltal. Al paso de los años, todos estos profesores se han o buscan a futuro ubicarse en comunidades semiurbanas o urbanas, como es la capital del Estado o Tuxtla Gutiérrez. En caso de cabeceras municipales y como en la capital, se cuenta con una mayor cantidad y calidad de servicios en general (luz, agua potable, caminos transitables, transporte), y de internet. Las excepciones, son los profesores de Telesecundarias, que aún se hallan trabajando en escuelas ubicadas en las zonas rurales y donde la lengua madre es distinta al español.

Otra característica es el cómo el profesor visualiza al estudiante con que trabaja, lo cual se puede, en términos generales y sobre todo por su ubicación geográfica y económica, suponer que hay cierta similitud, al considerarlo como una persona apática y sin interés por aprender lo que se le enseña en la Secundaria. Entre las razones expuestas por los profesores sobre esta visión, la fundamentan y relacionan principalmente en el nivel económico de las localidades, donde observan que se hallan ligadas la pobreza y falta de servicios. Por otro lado, con referencia los estudiantes ubicados o que habitan en cabeceras municipales, ciudades o en la capital del Estado, donde la apatía y el desinterés se lo atribuyen a la falta de atención de los padres o al ambiente urbano donde habitan, relacionando con el pandillerismo, la vagancia, el fácil acceso a las TIC. Esta característica se menciona, porque aún y cuando se tiene a dos profesores que trabajan en este momento en zonas de bajo nivel, solamente es uno de los dos el que resalta que son estas condiciones las que le limitan su calidad y efectividad de su estilo de enseñanza.

N	Participante	Nivel educativo trabaja	Años/experiencia (2015)	Preparación profesional	Observaciones
Expertos.					
1	Dr. Idrish Huet Hernández	CEFyMAP, de la UNACH		<ul style="list-style-type: none"> - Licenciatura en Física-Matemático, ESFM-IPN, Maestría y Doctorado en el CINVESTAV-IPN. - Estancias posdoctorales: Irlanda (2 años); Alemania (2 años); Morelia, Michoacán (2 años) 	Investigador y docente. Sus actividades están enfocadas a la docencia a nivel licenciatura y posgrado, así como a su campo de investigación (Física del Estado Sólido).
2	Dr. Pavel Castro Villareal	CEFyMAP, de la UNACH		<ul style="list-style-type: none"> - Dr. en Ciencias con especialidad en Física del CINVESTAV-IPN. Línea de investigación en Física Teórica. 	Investigador y docente. Sus actividades están enfocadas a la docencia a nivel licenciatura y posgrado, así como a su campo de investigación (Física de partículas).
Estudiantes.					
3	Antonio de Jesús Trujillo Salgado.	5º Semestre Lic. En Física. CEFyMAP.	0	<ul style="list-style-type: none"> - Estudiante Lic. en Física, Centro de Estudios en Física y Matemáticas Básicas y Aplicadas (CEFyMAP) de la UNACH. 	Promedio general en la licenciatura de 8.8, 20 años de edad. Ha impartido asesorías de Matemáticas y de Física en el nivel bachillerato.
4	Carlos Aníbal Escandón Espinoza.	5º Semestre Lic. En Física. CEFyMAP.	0	<ul style="list-style-type: none"> - Estudiante Lic. en Física, Centro de Estudios en Física y Matemáticas Básicas y Aplicadas (CEFyMAP) de la UNACH. 	Promedio de 7.5, 22 años de edad. Solamente dedicado a la escuela.
5	Ángel Javier Méndez Iglesias.	5º Semestre Lic. En Física. CEFyMAP.	0	<ul style="list-style-type: none"> - Estudiante Lic. en Física, Centro de Estudios en Física y Matemáticas Básicas y Aplicadas (CEFyMAP) de la UNACH. 	Promedio de 8.0, 22 años de edad. Solamente dedicado a la escuela.
Profesores.					
6	Prof. Osmar de Jesús Hernández Pérez.	Secundarias Grales. Federal, SEP.	20 años	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciado en Ciencias Naturales. Escuela Normal Superior de Chiapas (ENSCH). 	Con 20 años dentro del sistema educativo, pero son 14 años como auxiliar administrativo y 6 años como docente frente a grupo en Educación Secundaria General.
7	Prof. Fernando Vázquez de la Piedra.	Secundarias Grales. Federal, SEP.	0.5 años	<ul style="list-style-type: none"> - Cursa 5º semestre de la Licenciatura en Educación Secundaria, especialidad en Física. Escuela Normal Superior de Chiapas (ENSCH). 	Lleva un total de 6 meses de antigüedad practicando en Educación Secundaria General. Profesor interino. Considera que tiene facilidad para la matemática (cálculos y operaciones). Es egresado de una Telesecundaria, y de un bachillerato técnico o CEBETA.
8	Prof. Irving Josué Mazariegos Sánchez.	Secundarias Grales. Federal, SEP.	3 años	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciado en Educación Secundaria, especialidad en Física. Escuela Normal Superior de Chiapas (ENSCH). 	Toda su experiencia laboral es en Secundaria Técnica.
9	Prof. Ricardo Ovando Jonapá.	Secundarias Grales. Federal, SEP.	34 años	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciado en Ciencias Naturales. Escuela Normal Superior de Chiapas (ENSCH). - Técnico Analista programador. 	<p>Con 12 años de experiencia como en la Secretaría de Hacienda del Estado.</p> <p>Con 6 años como profesor en Educación Primaria.</p> <p>Con 28 años de profesor frente a grupo en Educación Secundaria General.</p> <p>Y con 3 años de experiencia como técnico programador.</p>

N	Participante	Nivel educativo trabaja	Años/experiencia (2015)	Preparación profesional	Observaciones
					Egresado de la Normal Primaria de Chiapas, y después egresó de la Normal Superior de México, en donde comenta que tuvo buenos maestros de Ciencias Naturales. Ha impartido clases de Geografía, Física, Química, Biología y Matemáticas.
10	M.E. Candelaria Hernández Meléndez.	Telesecundarias, Estatal, SEP.	10 años	<ul style="list-style-type: none"> - Licenciado en Educación de Telesecundarias. Escuela Normal Superior de Chiapas (ENSCH). - Maestría en Educación. 	Participante en diversos proyectos pedagógicos, tales como la Casa de la ciencia (ECOSUR); 4 años a cargo de un centro de Maestros; participante en proyectos escolares, tales como el Huerto escolar, en asociación Telesecundaria-ECOSUR.
11	Ing. Mario Díaz Albores.	Secundarias Grales. Federal, SEP.	12 años	<ul style="list-style-type: none"> - Ingeniero en Electrónica. Instituto Tecnológico Regional de Chiapas (ITECH). - Lic. en Educación Secundaria. Escuela Normal Superior de Chiapas (ENSCH). 	Ingresa al sistema educativo como profesor de las siguientes asignaturas: Matemáticas, Ciencias II (énfasis en Física) y de Dibujo Técnico. Su nombramiento es como Profesor de Matemáticas.
12	M.E. Arturo Méndez Alvarado.	Secundarias Grales. Federal, SEP.	20 años	<ul style="list-style-type: none"> - Ingeniero Civil egresado de la ESIA del Instituto Politécnico Nacional IPN. - Maestría en Educación por parte de la Universidad Pedagógica Nacional en Chiapas (UPN) en la Línea de Enseñanza de las Matemáticas. 	Ha participado en los cursos de preparación que se imparten a los profesores de Ciencias II (énfasis en Física), programados por el Programa Nacional de Actualización Permanente (o ProNAP), así como en diversos proyectos educativos relacionados con la enseñanza de la Física principalmente.

Tabla I.1. Datos sobre el perfil profesional o de estudios de los Profesores, investigadores o Expertos y de los Estudiantes de la Licenciatura de Física participantes.

Dentro del contexto de la investigación, también se cuenta con la participación y el apoyo de dos doctores en Física, pertenecientes Centro de Estudios en Física y Matemáticas Básicas y Aplicadas (CEFyMAP) que perteneciente a la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH) y de tres estudiantes de la Licenciatura de Física que cursan el quinto semestre, del mismo centro de estudios (Tabla I.1), los cuales constituyen las referencias para llevar a cabo la comparación de la estructura de las redes semánticas, ubicando a nivel de expertos a los doctores en Física, y en un nivel de desarrollo intermedio a los estudiantes de la licenciatura de Física.

3. JUSTIFICACIÓN.

La justificación de esta investigación está incluida en las necesidades y requisitos que tiene un profesor que forma parte de las instituciones educativas y que imparte clases a una población a la que se le exige una escolarización acorde a una sociedad del conocimiento y altamente tecnificada y con una fuerte interrelación entre la Ciencia, la Tecnología y de la misma sociedad construida sobre estas bases (CTS) y consecuentemente, en la adaptación que el mismo debe llevar a cabo de los contenidos curriculares de los sistemas educativos, situación en la cual nuestro país no está ajeno y tampoco se halla fuera de su influencia.

A partir de esta necesidad socio-educativa, la justificación de este trabajo forma parte de la problemática educativa de esta interrelación social en que se vive: entre las necesidades que existen en una sociedad a causa de su dependencia en su desarrollo científico y tecnológico para satisfacerlas, a lo que consecuentemente la obliga a desarrollar una estructura educativa para afrontar dicho reto, y proporcionar las bases escolares para formar una población alfabetizada científicamente (SEP, 2001a).

Dentro de este reto educativo se tienen diferentes protagonistas que son parte principal del mismo, tales como los contenidos curriculares, la infraestructura escolar, las escuelas normales, las autoridades, entre otros más relevantes, como son los docentes que dan sustento a los procesos y mecanismos de las políticas educativas para materializar los contenidos curriculares en el salón de clases bajo cierta perspectiva. Estos docentes son a la vez, el material humano que se quiere y que se requiere incorporar hacia las formas de enseñanza propuestas, y para lo cual, es preciso conocer las características, tanto de su trabajo, como de su preparación, pensamiento, habilidades y actitudes de los mismos. Es de destacar que, las investigaciones o estudios sobre las representaciones conceptuales del profesor y la interrelación con su práctica docente, ha sido una línea de investigación considerablemente elaborada en la Didáctica de las Ciencias Experimentales mundialmente (Abell, 2007; Jones y Carter, 2007; Roehrig, Kruse y Kern, 2007; Lunsford et al., 2007, citados por Álvarez-Suárez *et al.*, 2013, p. 350).

Una característica de gran peso en el docente y en su actividad, es lo que se ha denominado "*Pensamiento Docente Espontáneo*" o "*Pensamiento docente del sentido común*" y que se ha reformulado bajo el denominado "*Paradigma Mediacional*" (Barrón, 2015), dado que es la guía para su acción o mediación dentro del proceso educativo, y consecuentemente, uno de los factores de mayor influencia en sus representaciones sobre su práctica profesional, tal como lo plantea Gil y colaboradores (1999) y Barrón (2015). Por eso, la indagación sobre este pensamiento docente, y dentro de éste en especial, de sus representaciones conceptuales sobre los contenidos de la Física, tanto como ciencia formal o como ciencia escolar. Es decir, indagar la estructura conceptual que el profesor ha desarrollado para establecer las relaciones operativas, ya sean de tipo cognitivo o conceptual (Pozo y Flores, 2007), así como la construcción y el desarrollo propio que ha hecho sobre los significados de la naturaleza de la ciencia, de la actividad científica y que lo une al PEA o proceso de su enseñanza-aprendizaje, ya que va abocado a la construcción de la explicación física y de los procesos didácticos involucrados, todo lo cual, son parte de un campo de investigación muy amplio y polémico al buscar, ante todo, explorar, esclarecer y explicar toda ésta

estructura cognitiva. Pozo, Scheuer, Pérez, Mateos, Martín y De la Cruz mencionan que, con referencia a ésta problemática:

“... estamos convencidos de que cambiar las prácticas escolares, las formas de aprender y enseñar; requiere también cambiar las mentalidades o concepciones desde los que los agentes educativos... interpretan y dan sentido a esas actividades de enseñanza y aprendizaje.” (Citado por Bonilla, 2009, p. 11).

Consecuentemente, y también base de la justificación de este trabajo, para tener cambios o modificaciones específicamente en la enseñanza de la Física —o Ciencias II (énfasis en Física)—, es necesario identificar las representaciones conceptuales o marco conceptual (Pozo y Flores, 2007) de los profesores sobre la naturaleza de la Física y su influencia en la construcción de la explicación física, ya que son éstas representaciones conceptuales o marco conceptual el guía y se reflejan en el proceso de enseñanza-aprendizaje, pero que llegan a transformarse y representar un obstáculo epistemológico (Bachelard, 2000) para su actividad docente. Así entonces, es posible resumir la justificación o importancia en estudiar las representaciones conceptuales del profesor, básicamente en tres dimensiones:

- La social.- Dado que es de alta prioridad la necesidad dentro de una sociedad del conocimiento, llevar a cabo la llamada alfabetización científica o formación científica básica (SEP, 2001a; SEP, 2011), ya que es necesario contar con una población que pueda entender tanto los beneficios como las desventajas o amenazas del desarrollo tecnológico contenido dentro del eje Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) con que se vive en la actualidad, y el futuro que éste pueda construir u originar, sin descuidar la responsabilidad que como sociedad se tiene ante este futuro. Es decir, su propósito social es tener una población informada, crítica y participante en las decisiones científicas y tecnológicas, que sea capaz de aplicar el pensamiento científico a través de la explicación y argumentación física, con el propósito que se tomen decisiones informadas y consensuadas sobre el futuro que se pretenda construir, así como el desarrollo de las habilidades y destrezas en el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).
- La escolar.- Consecuentemente, esta necesidad social de formación científica de la población, es uno de los propósitos planteados en el Plan y Programas de Estudios que se han presentado como parte de la Reforma Educativa iniciada en 1993, y en sus adaptaciones y revisiones posteriores (SEP, 1993; SEP, 2006, SEP, 2011) resumida como Educación Básica, en donde se enfatiza, según la última propuesta del 2011, la enseñanza enfocada en el desarrollo de competencias, y continuar en este nivel educativo el proceso de alfabetización científica, cristalizada en el desarrollo de una explicación física del acontecer natural, y que es el reflejo de un pensamiento científico, pretendiendo transformar a la escuela en el sitio donde se den las condiciones para llegar a tener una población educada y consciente de las necesidades y ventajas del conocimiento científico y del desarrollo tecnológico, así como de los derechos y obligaciones que esto implica para la persona y su rol dentro de la sociedad.
- La profesional.- La de construir un marco teórico para pensar y para actuar, que me auxilie a entender el entorno social, científico y tecnológico, de tal manera que cuente con una base teórica para entender y, ante todo, decidir sobre su uso o aplicación tanto del conocimiento, como de la tecnología, y tratando ante todo, de construir una visión con y junto al estudiante, sobre cómo mantener un nivel de vida en condiciones favorables para su desarrollo y existencia en general, a través del desarrollo de un pensamiento regido por los cánones científicos.

Estas tres dimensiones acotan o limitan la finalidad del trabajo, la cual se puede expresar como un acercamiento exploratorio a las representaciones conceptuales del profesor que imparte

la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física), y la influencia de estas representaciones en el proceso de enseñanza-aprendizaje que lleva a cabo, cuando específicamente se construye la explicación y argumentación física. Lo que finalmente se dirige hacia el logro de los propósitos curriculares del plan de estudios 2011, que plantea el desarrollo de competencias científicas o forma de pensar en los estudiantes de Educación Básica.

4. OBJETIVOS.

a) General.

Como objetivo general, se plantea el investigar la influencia de las representaciones conceptuales que el profesor posee y sus consecuencias o efectos sobre el PEA o proceso de enseñanza-aprendizaje en la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) de Educación Secundaria, la cual se imparte según las directivas curriculares del Plan y Programa de Estudios 2011 (SEP, 2011), enfocándose en la exploración de la construcción de una explicación y una argumentación bajo los cánones o reglas de la Física, es decir, considerando a los modelos físicos representados matemáticamente —lo que conlleva al tipo de interrelación que existe entre la Física y la Matemática— y a la manera o forma en que se realiza el análisis de los fenómenos físicos, así como a la predicción del posible comportamiento de dichos fenómenos, lo cual conforma la epistemología implícita que tiene el profesor sobre el conocimiento científico, sobre su actuar pedagógico, su planeación didáctica y en lo relacionado con el conocimientos, sobre su transmisión y su construcción en el aula (Barrón, 2015).

b) Específicos.

Del objetivo general, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- i. Explorar las representaciones conceptuales que posee el docente acerca de la explicación y argumentación física a partir de la Física, la Matemática como ciencias, de sus objetos de estudio de éstas y de su interrelación.
- ii. Explorar cómo concibe el docente la interrelación entre la Física y la Matemática durante el PEA o proceso de enseñanza-aprendizaje a través de los modelos matemáticos en los cuales se apoya la explicación y argumentación física.
- iii. Explorar cómo se relaciona sus representaciones conceptuales sobre la Física para llevar a cabo el análisis, por una parte, y la predicción por otra, sobre los fenómenos físicos, dos de las cualidades esenciales de la explicación y argumentación física, así como del pensamiento científico, lo cual es planteado desde el Plan y Programa de estudio de la Reforma Educativa del 2011.

El objetivo específico es entonces sobre la exploración de las representaciones conceptuales del docente, y la influencia que tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que son parte constitutiva y específica de los procesos que utiliza el docente en primera instancia, durante la transposición didáctica del plan de estudios o contenidos programáticos de Ciencias II (énfasis en Física), y el otro, sobre el proceso didáctico que lleva a cabo de los contenidos curriculares al contextualizarlos, es decir, cuando transforma un conocimiento formal en un saber a enseñar primeramente, y concluyendo este proceso en un objeto de enseñanza (Solarte, 2006), sin considerarse la construcción de un objeto de aprendizaje.

Además, que en general han sido identificadas estas representaciones conceptuales como Física Intuitiva, *p-prims* (Carretero, 1996), Pensamiento Docente Espontáneo (Gil, *et al.*, 1999; Álvarez, *et al.*, 2013) y reelaboradas bajo el llamado Paradigma mediacional (Barrón, 2015). Se ha observado, que se manifiestan a través de la vinculación que concibe el docente entre los conceptos de la Física y de la Matemática, es decir, por los significados que ha construido acerca de

los conceptos físicos y matemáticos, principalmente del análisis por parte de la matemática y la predicción por parte de la física al construir una explicación y una argumentación física, lo que lleva a examinar la influencia o valor de todo ese conocimiento empírico y persona que el profesor tiene contenido sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, del estudiante y los contenidos programáticos o curriculares y que le da sentido a su labor.

5. OBJETO DE ESTUDIO.

El objeto de estudio en este trabajo es investigar las representaciones conceptuales o marcos conceptuales (Pozo y Flores, 2007) que el profesor de Educación Secundaria posee, y su interrelación con la construcción de la explicación y la argumentación física en el PEA o proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) en Educación Secundaria.

El estudio se realiza con apoyo del método de las Redes Semánticas Naturales (RSN) y su técnica denominada Análisis de las Redes Semánticas Naturales, la cual parte de la información obtenida por sus instrumentos, para explorar la interrelación que tienen estas representaciones con la explicación y argumentación que se da sobre un fenómeno físico, ya sea a través de su interpretación y solución, o de su representación matemática. El conocer y comprender esta interrelación, es una clave importante, ya que la Matemática es el lenguaje y el marco teórico de la Física, y es una característica que debe de resaltarse en el aprendizaje de la Física, con el fin de construir un pensamiento científico en los estudiantes, que parta de las evidencias, construya explicaciones y las argumente dentro de un paradigma científico.

6. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN.

A partir de los objetivos indicados, se consideran las características que tienen las representaciones conceptuales del docente, es decir, se investiga la Física intuitiva, *p-prims* (Carretero, 1996) o Paradigma Mediacional (Barrón, 2015), desde la perspectiva del profesor que imparte la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) en el nivel educativo de Secundaria.

Las preguntas planteadas en esta investigación son las siguientes, y que se hallan agrupadas:

- i. ¿Cuáles son las representaciones conceptuales del profesor sobre la Explicación física y la argumentación física?
- ii. En referencia a las representaciones conceptuales sobre la interrelación de la explicación y la argumentación física con:
 - ii.1. La Fórmula física y la Ecuación matemática.
 - ii.2. La Física y la Matemática.
 - ii.3. Con la Predicción y con el Análisis.

7. ESTUDIOS RELACIONADOS.

A manera de resumen, los estudios o investigaciones que de alguna manera están relacionadas con la problemática planteada en este trabajo —es decir, con el contenido de las representaciones conceptuales que el profesor ha construido y posee principalmente y de la explicación científica en general— y con la intención de ofrecer un panorama general sobre los caminos seguidos para abordarla, se exponen resumidamente y agrupados en varios apartados con base en por su orientación teórica o metodología. Se tiene así entonces que encontraron:

- **Investigaciones desde una perspectiva cualitativa.** Son investigaciones iniciadas a principios de los años sesenta y cuya propuesta está orientada y evolucionó hacia diversas

estrategias e innovaciones educativas que el profesor debe considerar apropiarse para transformar su práctica educativa. La trascendencia de estas investigaciones está en que sus propuestas han evolucionado como una crítica directa a la llamada Enseñanza Tradicional. Entre éstos estudios (y críticas) se tienen:

- Investigaciones que proponen orientar, transformar e integrar a la Física Educativa, a un tipo de docente y a la escuela a un modelo que se conciba como una fuente de información en continuo movimiento, donde se promueva el aprendizaje reflexivo (Segovia y Beltrán, 1998), y en donde se replantee el papel del trabajo experimental, el del error, el de la resolución de problemas y el del uso de las matemáticas. Todo enmarcado en la consideración de los conocimientos previos y del respeto a la cultura (Núñez, 1975; Carretero, 1993; Lara-Barragán, 1995).
 - Trabajos que parten desde la consideración teórica de que en el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, se interrelacionan representaciones conceptuales que pertenecen a diferentes sistemas semióticos o de significados (Carrión y Arrieta, 1998) y no solamente del profesor y del estudiante.
 - Investigaciones centradas en el análisis del discurso didáctico construido en el aula a manera de explicación científica (Hernández, 1991; Ogborn, 1996; Candela, 1999), y como principal vehículo o instrumento del proceso educativo.
 - Investigaciones centradas en el profesor y su estilo de trabajo docente, de las cuales su resultado concluyente es que existe un estilo de enseñanza característica y generalizada, que la ha denominado clase tradicional o de traspaso de contenidos. Consiste en que los docentes —desde educación primaria hasta la universidad— el proceso de enseñanza-aprendizaje (PEA) lo llevan a cabo sobre estrategias didácticas enfocadas principalmente en el dictado, en la memorización, y en los ejercicios repetitivos, con la aplicación de procedimientos en forma y estructura de recetas y que van acompañados de poca actividad experimental o de laboratorio por parte del estudiante (Jara, 2005), a manera de una conferencia, donde solamente el profesor habla, y se da por hecho el traspaso de contenidos desde el profesor hacia los estudiantes en forma automática (Lara-Barragán, 1995).
 - Estudios centrados en las actitudes de los docentes, actitudes que en los resultados las caracterizan por considerar que la Física aporta información y contenidos inamovibles y poco relevantes para la vida diaria. Estas actitudes las consideran como consecuencia resultante de la preparación profesional que ha recibido el profesor que enseña Física (Gibbs y Fox, 2000; Jara 2005) o como un reflejo de la ruptura que se encuentra entre los propósitos curriculares propuestos y el pensamiento del docente (Flores (coord.) 2012).
 - Propuestas didácticas relacionadas con la tecnología educativa, donde el profesor debe aportar y auxiliarse de propuestas que incluyen modelos activos para interactuar con el estudiante, y que consideran muy puntualmente los conocimientos previos y los intereses de los estudiantes.
- **Investigaciones de corte cuantitativo.** Basadas principalmente en la aplicación de exámenes estandarizados. Estos estudios destacan por la gran cantidad de información obtenida a través de la aplicación de una gran cantidad de evaluaciones a grandes poblaciones estudiantiles de diversos países, y que el manejo de sus resultados se hace a través de técnicas estadísticas. Se pueden nombrar las siguientes:
 - Investigaciones con los exámenes EXCALE y ENLACE en México, PISA en los países pertenecientes a la OCDE, los cuales han servido para definir políticas educativas, planes y programas de estudio, así como las condiciones socioeconómicas a

las que está sujeto el profesor (SEP, 1994; SEP, 2006; SEP 2011).

- El proyecto TEIMC o TIMSS (Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias o *Third International Mathematics and Science Study*), el cual destaca por ser el que ha abarcado el mayor tiempo y cantidad de recursos invertidos para llevarlo a cabo, ya que se consideró un periodo de cuatro años —de 1996 al 2000— y se incluyó a más 500,000 estudiantes con un promedio de edad cronológica de 14.5 años en más de 50 países. Es el estudio considerado como “*el mayor, y metodológicamente mejor controlado de todos los test de este tipo*” (Gibbs y Fox 2000), y es el que ha influido poderosamente en la política educativa estadounidense —entre otros países— impulsada a partir del año 2000.
 - Las investigaciones donde el profesor se apoya en la modelización y simulación de procesos físicos, que lo lleva a cabo con el auxilio de herramientas matemáticas junto con programas o paquetes de cómputo, tales como hojas de cálculo, animaciones o videos de corta duración (SEP 1997; Mochón y Rojano 1998; SEP 2000d).
- **Investigaciones con metodología mixta.** Son investigaciones relacionadas con la investigación sobre las estructuras en las cuales está organizado el conocimiento en el cerebro y que pertenecen al campo de las ciencias que estudian las representaciones conceptuales, entre otras, con el apoyo de una metodología descriptiva y enfoque cualitativo-cuantitativo, aplicando métodos estadísticos para el análisis de la información, y con lo cual es posible llevar a cabo la exploración de la memoria semántica. Se tienen los trabajos de:
 - García y Jiménez (1996), el cual es una investigación ligada directamente a este trabajo. Su investigación está enfocada a las redes semánticas construidas por estudiantes de bachillerato sobre los conceptos físicos de presión y flotación. La diferencia con el presente trabajo, es que es una investigación enfocada solamente a dos conceptos físicos específicamente y no considera la relación con las matemáticas.
 - Fernández-Rañada (2000), donde lleva a cabo disertaciones sobre la relación entre la Física, la Matemática y los físicos, que parte del cambio de percepción que se tuvo de la Física a partir de la II Guerra Mundial, donde tuvo un papel primordial en el desarrollo de armamento y su posterior influencia en el desarrollo de la economía de los países. Concluye que la relación Física-Matemática es conflictiva a causa de la interpretación del método axiomático o formal y al énfasis de enseñarlo como un fin educativo, y no como medio de trabajo y soporte conceptual de la Física.
 - Álvarez-Suárez *et al.*, (2013). Son trabajos sobre la evaluación que realizan los docentes de Ciencias Experimentales, donde se utiliza el método de las comparaciones binarias, la cual es una técnica de escalamiento multidimensional o técnica estadística de análisis multivariable, que se construye comparando objetos o estímulos, y en el caso de estas investigaciones, sobre el pensamiento espontáneo del profesor.
 - **Investigaciones integrativas.** Son aquellos que resumen la mayor información que se tiene al momento sobre el tema. Entre este tipo de estudio, considero de gran ayuda el que desarrolló Barrón (2015), ya que lleva a cabo una revisión de las representaciones conceptuales (o concepciones epistemológicas como las define la autora) del profesor y su interrelación con su práctica docente.

Actualmente, son los trabajos de corte cualitativo, mixto e integrativos los que principalmente aportan una pauta para un cambio radical en la conceptualización del PEA o proceso enseñanza-aprendizaje en la Física Educativa, dándole forma para que construir un proceso

ameno, interesante, y, sobre todo relacionarlo con la vida cotidiana del estudiante, es decir, contextualizarlo al medio socioeconómico en donde se lleva a cabo. La base teórica de estas investigaciones son principalmente los aportes de Piaget, Bachelard, Ausubel, Vygotsky, Bruner, entre otros, originando nuevos paradigmas educativos que se enlazan con la Psicología Educativa y la Sociología (Hernández 2012).

Para la finalidad de este trabajo, y con base en la información relacionada con las representaciones conceptuales, se enfatizan los siguientes aspectos:

- 1) Una de las conclusiones de mayor importancia, es la identificación del Pensamiento Docente Espontáneo, Docencia del Sentido Común o el concepto integrador denominado Paradigma Mediacional, y que sus características se enumeran a continuación (Gil, *et al.*, 1999; Jara, 2005; Barrón, 2015):
 - a) Se tiene de una visión muy simplificada de lo que es la ciencia y el trabajo científico, y que es lo que el profesor de Física y de Ciencias Naturales transmite a través de sus clases, lo que ha llevado a cuestionar el proceso que se construye, en la forma en que se enfocan los problemas, los trabajos prácticos y la introducción de conceptos, así como la construcción de significados de los conceptos científicos.
 - b) Se hace una reducción del aprendizaje de las ciencias a conocimientos y destrezas, sin abordar aspectos históricos, sociales, las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) y del uso de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), lo que indirectamente se transforma en propósito esencial como “la obligación de cubrir el programa o currículo propuesto”.
 - c) Se considera natural el fracaso generalizado de los estudiantes y la transmisión de expectativas futuras pobres. En particular, cuando se aplica el llamado determinismo biológico (“listos” y “torpes”), y el sociológico (medios ambientes sociales desfavorecidos).
 - d) Está basado, ya sea en el autoritarismo de la organización escolar o, por otro lado, el simple *laissez-faire* o dejar hacer sin sentido o propósito definido.
 - e) Crea un clima generalizado de frustración asociado a la actividad docente, ignorando las satisfacciones potenciales que esta actividad tiene como tarea abierta y creativa.
 - f) Se norma bajo la idea de que enseñar es fácil, solo de cuestión de personalidad, de sentido común o de encontrar la receta adecuada.
 - g) No hay conciencia de la necesidad de un trabajo colectivo y de una concepción teórica que articule los planteamientos didácticos.

- 2) En lo relacionado con las representaciones conceptuales, pero del tipo espontáneas, las cuales se caracterizan por ser aceptadas acríticamente como parte integrante de una docencia del sentido común, en donde se presenta una falta de reflexión cualitativa previa y durante todo el PEA o proceso enseñanza-aprendizaje, así como el tratamiento superficial o clarificación de conceptos. Según los trabajos citados y bajo este punto de vista, las aportaciones de gran importancia que se pueden indicar en las siguientes:
 - a) La identificación de lo que se ha denominado “modelos o esquemas alternativos” (Jara 2005), los cuales también han sido identificados por otros investigadores y que los han denominado con diferentes nombres, tales como “errores conceptuales” (Lara-Barragán 1995), *misconceptions* (Carretero 1996), “concepciones alternativas o espontáneas” (Pozo y Crespo 2001), o “concepciones previas” (Drive *et al.*, 2000).
 - b) Un aspecto de vital importancia es la llamada Física intuitiva, conformada por ideas fragmentadas y aisladas acerca de la naturaleza, denominadas *p-prims* o primitivos fenomenológicos o *phenomenological primitives* (Carretero 1996), los cuales son construcciones personales o individuales, que no están influidas en gran medida por el medio social o cultural de la persona, sino por su experiencia propia.

- c) El denominado operativismo abstracto y el tratamiento superficial, ligado al manejo de expresiones propias de la física, que son conocidas como fórmulas, y las cuales tienen un comportamiento equivalente a la ecuación en matemáticas, pero sin distinguir ésta liga o interrelación, lo cual ocasiona que la expresión matemática se maneje como una secuencias de pasos a realizar con la finalidad de obtener un valor numérico, lo cual define únicamente si está correcto o no el proceso, sin visualizar el sentido que tienen los valores obtenidos.
- 3) La apreciación de que no se lleva a cabo una construcción de explicaciones o argumentos físicos basados en evidencias, o contruidos con auxilio de herramientas y procesos matemáticos; y cuando se pretende hacerlo, se cae en un calcular y resolver operaciones matemáticas sin contextualizarlas al problema, lo que anteriormente se denominó como operativismo abstracto.
- 4) Otros aspectos importantes son:
- a) Investigaciones en relación a la estructura lingüística que posee el discurso que utiliza el profesor cuando interactúa en el aula, enfocándose estas investigaciones en el proceso que transforma una explicación o argumentación en algo válido con la participación de los conceptos de la Física (Ogborn 1996).
 - b) El análisis del discurso utilizado por el profesor durante el desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje, lo cual es parte del campo de la Física Educativa, y que es considerado parte esencial de dicho discurso, ya que es el medio principal por el cual se lleva a cabo la interrelación entre el contenido programático o Ciencia Escolar, el docente y el (los) estudiante(s). Este discurso como tal, tiene características propias, en el sentido que representa lo que se considera y denomina como la explicación en ciencias (Ogborn 1996), y en particular, en la Física Educativa.
 - c) El considerar las dificultades para aprender y aplicar los conceptos físicos, lo cual está relacionado con la problemática epistemológica y ontológica que conllevan dichos conceptos o significados conceptuales, como causa y reflejo del desarrollo histórico de la ciencia misma (Piaget y García 1984).
 - d) Al investigar la problemática entre docentes y estudiantes cuando construyen modelos para darle sentido a los conceptos físicos, sobre todo, cuando estos modelos se confrontan con los contruidos y ligados al sentido común o alternativo a los que son utilizados para explicar los fenómenos naturales desde la Física. Entre sus características, se ha visto que estas construcciones alternativas ligadas al sentido común no son casuales o espontáneas, que son obstáculos epistemológicos encontrados en el desarrollo histórico de la ciencia en general (y de la física en particular), y de la complejidad de los fenómenos, así como del estudio mismo de la naturaleza.
 - e) Las propuestas sobre cambios al objeto de estudio y la metodología para investigarlo. Un cambio sustancial, es en considerar al profesor que imparte la asignatura de Física (o Ciencias II en Secundaria) como parte del objeto de estudio (Gil, *et al.*, 1999), y ubicarlo como una parte medular del proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que es el que lleva a cabo el proceso de transformar primero y enseñar después, la ciencia formal de los contenidos curriculares, armar el discurso, crear el ambiente de aprendizaje y llevar a cabo todo el proceso de enseñanza-aprendizaje.
 - f) Sobre el proceso de transformación y adaptación conceptual, por el cual un contenido científico formal se va transformando en un contenido científico escolar, y posteriormente en un contenido didáctico u objeto de enseñanza, proceso al cual se ha denominado Transposición Didáctica (Gómez 2005). La importancia de su estudio es que la transposición didáctica se halla condicionada por las representaciones conceptuales que tiene el profesor sobre: (i) el contenido de conceptos propios de

la Física que enseña; (ii) el cómo (re)construye él mismo ese contenido conceptual; y el cómo lo aprenden los estudiantes a los que enseña. Este conjunto de representaciones conceptuales, detectadas dentro de estas últimas investigaciones y con las consideraciones sobre el profesor que enseña Física, y en donde además, quedan incluidos y coexisten los conocimientos, las actitudes y los procedimientos que son producto de “una larga formación ambiental, durante el periodo en que fueron alumnos” (Gil 1991, p. 73; Gil et al. 1999, pp. 25-26), se han englobado en lo que han llamado “Pensamiento Docente Espontáneo” o “Pensamiento Docente del Sentido Común”.

Este sería un resumen sobre las ideas o representaciones conceptuales que se consideran y se extraen de la literatura consultada y que se están relacionados con el objeto de estudio de esta investigación.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

1. INTRODUCCIÓN.

El marco teórico se plantea desde una perspectiva educativa y centrada en la interrelación que atañe a las representaciones conceptuales que poseen los profesores que imparten la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) y su relación con la construcción de la explicación y la argumentación física que se lleva a cabo durante el PEA y de acuerdo al Plan y Programa de estudios del 2011.

Como se ha llegado a reconocer en los últimos años, esta interrelación se encuentra unida o vinculada a estructuras cognitivas y conceptuales complejas, las que son la base para la construcción de relaciones operativas y formales. A estas estructuras se les ha denominado como representaciones conceptuales, marcos conceptuales o códigos representacionales (Pozo y Flores, 2007) y, que el profesor que imparte la asignatura, las ha construido y modificado durante su experiencia y vida en general. Es decir, son estas representaciones, marcos o códigos la base de su bagaje intelectual y el cual utiliza para darle sentido a su medio ambiente personal y social, como a su ámbito profesional, y concretamente, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje o PEA que desarrolla en el aula con sus estudiantes. Actualmente se le conoce o se ha denominado como Paradigma Mediacional (Barrón, 2015). Actualmente, a través de la investigación hecha tanto sobre las representaciones conceptuales del profesor como sobre el proceso de enseñanza-aprendizaje, se ha generado una gran cantidad de información sobre las características que tienen, siendo de interés para este trabajo principalmente aquellas investigaciones realizadas en forma indirecta o generales, centradas en las Ciencias Naturales, Ciencias Experimentales, y de manera particular, en la Física Educativa como tal. Los resultados e información obtenidos por estos estudios, han aportado información sobre todo en la correlación del PEA o proceso de enseñanza-aprendizaje y entre las representaciones conceptuales del docente, así como de los procesos cognitivos de los que se originan y, ante todo, sobre la construcción y evolución epistemológica de la Física y la fuerte interrelación que existe con las representaciones conceptuales de las personas, mostrando un paralelismo en la construcción del paradigma mediacional, de las representaciones conceptuales y el desarrollo epistemológico e histórico de la Física y su interrelación con las matemáticas.

Pero, a manera de antesala, ¿por qué tal relevancia o necesidad de aprender Física, y en general, Ciencias? y consecuentemente ¿por qué dedicarle tantos esfuerzos y recursos? La respuesta se encuentra principalmente en las consecuencias y efectos socioculturales que tuvieron las dos grandes guerras mundiales acaecidas en el siglo XX, aunado a las consecuencias que ya derivaban de la Revolución Industrial iniciada en la segunda parte del siglo XVIII hasta mediados del siglo XIX (Ashton, 1994). Pero fue en los conflictos bélicos donde la superioridad de un bando sobre el otro estuvo fincada en el desarrollo científico y tecnológico que poseyera cada uno de los contrincantes. Es así que, después del cambio social y cultural causado por la Revolución Industrial, en el siglo XX se produjo y se apoyó un desarrollo social en la ciencia y en la tecnología, y que ha sido tal su influencia, que actualmente en el siglo XXI, se continúa con esta tendencia, observando un gran cambio en todos los aspectos que involucran al humano, llegando a considerarse que de una Sociedad Industrial se ha transitado hacia una Sociedad del Conocimiento, y que además está en continua interrelación con el planeta y sus recursos. Es esta una de las razones por la cual las investigaciones educativas sobre este tema toman relevancia a partir de los años 50 del siglo XX (Jara, 2005), ya que las sociedades de la posguerra tienen una gran necesidad de personas preparadas en ciencias naturales y exactas, sobre todo en Física, tanto como personal especializado.

A la par de la evolución de este tipo de sociedad, ésta necesidad de entender a la ciencia a

nivel de la población en general. Este cambio cultural ha creado nuevas necesidades sobre el conocer, el saber y el manipular, a tal grado que, el desarrollo de un país está basado en toda esta ciencia y tecnología actualmente. En consecuencia, los sistemas educativos se vieron en la necesidad desde la adaptación hasta la creación de planes de estudio idóneos a través de reformas educativas que abordaran y dieran respuesta a este cambio social y tecnológico, provocando cambios profundos tanto en la concepción de la función de la escuela como institución social, así como en los métodos de la enseñanza. Pero el resultado es que, aunque la sociedad en su conjunto y a nivel mundial ha sufrido cambios en su vida radicales desde esos años cincuenta hasta el presente, y con apoyo de toda la información recabada hasta inicios del siglo XXI, se aprecia un pobre aprendizaje y un fracaso educativo en los sistemas escolares mundiales (Jara, 2005) desde la postura de una Sociedad del conocimiento, aún con todas las propuestas y con las variadas modificaciones que se han hecho a los planes y programas de estudio en todos los niveles educativos, provocando en consecuencia, preocupación sobre el futuro que se pueda construir, tanto como humano, como sociedad, así como especie que habita este planeta.

Dentro de toda esta gama de información y requerimientos, los resultados encontrados y la información recopilada bajo el Paradigma mediacional, está relacionado con tres conceptos, que son los que dan forma al marco teórico de este trabajo. Estos conceptos son: las representaciones conceptuales de los profesores que imparten la asignatura de Ciencias II, la explicación física y la argumentación física. Y como se planteó anteriormente, se consideran a la explicación y a la argumentación física, por una parte, por ser uno de los propósitos a alcanzar y de las competencias a desarrollar en los planes y programas de estudio de Educación Básica, y, por el otro, por ser la columna vertebral para formar una población alfabetizada científicamente. Para lo cual, se considera y se parte de la idea que estos dos conceptos están moldeados por la visión o las representaciones del profesor que imparte la asignatura. Continuando con este camino a continuación, se desarrolla y presentan las bases teóricas en las cuales se apoya el marco teórico.

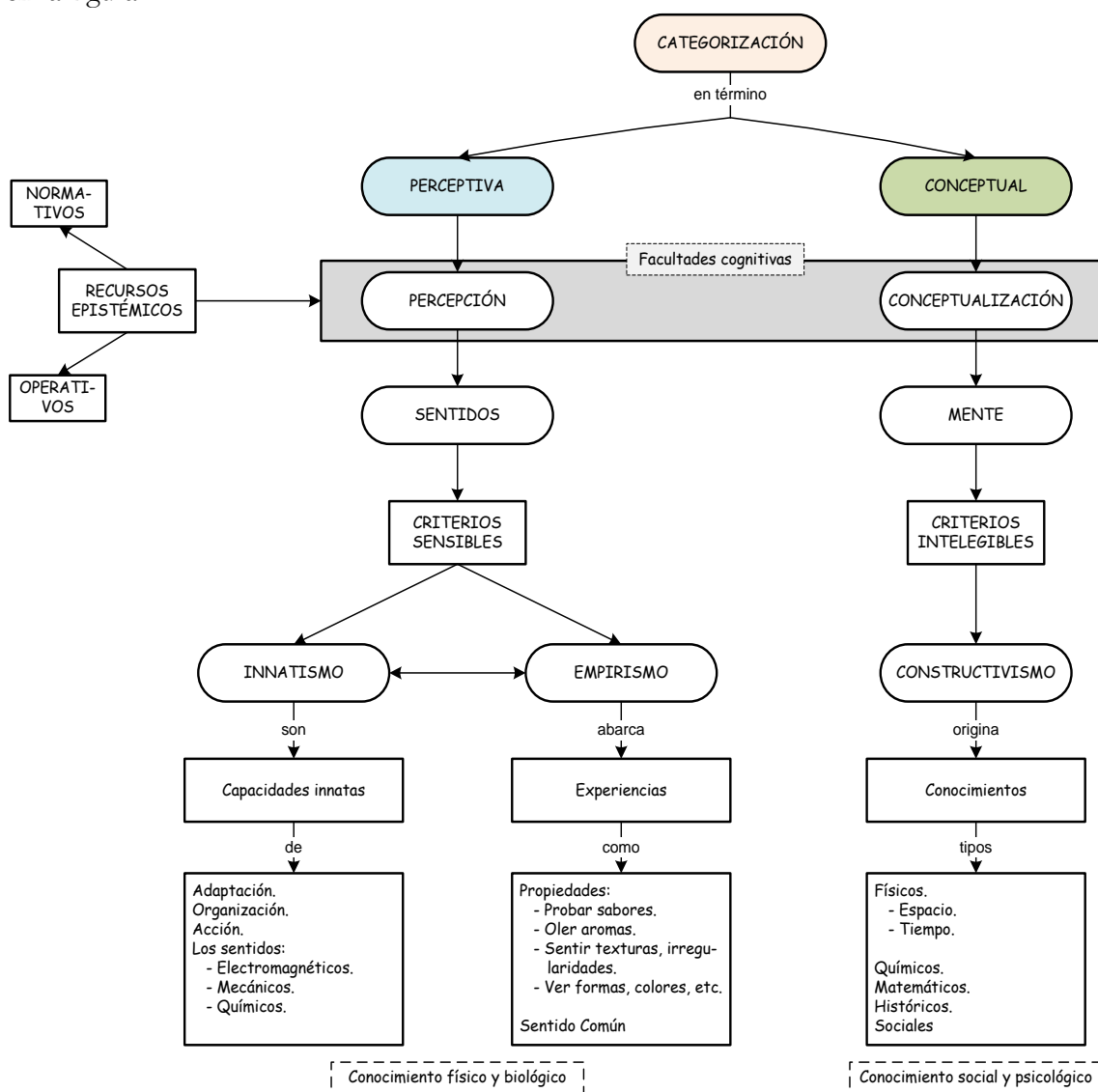
2. LAS REPRESENTACIONES CONCEPTUALES.

¿Qué son las representaciones conceptuales? Sería la pregunta inicial y, en general empezar a entenderlas como un concepto de mayor alcance. Por lo que se considera en un primer momento como representaciones simplemente. Así, se tiene que las representaciones son construcciones mentales construidas para, sobre la forma y actuar en la realidad, es decir, “*son una compilación de todos nuestros conocimientos del mundo*” (Delval, 2013, p. 11), son el dato primario que constituye nuestra conciencia sobre la realidad y que también conlleva una “*intencionalidad colectiva*” (Delval, 2013, p. 9) o de compartir socialmente. Esto nos remite a la pregunta del ¿cómo se construyen esas representaciones o modelos? Partiendo desde una postura constructivista con la intención de mantenerse en la misma línea del proceso de enseñanza-aprendizaje propuesto en el Plan y Programa de Estudios 2011, tenemos que el conocimiento es siempre una construcción del mismo sujeto o de tipo personal que se socializa o comparte, y que la realiza a partir de lo que dispone como ser, por lo cual se ubica en tres campos o rubros (Delval, 2013):

- 1) En lo innato o Innatismo;
- 2) En la experiencia o Empirismo y
- 3) En la construcción de conocimiento o Constructivismo.

Cada uno de estos rubros tienen un papel particular en la construcción del conocimiento y, en consecuencia, de las representaciones. Y aunque se citan por separado, forman un solo elemento por la forma o manera en que se hallan interrelacionados. El proceso de construcción y formación, basándose en los estudios y perspectivas modernas sobre la cognición (González, 2006), da inicio con el proceso de categorización, entendiéndola ésta como un proceso donde se

individualiza y se captura cognitivamente entidades mediante un criterio, y que funciona por medio de la movilización de recursos epistemológicos de tipo operativo (como son los que están unidos a la percepción y a la conceptualización) y de tipo normativo (como la justificación), por lo que tendrá, y consecuentemente se pueda dividir, en una categorización perceptiva y una categorización conceptual, dándose así la interrelación entre los tres rubros o campos citados: categorización, percepción y conceptualización. Estas interrelaciones, se presentan gráficamente en la figura II.1.



Construcción del conocimiento (González, 2006; Delval 2013; Castorina 2014)

Figura II.1. Proceso de construcción del conocimiento y de las Representaciones.

En este estudio, parte del soporte teórico en este trabajo está en considerar que las representaciones son, en general, construcciones mentales y que residen o están contenida en el cerebro, las cuales son elaboradas como una respuesta primaria a los estímulos percibidos en general (como son los electromagnéticos, químicos o mecánicos), y son con las que actuamos en el medio natural y social en que estamos inmersos. En estas representaciones están incluidas las percepciones, su funcionamiento y sus relaciones, son utilizadas para entender, actuar, interactuar

con el mundo natural y social o con los otros, así como para planificar, predecir, comunicarse y convencer. Es por eso que, las representaciones poseen un carácter básico en la persona, y para comprenderlas se parte de la hipótesis de que “*ante cada situación determinada, el sujeto construye una representación*” (Delval, 2013, pp. 14-15). Dicha construcción depende fundamentalmente de sus capacidades cognitivas (tanto innatas como desarrolladas), de sus experiencias anteriores y de los objetivos que se plantea y que persigue. En opinión de otros autores, se les considera a las representaciones como un constructo teórico, como una estructura conceptual compleja, como marcos conceptuales (Pozo y Flores, 2007) o como un Paradigma Mediacional (Barrón, 2015), erigida o creada cognitivamente con la finalidad de identificar un estado mental o proceso, y que sirve y se utiliza como cimiento para instaurar relaciones operativas —tanto cognitivas como conceptuales— que se utilizan para explicar, argumentar e inferir comportamientos fenomenológicos, así como para proporcionar una interpretación de dicha fenomenología (Pozo y Flores, 2007; Wagner y Flores-Palacios, 2010), permitiendo la comprensión de lo cotidiano y lo cultural, sitios en donde se identifican conocimientos personales, relacional, teorías implícitas y creencias, que en general se tienen y que configuran el denominado conocimiento cotidiano, definiendo una determinada visión epistemológica. En la tabla II.1 se indican las características que tienen las Representaciones en general.

Ahora bien, las representaciones se pueden diferenciar o clasificar en dos categorías generales, con base en la función de las características que poseen como consecuencia del tipo de procesos que las han originado y de su alcance o ámbito de aplicación, ya sea local o global (Wagner y Flores-Palacios, 2010; Castorina y Barreiro, 2014). Estas categorías son:

- 1) Las Representaciones Sociales (RS).
- 2) Las Representaciones Conceptuales (RC).

Las RS son aquellos marcos conceptuales que se construyen y evolucionan a través de los mecanismos de comunicación o por medio de lazos asociativos de significados compartidos y cuyo origen es social. Son inherentemente evaluativas o axiológicas por estar contenidas en el ámbito de los valores, toman forma a través del discurso social y no se limitan a los cánones de la lógica argumental de los conceptos —característica que considero de suma importancia para este trabajo—. Es decir, designa y engloba un tipo o forma de conocimiento específico al que se denomina “*saber del sentido común*” (Castorina, 2014, pp. 56-59), el cual tiene características de operación heredadas de los procesos funcionales y generativos socialmente caracterizado, ya que se producen en las prácticas sociales, por lo cual son resultado de la experiencia grupal o de la comunicación social.

En cambio, las RC se caracterizan por estar ligadas en gran medida a las Teorías Implícitas o espontáneas (TI) construidas por el sujeto como respuesta personal ante los estímulos que percibe en su medio natural y social, y porque son los marcos conceptuales en donde hay influencia en su construcción del bagaje que se tenga como aporte de la alfabetización científica o escolaridad que se posea. Se tiene entonces que, para que sea considerada una RC o estructura cognitiva, se deben identificar las siguientes características (Pozo y Flores), 2007, pp. 28-30):

- a) Poseer un conjunto de elementos que se puedan relacionar (TI o ideas previas, conceptos científicos, relaciones matemáticas, etc.)
- b) Este conjunto manifiesta y preserva una estructura de forma implícita o inferida, o explícita como resultado del uso de los sentidos o percepciones fenomenológicas.
- c) Los significados sensoriales o empíricos están prescriptas por las reglas que se construyen con las representaciones que las originan.
- d) Estas representaciones deben abarcar en su explicación cierta cantidad de fenómenos, de tal manera, que sea posible representarlos y explicarlos.
- e) Hay una continuidad entre las RC y las teorías científicas desde un punto de vista funcional.

Para la finalidad de este trabajo, se consideran únicamente las representaciones conceptuales, y dentro de éstas, se consideran aquellas que se refirieren a un campo de estudio específico, siendo de interés las relacionadas con la Física. En estas representaciones conceptuales, está contenidas las representaciones que reciben el nombre de Física espontánea o Física del sentido común, ubicadas dentro de las teorías implícitas que elabora una persona (Carretero *et al.*, 1996; Castorina y Barreiro, 2014), y es con lo que se han identificado las representaciones de los fenómenos físicos (Pozo y Flores, 2007). Es así entonces, que el enfoque se dirige hacia la Física espontánea que posee el profesor que imparte la asignatura, y el contraste que presenta con la Física como ciencia formal y con la Física escolar que está involucrada con el proceso de enseñanza-aprendizaje, y que, en última instancia, es la Física que se investiga o estudia en el campo de la Física Educativa (figura II.2).

Características de las Representaciones.	
Origen	Los sujetos precisan de representaciones para sobrevivir en el mundo.
Funciones	Las representaciones permiten actuar y entender.
Elaboración	Se producen como respuesta a la satisfacción de las necesidades. Por lo tanto, tienen su finalidad en la acción y supervivencia.
Constituyen el contenido de la mente	Las representaciones son lo que está en la mente de los individuos, son el dato que debemos estudiar primordialmente. Pero no son accesibles de forma directa.
No son explícitas	Las representaciones no existen en una forma fijada, más que en casos excepcionales, pues se van generando a medida que el sujeto las necesita.
Características comunes	Las representaciones no son específicas de cada problema, sino que tienen unas características comunes, relacionadas con la edad, que se ponen de manifiesto en el tipo de actuación que realizan los sujetos.
Evolución	La formación de representaciones sigue una serie de estadios regulares.
Importancia educativa	Las representaciones tienen una enorme importancia desde el punto de vista educativo pues sobre las que existen vienen a incidir la nueva enseñanza y los profesores tienen que contribuir a formar mejores representaciones.

Tabla II.1. Características de las Representaciones (Delval, 2013, p. 14)

Toda la información citada anteriormente y producto de toda esa gama de investigaciones, y principalmente en Física Educativa, se puede ubicar en diferentes etapas y en determinados periodos de tiempo, caracterizándolas por la información obtenida y los modelos construidos. Es así que, a partir de finales de los años 70, cuando en los estudios hechos, toma relevancia la información referente a las diferencias que se detectan al comparar las representaciones conceptuales de la Física entre los científicos o expertos dentro de la ciencia formal, con las representaciones conceptuales de los estudiantes, de los profesores de diversos grados escolares, sistemas educativos y lugares del mundo, y en general, con las de todas las personas que no están dentro del campo científico formal, o novatos como son denominados por Carretero (*et al.*, 1996). Estas diferencias conceptuales identificadas, destacan por sus características tan peculiares que presentan y que son objeto de estudio.

Un punto importante, es que estas diferencias en lo conceptual entre los expertos y los novatos, se hallan inmersas dentro del bagaje de los conocimientos previos que toda persona, ya sea científico, ingeniero, profesor o estudiante, posee en determinada etapa de su vida, y que son

parte de su bagaje cognoscitivo, siendo lo que da forma a su pensamiento y a su acción. Es este bagaje cognoscitivo lo que se estudia en este trabajo, y se definen como representaciones conceptuales, es decir, se exploran esas ideas que se tienen sobre la Física desde su posible génesis, hasta la influencia que tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje a través de la práctica docente del profesor, por lo cual, sus características se considerarán parte del marco teórico de este trabajo. Estas características de las representaciones conceptuales relacionadas con el objeto de estudio, se enumeran a continuación:

- a) Las representaciones conceptuales presentan universalidad, semejanza, constancia y presencia dentro de diferentes y variados grupos humanos o sociedades, lo que induce a considerar que no están condicionados por una cultura en particular, es decir, no son idiosincrásicas, sino que se construyen y evolucionan con relación a la experiencia sensorial y cognitiva de la persona principalmente (Driver, *et al.*, 2000), y que en relación con los conceptos físicos, reciben en conjunto el nombre de física espontánea (Carretero, 1996).
- b) Son persistentes e invariantes en el tiempo, ya que se siguen manifestando en edad adulta, a pesar de la escolaridad recibida o grado de estudios alcanzado tanto individual como socialmente, por lo cual se han identificado con obstáculos epistemológicos (Bachelard, 2000).
- c) Son representaciones conceptuales que se desarrollan desde antes que reciban alguna enseñanza escolar o formal las personas, es decir, constituyen sus primeros constructos y el basamento de los llamados conocimientos previos que toda persona tiene cuando llega a la escuela (Driver, *et al.*, 2000).
- d) Dentro de una dimensión social y cultural más amplia, estos constructos están asociados a ciertas actividades específicas y universales, ya que se encuentran presentes en cualquier grupo humano, y que en un principio se identificaron con el fenómeno pancultural de la matemática (Bishop, 1999), pero en su construcción cognoscitiva se hallan presentes una gran cantidad de conceptos de la Física (Ibarra y Morman, 1997, p. 241; citado por Pozo *et al.*, 2007, p. 30).
- e) Otra característica que se considera de suma importancia de estas representaciones conceptuales, es que están presentes o se manifiestan como parte de la actividad docente, y que se hallan interrelacionadas con la comprensión de la relación existente entre la Física y la Matemática, dando en consecuencia u ocasionando que la Física se perciba como una colección de fórmulas y que toda su actividad se concentra en el manejo de operaciones matemáticas, sin ninguna relación con los fenómenos que se estudian (Hewitt, 2007).

Siguiendo bajo la perspectiva educativa, considero que un reflejo del grado de comprensión alcanzado sobre estas representaciones conceptuales o constructos, son las variantes en las denominaciones que han tenido y cómo se ha modificado esa nomenclatura, ya que lo que inicialmente se les denominó como “esquemas conceptuales alternativos” (Driver y Easley, 1978), “teorías ingenuas” (Caramazza, *et al.*, 1981), “ciencia de los niños” (Osborne, *et al.*, 1983), “concepciones alternativas” (Pozo, *et al.*, 1991), todos citados por García y Jiménez (1996, p. 343), pasaron a denominarlos como “errores conceptuales” (Lara-Barragán, 1995) en segunda instancia. El siguiente cambio fue que el sentido de su denominación apuntó no ya a considerarlas ideas ingenuas de los niños o errores conceptuales, sino como esquemas mentales (Champagne, *et al.*, 1983, citado por García y Jiménez, 1996, p. 343), o como lo plantea Carretero, (1996): ideas previas, ideas alternativas, ideas espontáneas, *misconceptions* o concepciones erróneas, o preconcepciones. Así hasta nombrarlas como primitivas fenomenológicas o *p-prims* (abreviatura de *phenomenological primitives* (diSessa, 1988, citado por Carretero 1996, p. 25) y en caso de la Física en particular, como Física Espontánea.

Es aquí, donde se transluce claramente la relación de estos constructos con el denominado proceso cognitivo de la persona asociado tanto al sentido común, como a la experiencia sensorial inmediata o fenomenológica y la respuesta que tiene todo humano con su medio ambiente, tanto natural como social.

Este cambio consecuente con el origen de sus causas, así como de su comprensión, les da una categoría de análisis de mayor amplitud, pasando de errores, preconcepciones o física espontánea, a denominarlas como esquemas mentales o representaciones conceptuales, es decir, llegan a percibirse como construcciones cognitivas de mayor peso, amplitud e influencia, que se extienden abarcando dentro de su estructura cognitiva, los aspectos concerniente a lo procedimental, emocional y actitudinal que conlleva la construcción del conocimiento en general, en el cual el conocimiento físico está incluido. Es decir, se considera que, en su construcción, hay influencia de componentes ligados al sentido común, a las percepciones sensoriales, unido también a la dimensión emotiva de la persona.

Otro cambio importante en el terreno educativo, es el referente a los propósitos educativos propuestos en los planes y programas de estudio. En el caso de México, de acuerdo a la reforma educativa iniciada en 1994, y que continúa hasta la fecha, con los últimos cambios y agregados en el 2011, sus propósitos están enfocados al desarrollo de competencias científicas, que se incluyen bajo la denominación de estándares curriculares y desarrollo de competencias de la asignatura de Ciencias, los cuales tienen el enfoque del desarrollo social de un pensamiento científico, insertado en la llamada alfabetización científica, es decir, el de contar con *“una población que utiliza los saberes asociados a la ciencia”* (SEP, 2011, p. 15), todo dentro del aprendizaje significativo o teoría del aprendizaje cognoscitivo (Ausubel, *et al.*, 1983) y constructivismo (Calero, 2008; Piaget y García, 2008), pretendiendo que se tenga un pensamiento social que construya y de explicaciones apoyadas en un pensamiento y lenguaje científico apropiado, y además que tenga la capacidad de representar ideas mediante modelos. Surge así entonces, la interrelación entre las llamadas representaciones conceptuales o conocimientos previos, que son la base de toda construcción educativa, y el desarrollo de un pensamiento científico fundamentado en la explicación y en el uso de modelos, que utilice evidencia, el análisis crítico y el escepticismo informado (SEP, 2011). Esto conlleva a, dada la importancia que tienen éstas representaciones conceptuales, considerar sus características y su persistencia en el tiempo, dada su influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, y en la explicación y argumentación física como finalidad educativa. Para los objetivos de este trabajo, considero llevar a cabo una disertación sobre los mecanismos que las originan, dan forma, y configuran sus características, sobre todo, las relacionadas con su universalidad, con su construcción no idiosincrática, su persistencia, y como base en la construcción de la argumentación y explicación física, es decir, los conocimientos previos de la persona, que en esta investigación, recae en la persona del profesor o docente frente a grupo y que imparte la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física). Así, la investigación se enfoca hacia la interrelación entre las representaciones conceptuales que tiene el profesor que imparte la asignatura, con la argumentación y la explicación dentro de la Física, lo que considero implica explorar desde la relación que existe entre la Física y la Matemática —que como anteriormente se expresó en el inciso (e)—, ya que esta simbiosis define y estructura la epistemología de la Física, hasta y consecuentemente, la argumentación y explicación que se da por medio de ésta. Es así entonces, que procederemos con la interrelación Física-Matemática, y posteriormente, el proceso de Fisicización.

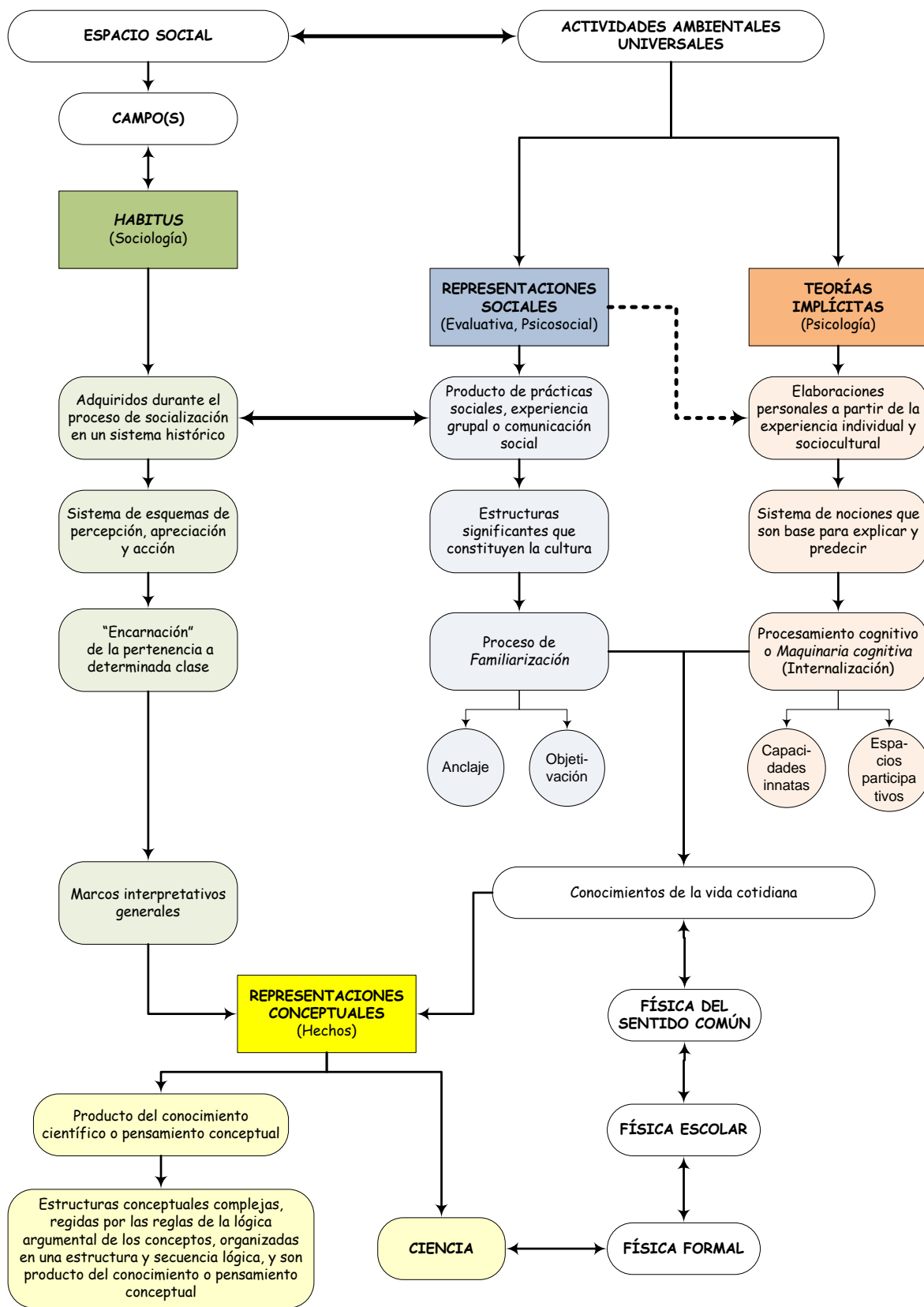


Figura II.2.- Las Representaciones Conceptuales relacionadas con la Física.

2.A. CULTURAL, LA INTERRELACIÓN ENTRE LA FÍSICA Y LA MATEMÁTICA.

En este apartado del marco teórico, se visualizan los constructos de la Física a través tanto de su origen, así como de su interrelación con la Matemática. Para este fin, se parte desde un análisis histórico desde una perspectiva cultural, es decir que, al considerar el contenido histórico de las representaciones conceptuales de la Física, también se toma en cuenta la influencia cultural que conllevan dichas representaciones. Las conclusiones obtenidas, son indicativas de que las representaciones conceptuales relacionadas con la Física y la Matemática, son producto de actividades humanas comunes y universales a toda sociedad, que conforman la cultura de las mismas, que evolucionan, y que emergen como reflejo de una forma de pensar y de interpretar la realidad (Bishop, 1999).

Es así que, para ubicar esta interrelación Física-Matemática en el marco teórico que ocupo para este trabajo, considero como fundamento, la propuesta de Bishop (1999) acerca de las seis actividades universales ambientales —contar, localizar, medir, diseñar, jugar y explicar— que documenta en sus estudios socioculturales sobre la enculturación matemática, y que están presentes en la creación y en el desarrollo cultural de toda sociedad humana. Para Bishop (1999), la cultura es producto de la interacción humana y de la objetivación del mundo, y las diferentes culturas consecuentemente, son resultado de las respuestas dadas con la interacción entre las diferentes manifestaciones físicas y sociales que se dan en el medio ambiente natural y social, a las que los seres humanos se enfrentan como resistencias, y concluye que es la apreciación del entorno físico y social lo que contribuye a la formación de la cultura. Tres de las consecuencias que pueden ser extraída del análisis de estas actividades, una es que son seis actividades y que están presentes en toda sociedad humana; dos, su génesis y desarrollo es idéntica al lenguaje; y tres, es cuando se señala el por qué la Física y la Matemática tienen un origen e historia común en su desarrollo y evolución. Pero, ante todo, él porque hay una unión simbiótica entre ambas desde la construcción de sus conceptos, los cuales el ser humano utiliza para dar explicaciones sobre el mundo que lo rodea, representaciones y explicaciones que articulan todo un universo de significados, medio por el cual se visualiza un mundo externo ordenado, que se materializa y se trasmite como cultura.

Es la presencia y acción de estas seis actividades ambientales, las que propician el desarrollo, por una parte, matemático en las sociedades, símil al desarrollo del lenguaje, por lo que tiene un estatus pancultural (Bishop, 1999). Pero por otro lado, también es posible identificar que durante este desarrollo matemático, se lleva en paralelo la construcción de conceptos físicos, ya que estas actividades universales inician sobre una base observacional y empírica, es decir, sus construcciones conceptuales son originadas por procesos fenomenológicos, lo cual es la base inicial de la Física (Hecht, 1987), y es la fuente de las primeras construcciones conceptuales, dando origen a la física espontánea (Carretero 1996) o *p-prims* (diSessa, 1988, citado por Carretero 1996, p. 25) forman parte y constituyen los conocimientos previos. También se aprecia que en su etapa inicial estas seis actividades universales, se caracterizan por el surgimiento de la Aritmética y la Geometría, y que poseen características empíricas o prácticas, a semejanza a la que tuvieron la Astronomía, la Física, la Química y la Medicina (De la Peña *et al.*, 1998).

Es así, que es posible identificar un inicio conceptual común y un desarrollo paralelo entre los conceptos matemáticos y los conceptos físicos a través de cada una de estas actividades ambientales universales. En la Tabla II.1 (Aldaz, 1992; Bishop, 1999) se resume y se aprecia el desarrollo simbiótico y paralelo entre la Física y la Matemática de los conceptos físicos desde la visión de las seis actividades universales, y que implican conceptos matemáticos, e inversamente, los conceptos físicos implican conceptos matemáticos. Se tiene, por ejemplo, que la actividad universal ambiental de Medir, implica una acción por la cual se comparan propiedades específicas de los objetos generando, por un lado, la cuantificación de dichas propiedades, pero a su vez, da origen a la definición de patrones de medida, construcción de instrumentos y definición de magnitudes físicas como es la longitud. Y que, en su evolución, se asocia a la superficie y al volumen

de los objetos o del lugar donde se habita. Otro ejemplo de ésta interrelación, sería la tocante con la actividad universal ambiental de Localizar, ésta da origen a conceptos medulares de la Física, como son las nociones de espacio, distancia, sistema o marco de referencia, entre otros; todo lo que equivale en matemática a sistemas de coordenadas, punto, recta, y otras propiedades geométricas que se desarrollan en la misma. De manera semejante, se pueden plantear otros conceptos físicos y su interrelación con conceptos matemáticos (formas geométricas-trayectorias, volúmenes, áreas, geometría y diseños, etc.) Es necesario mencionar que estos constructos físicos y matemáticos, tienen características que han sido identificadas en diversas culturas y en diferentes partes de la Tierra (Bishop 1999), características que no se ven afectadas por el desarrollo tecnológico propio que presentan una sociedad en un momento y espacio particular, lo que les confieren su universalidad social. Todas son actividades relacionadas con el entorno y las necesidades humanas.

Otro aspecto a comentar, y que también remarca esta interrelación entre la Física y la Matemática, es la referente o que está relacionada con la historia y evolución que las matemáticas tuvieron principalmente entre la cultura europea y la del Medio Oriente, y que se ilustra en la figura II.2, donde se aprecia y se ilustra las principales etapas del desarrollo de las diferentes ramas de las matemáticas y la visión sobre la cual se elaboraron.

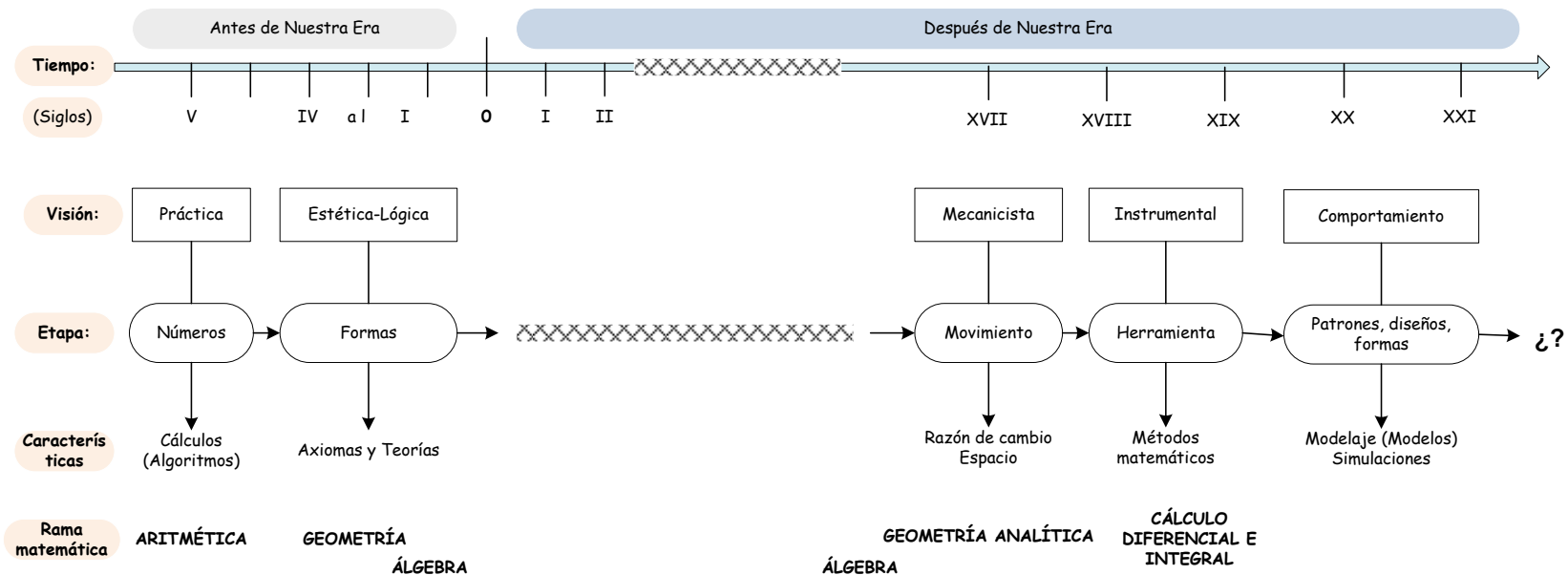
Pero esta simbiosis no siempre se ha identificado claramente en el desarrollo histórico de la Física. Para llegar a otro nivel del desarrollo y abstracción, es necesario plantear cómo a partir de las actividades universales propuestas por Bishop (1999), se tornan los conceptos físicos más abstractos y cómo es que sus interrelaciones son expresadas en forma matemática, buscando esclarecer cómo es que en la actualidad se ha llegado a tener lo que se denomina Física matemática o Física teórica, y por otra parte a la Matemática como tal (Paty, 2006). Otro punto sobre esta interrelación, es que la Matemática constituye tanto el lenguaje, como el instrumento y herramienta operativa, así como el marco teórico que da soporte a la Física, lo que provoca que los conceptos físicos, estén interrelacionados por medio de la Matemáticas, lo cual, como lo expresaba Reichenbach, es “... *el instrumento universal de la Física*” (citado por Bautista, *et al.*, 2004, pp. 5-7).

En todas las culturas, sin importar el grado científico y tecnológico que hubiesen desarrollado, se tienen evidencias de cierta sistematización de las observaciones y conocimientos desarrollados en cierto tiempo y espacio de su mundo circundante o su medio natural (Kline, 1985; Rooney, 2013). Un ejemplo destacado y palpable, es la elaboración de los calendarios dentro de los diferentes pueblos o grupos humanos, en donde se resume una gran cantidad y pluralidad de conocimientos de variados temas: ya sean sobre el clima, las estaciones, sobre la época de siembra, acerca de las observaciones del acontecer del cielo, como son el movimiento de la Luna, los planetas, las estrellas, pero llegando a considerarse que todos estos fenómenos, al interpretarlos o entenderlos, es posible utilizarlos para predecir el futuro de la vida humana y social. Pero un detalle importante es, el que siempre su punto de referencia fue partiendo de considerar a la naturaleza y sus fenómenos como resultado de la manifestación de dioses, lo que les confiere un carácter mágico, incomprensible para el intelecto humano. Pero un cambio de gran trascendencia, sucedió dentro de la civilización griega, y fue el considerar que el mundo, la naturaleza y sus manifestaciones, o el medio ambiente natural, era posible comprenderlo y explicarlo sin necesidad de intervenciones mágicas o divinas, que el mundo y sus fenómenos son comprensibles y es posible conocerlos o descubrirlos con el uso o a través de la mente (Kline, 2000; Martínez, 2001; Rooney, 2013). Bajo este nuevo punto de vista desde la cultura griega, se crea una nueva forma de pensar, y que su trascendencia continúa hasta la actualidad. Nacen de esta manera, los principios que darán origen a las ciencias que actualmente conocemos. Se tiene que, de la visión de considerar una filosofía natural o el estudio de la naturaleza, se llega a la Física tal como se conoce actualmente.

Actividad Universal	Relación con:	Consiste en:	Conceptos que se desarrollan en:		
			Matemática	Física	
1	CON-TAR.	El número	Enumerar y asociar objetos con sistemas numéricos en distintas bases numéricas con ayuda de cuantificadores.	Métodos numéricos, combinatoria, modelos numéricos, representación algebraica.	Métodos numéricos, combinatoria, modelos numéricos, representación algebraica, conteo de sucesos.
2	MEDIR.		Comparar, ordenar y cuantificar cualidades o propiedades de valor, condicionadas por el entorno. Utilización de <i>cuantificadores comparativos</i> .	Ordenación, errores, promedios, múltiplos, submúltiplos, unidades básicas, conceptos de precisión, exactitud, estimación. <i>Cuantificadores comparativos</i> .	Longitud, área, volumen, tiempo, temperatura, peso, unidades de medida (convencionales, estándares o sistema métrico), instrumentos de medición, estimación, aproximación; pesado, largo, lento. Magnitudes o cantidades físicas.
3	LOCA-LIZAR.	La estructuración espacial	Métodos para codificar y simbolizar el entorno espacial; ubicación de alimento o refugio, relación del humano con el espacio circundante, tomando como puntos principales de referencia: el Sol, la Luna, las estrellas, la Tierra. <i>Generación del espacio socio-geográfico</i> .	Coordenadas, líneas, puntos, ángulos, vectores, círculos, elipses, mapas, escala, formas.	Posición, cambios de posición, velocidad, aceleración, espacio, movimiento lineal y circular. Enfatiza la geometría espacial y el movimiento controlado y puntos de referencia.
4	DISE-ÑAR		Construcción de objetos para satisfacer necesidades materiales, espirituales y de convivencia, transformando la naturaleza (el barro, la madera, la cantera) en algo totalmente distinto. La importancia recae en el llamado "Plan de acción" y en el "Proceso de abstracción".	Proporción, formas geométricas y sus propiedades, tamaño, color, semejanza, congruencia. Implica imaginar a la naturaleza sin las partes "innecesarias" (<i>análisis</i>), para abstraer las formas.	Tipos de materiales, propiedades físicas (sólido, líquido, gaseoso, forma, color, tamaño, etc.) y necesidades que pretende cubrir o satisfacer (herramientas, armas, materia prima).
5	JUGAR.	Las actividades sociales	Representa una forma de abstracción de la realidad. Se ubica entre lo real y lo irreal de lo establecido y lo circundante.	Estimación, predicción, indagación, conjeturar, pensamiento lógico, modelar, azar.	Estimación, predicción , indagación y hacer conjeturas sobre la acción propia y la del contrario, modelos, azar.
6	EXPLI-CAR.		Satisface la necesidad de dar respuestas a preguntas relacionadas con la experiencia que tiene el ser humano con su medio ambiente, con las interrogantes sobre el Universo y su ubicación dentro de él. Busca la unidad dentro de la diversidad, la simplicidad dentro de la complejidad, el orden dentro del caos, la regularidad dentro de la irregularidad de los cuentos, historias y leyendas, mitos y tradiciones.	Construcción de argumentos. Utiliza las relaciones de similitud principalmente, la clasificación y el relato como tal, o como narración o historia. Construye modelos o sistemas lógicos, sin contradicciones internas.	Construcción de argumentos. Respuesta a preguntas relativamente simples: ¿Cuántos?, ¿Dónde?, ¿Cuánto?, ¿Qué?, ¿Cómo? Y a la pregunta compleja: ¿Por qué? Relaciones entre los fenómenos, sus causas y sus efectos. Este proceso, cada vez más desarrollado, conduce a la elaboración de conceptos y de modelos que desembocan en la "búsqueda de una teoría explicativa".

Tabla II.2. Las actividades universales ambientales propuestas por Alan Bishop (1999) que contribuyen al proceso de creación de la Cultura. (Aldaz, 1992; Bishop, 1999)

Historia de la Física y las matemáticas



Mariano López de Haro (Bautista et al., 2004, pp. 5-46)

Figura II.3.- Historia y desarrollo de las matemáticas y su interrelación con procesos físicos (Bautista et al., 2004)

Dentro de esta transformación del pensar, también es posible apreciar la evolución que van sufriendo los diferentes conceptos físicos, así por ejemplo, en sus inicios se pueden citar las ideas sobre el movimiento asociado a la actividad universal de localizar, concepto que alcanzan mayor abstracción cuando se derivan otros, tales como velocidad y aceleración, con lo cual se llegan a dar origen a modelos que explican los sucesos en la Tierra, como en el espacio exterior a ella o Cosmos, lo que da una idea del gran alcance y revolución de esta postura de pensamiento. Pero aunado a esta abstracción y desarrollo conceptual dentro de la Física, se observa también que en su evolución va sucediéndose con el apoyo matemático que se utiliza para fundamentar, representar y manipular sus conceptos. Con este antecedente y visión, se prosigue en la construcción del marco teórico de esta investigación, al interrelacionar estas últimas conclusiones con los resultados obtenidos en los estudios de Cantoral (2001), donde se abordan problemas sobre el aprendizaje de las matemáticas desde un acercamiento socio-epistemológico. Sus resultados resaltan y sustentan esta simbiosis de la Física y la Matemática, la cual la plantea desde la epistemología.

Por lo tanto, aquí se llega por otro camino, lo que se planteó con el apoyo en los estudios de Bishop (1999) y sus actividades universales, pero se da un paso más, ya que, en sus estudios, Cantoral (2001) distingue y define dos nociones de suma importancia que se apoyan en la tesis de la simbiosis y, además dan soporte al marco teórico de este trabajo, ya que son los que unen y a su vez, individualizan como ciencias a la Física y a la Matemática. Estos constructos son: *El Praediciere*, que está asociados a la noción de predicción, lo que es una característica fundamental del campo de la Física; y a *La Analiticidad* o lo *Analítico*, relacionado con el análisis matemático y al proceso de matematización, ambos procesos fundamentales en el campo de la Matemática. Desde un punto de vista epistemológico, se tiene entonces, que estos dos conceptos evolucionan conjuntamente y posteriormente se individualizan, apuntalando así la tesis de la evolución conjunta de la Física y la Matemática.

Por una parte, la noción de *El Praediciere* del campo de la Física, evoluciona hacia la predicción por lo que se puede decir que:

“... la acción intelectual del sujeto epistémico sobre los datos fácticos para establecer patrones de regularidad en el comportamiento de aquello que ha de predecirse, acción que tiene efecto durante el conocimiento de las explicaciones funcionales de los fenómenos de flujo continuo en la naturaleza. Es aquello que, en síntesis, nos permite predecir.” (Cantoral, 2001, p. xvii).

Y al cual lo caracteriza al constituirlo por tres momentos o etapas, las que reflejan la evolución de la misma noción (Cantoral 2001):

- 1º) *El Praediciere* como esquema. Se caracteriza por dos aspectos: la construcción de tablas de valores numéricos que constan de colecciones finitas de valores obtenidos, o que se refieren exclusivamente al objeto o situación que se observa; son datos empíricos particulares, y con los cuales se puede realizar, ya sea una interpolación o extrapolación de valores, así como la obtención de ecuaciones o expresiones matemáticas cuasi-empíricas, con variables continuas y que no son resultado de una deducción matemática formal.
- 2º) *El Praediciere* como modelo. Es el paso superior del anterior. En esta etapa, su evolución se da cuando se añade una estructuración a las ecuaciones cuasi-empíricas o sobre los resultados de la Matemática como estructura simbólica deductiva, que las lleva a un estado cuasi-universal dentro de un marco integrador, que permite “reconocer el todo, con solo mirar la parte” (Cantoral, 2001). Se logra por medio del reconocimiento de una unidad fundamental y permanente en las expresiones matemáticas. Las tablas de datos quedan en un nivel secundario, y ya no son tan necesarias para el estudio.
- 3º) *El Praediciere* como teoría. En este contexto, los resultados de los dos anteriores se incluyen en un marco racional de organización que indica un marco teórico, en el cual se

incluyen nuevas presentaciones de las ideas ya concebidas, las que quedan “ocultas” de la significación primera que tuvieron en las anteriores etapas. Este contexto, que está asociado al proceso educativo como parte medular del Plan y Programas de estudio (2011), se asocia con pseudomomentos de formalización y, los cuales, pueden llegar a ser sostén de diversos paradigmas educativos.

Por el otro lado, la noción de *La Analiticidad* o de Análisis, que está presente y se hace patente durante el proceso por el cual se lleva a cabo la elección y discriminación de determinadas cualidades de un objeto o fenómeno para caracterizarlo. Esta elección se hace con la consideración de elegir las características que se consideran de mayor representatividad de dicho objeto o fenómeno, y con las cuales es posible individualizarlo, además implica la simplificación al restringir el número de variables necesarias para la creación de modelos y en hacer las predicciones, pero que permiten la construcción de teorías (Carrión y Arrieta, 1998). Este proceso de análisis se define de diferentes maneras, ya sea como abstracción (Cantoral, 2001), como simplificación del objeto de estudio (Morín, 1995), o como análisis matemático y matematización de la problemática (García, 2011), considerados estos dos últimos como procesos e instrumentos contenidos dentro del campo de la Matemática, y que “*su expresión funcional inmediata, es aquella que representa a la clase de funciones analíticas*”, (Cantoral, 2001) como se representa en la figura II.4.

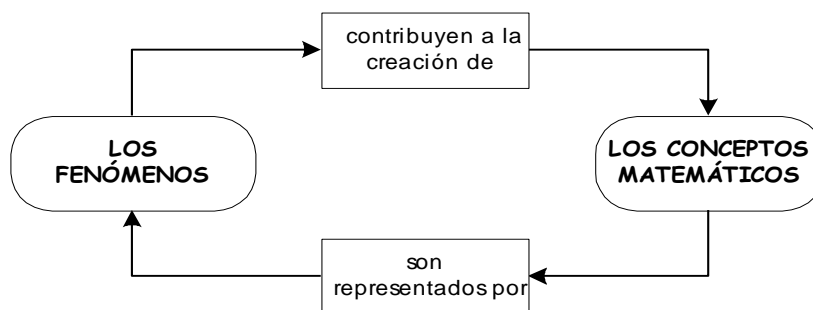


Figura II.4. Circuito del proceso de matematización y de modelación (Carrión y Arrieta, 1998)

Estas funciones son consideradas como la abstracción de cierto fenómeno físico en estudio, pero que se ha transformado y trasladado al campo matemático, y por medio del cual, se llega a matematizar dicha situación o fenómeno natural. Avanzando en este sentido, y con apoyo de otras investigaciones relacionadas con esta postura teórica de representar la interrelación Física-Matemáticas, se llega a definir de forma explícita los conceptos físicos a través del concepto analítico de función, perteneciente al campo de la Matemáticas (Camacho, 1994). Bajo esta perspectiva, el concepto matemático de análisis se encuadra en el proceso de la matematización de la naturaleza, que considera como punto de llegada o finalidad a alcanzar a la siguiente proposición:

$$f(x) \approx \text{fenómeno físico}$$

En donde, “ $f(x)$ ” representa una función matemática, el símbolo “ \approx ” se utiliza para indicar que se lleva a cabo una aproximación, y la última parte, se refiere al fenómeno físico que se desea matematizar o representar a través de esa función matemática. Cabe aclarar, que esta representación matemática, como lo indica el símbolo, es solamente una aproximación al comportamiento del fenómeno físico bajo estudio, pero que constituyen la base para la construcción del argumento y de la explicación física. Es decir, caracteriza el tipo de explicación y argumentación que se construye en la Física.

Contenida en esta función matemática, hay varios aspectos que sirven como base a considerar en su construcción: la variabilidad en los valores (ya sean que se representen en forma

numérica o gráfica, por ejemplo), su representación matemática (algebraica, trascendental, por ejemplo), así como la modelación o simulación del fenómeno físico por medio de las relaciones funcionales entre las variables que caracterizan a determinado fenómeno físico (Camacho, 1994). En este punto, la matematización es ampliada, dando origen a campos de estudio combinados, como son la Mecánica Racional o Física-Matemática (Cantoral, 2001). Estos desarrollos están comprendidos en las otras dos vertientes con que está construida la Física: la Mecánica Analítica desarrollada por Lagrange, y la Física Hamiltoniana, propuesta por Hamilton, ambas diferentes formas de replantear la Física Newtoniana o Física Clásica. Son estos dos desarrollos, los que afianzaron el marco conceptual matematizado o lógico-matemático de la Física Clásica.

Otras investigaciones que también sirven como apoyo en la construcción del marco teórico de este trabajo, son las hechas por Carrión y Arrieta (1998), en las cuales se abordan problemas pero en sentido inverso, es decir, sobre las dificultades de relacionar la Matemática con las Ciencias Naturales en general, pero parte desde: (a) la perspectiva de utilizar la modelación matemática —a semejanza de Mochón y Rojano (1998)— (b) los contextos en que se estudia y enseña las Ciencias Naturales (natural, teórico y educación) y (c) de las representaciones semióticas o de significados de los conceptos asociados a los fenómenos físicos. Estos autores consideran como sistemas semióticos a la representación verbal, numérica, gráfica y geométrica, los cuales los unen con la modelación matemática del fenómeno físico, siendo en esta unión, donde se presenta y se enfatiza la interrelación entre Física y Matemática, es decir, donde se tiene la simbiosis a través de los procesos de matematización y de modelación (Fig. II.5).

A manera de resumen, sobre la construcción del marco teórico del presente trabajo a partir de la simbiosis entre la Física y la Matemática, se tienen los siguientes referentes teóricos:

- La simbiosis entre la Física y la Matemática se origina dentro y es consecuencia del proceso de construcción de la cultura o ambiente cultural que se produce en una sociedad, y que las bases para ello, están contenidas en las seis actividades universales ambientales propuestas por Bishop (1999).
- Las características epistemológicas que tienen las denominadas *p-prims* o Física Espontánea —tales como su universalidad, el no ser idiosincráticas o independiente de una cultura en particular, el ser persistentes en el tiempo, y de ser difíciles de modificar (Driver, et al., 2000)—, son las que constituyen y dan forma a las representaciones conceptuales o marco conceptual, y su importancia estriba en ser el medio que condiciona y caracteriza el actuar de los humanos, ya sea como grupo o individualmente. Estas construcciones cognitivas, en un primer momento, se consideran producto de la acción de las actividades universales ambientales en cualquier grupo humano, y consecuentemente, en la construcción de su cultura, lo que da origen a todo el bagaje de conocimientos previos que manifiesta cualquier persona durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- Su influencia es determinante en el proceso de enseñanza-aprendizaje significativo de la Física, ya que se ha encontrado que por sus características citadas, representan los conocimientos previos y el obstáculo epistemológico, y que se contraponen al conocimiento formal de la Física (Carretero, 1993; Lara-Barragán, 1995; Carrión y Arrieta, 1998; Mochón y Rojano, 1998; Cantoral, 2001), y consecuentemente, al desarrollo de una competencia científica, caracterizada por un pensamiento científico, el cual se basa en la explicación y argumentación informada, crítica y apoyada en evidencias, tal como se plantea en los estándares educativos del Plan y Programa de Estudios (SEP, 2011)
- Dentro del campo educativo, se considera como ventaja o auxiliar didáctico el uso de esta simbiosis para llevar a cabo el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, como de la Matemáticas, lo cual tiene un valor educativo como estrategia didáctica (Carrión y Arrieta, 1998; Mochón y Rojano, 1998).

Pero, ante todo, no se debe perder de vista lo que se considera como lo de mayor importancia, que el aprendizaje de la Física se lleve a cabo o se construya y se apoye en la Matemática, no solamente como una relación simbiótica, sino como el marco conceptual que le da sostén al conocimiento, explicación y argumentación física del mundo (SEP, 1993; SEP, 2001; SEP 2011).

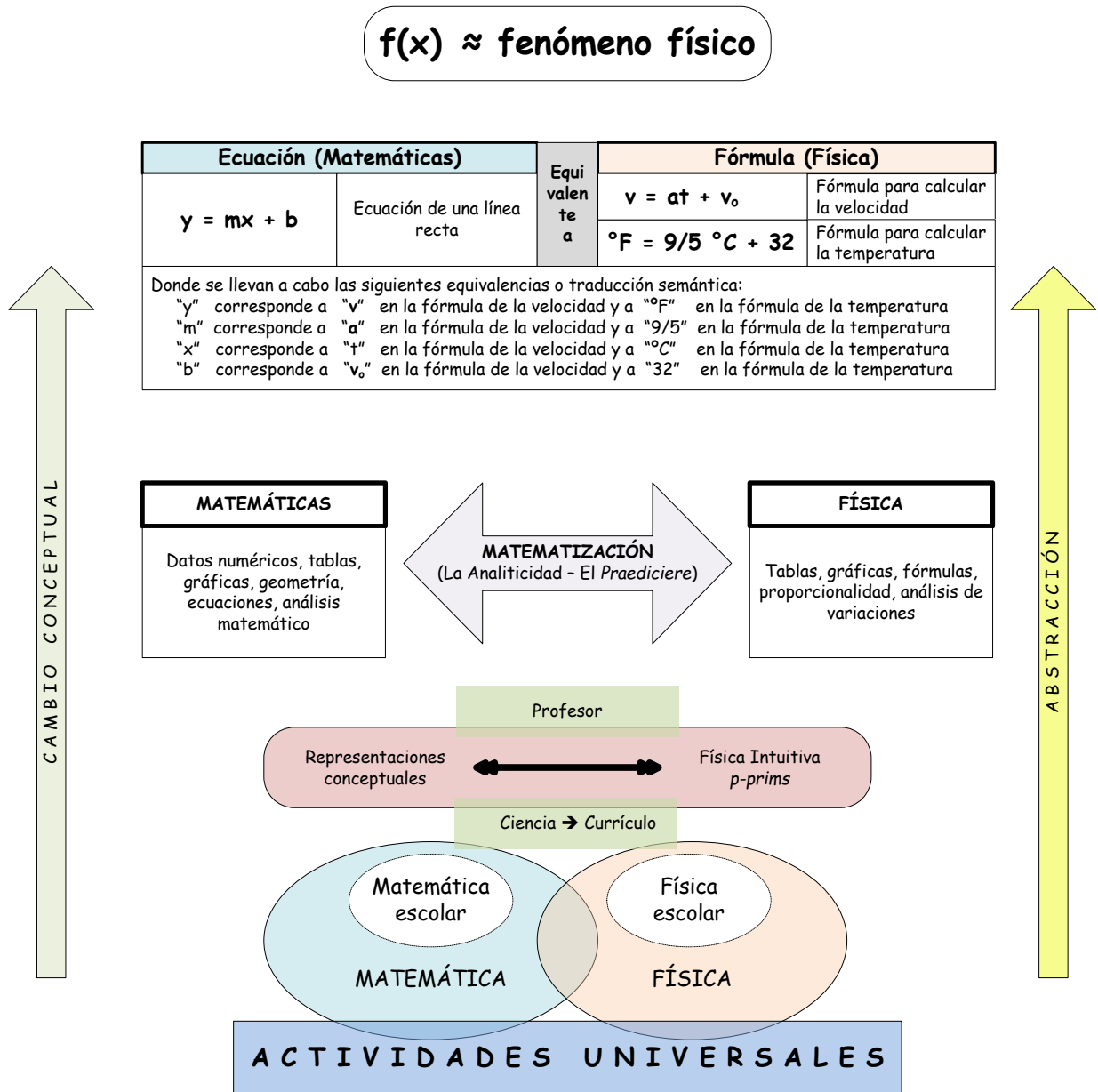


Figura II.5. Interrelación del proceso de matematización y las RC del profesor.

2.B. EL PROCESO DE “FISICATIZACIÓN”.

Para abordar el soporte teórico acerca sobre la explicación y argumentación física, considero que antes se debe discutir la epistemología de la Física, ya que esto da claridad para entender, tanto la interrelación que existe entre ambas ciencias, como el soporte conceptual para la explicación y argumentación física. Considero que a semejanza del proceso de matematización, y como una consecuencia de la simbiosis entre la Física y la Matemática, se discurre un proceso semejante en

el campo de la Física, dado que la Física construye sus representaciones conceptuales o marco teórico por medio de un proceso claramente definido, donde se aprecian cada una de las etapas de construcción, desde su inicio hasta llegar a tener un constructo físico formal, es decir, un concepto validado dentro de su campo de estudio. Tal proceso se esquematiza en la figura II.3, donde, además, se indican las etapas del proceso de matematización que le acompañan (Hecht, 1987; Cantoral, 2001). A este proceso le daré el nombre de “fiscatización”, símil al proceso que tiene la Matemática al construir sus objetos o conceptos, y que se le conoce como matematización.

El proceso de fiscatización (fig. II.6) inicia con las observaciones que se hacen de los fenómenos que acontecen en nuestro alrededor (como es la sucesión del día y la noche, la temporada de lluvias, la dureza de los materiales, su transparencia, lejanía y ubicación del alimento, etc.), y que están asociadas a las actividades universales ambientales de contar, medir localizar, diseñar, etc., (Bishop, 1999). Estas observaciones son estímulos percibidos vía los sentidos, ya sea de forma premeditada, controlada o experimental, o por accidente, y se da a nivel principalmente fenomenológico. Dichas observaciones se registran, pero desde el punto de vista de la Física, se selecciona o se considera una cierta información característica del fenómeno, que se identifica bajo el nombre de propiedad, y se agrupan bajo el nombre de datos. Es decir:

“... los datos, el registro de nuestras percepciones, son recogidas en física para revelar, confirmar y determinar el alcance de una ley —raramente, si alguna vez ocurre, como un fin en sí misma— Esto se hace con reglas, relojes, metros, telescopios, balanzas y espectroscopios —con todos los aparatos del oficio.” (Hecht, 1987, pp. 10-16)

Pero este registro no es meramente anecdótico o circunstancial. Además, la información se recolecta y se registra con el auxilio de instrumentos, es decir, con interfaces para llevar a cabo la observación, la experimentación y la asignación o correlación de ciertos valores numéricos (cuantificación) de cierta propiedad determinada o elegida con cierto número, definido con la comparación de un patrón y una serie de procedimiento. Se puede decir que ésta es la secuencia básica:

“... datos, ley teoría. Pero la cosa no acaba ahí; una vez que estamos moderadamente satisfechos, la ciencia no cierra sus ojos a la naturaleza tentativa de su formalismo. [...] datos, ley, teoría —comprobados y vueltos a comprobar— predicciones, discrepancias, refinamientos, nuevas imágenes, nuevas leyes, nuevas teorías, nuevos entendimientos.” (Hecht, 1987, pp. 10-16).

Es así, que cuando se estudia determinado fenómeno físico, éste se define o se individualiza:

- 1) Con base en ciertas propiedades elegidas y que lo caracterice unívocamente.
- 2) Especificando el proceso para asignarles un número, así como el instrumento que se ha utilizado para llevarlo a cabo.
- 3) Con un nombre específico y único, evitando la ambigüedad y la polisemia lo más posible.

Este proceso de definición de propiedades dentro de la Física, recibe el nombre de “definición operativa” (Hecht, 1987; Serway y Jewett, 2008) ya que, para identificar y definir una propiedad en particular, se indica un proceso de medida o comparación con algún patrón o unidad: *“[...] A fin de cuentas, nuestras definiciones de [...] serán operacionales y dependientes de patrones y evitarán lo que no es mensurable.”* (Hecht, 1987, p. 107). En el momento de tener definida estas propiedades e identificadas como magnitudes físicas, se les asigna un nombre único y un símbolo para representarlas, que comúnmente es una letra de su nombre, y las relaciones que se observan o deducen que tienen estas magnitudes se expresan mediante relaciones matemáticas (Tippens, 2011). Todo

este proceso cristaliza en lo que se denomina fórmula o ecuación física y que, a su vez, es considerada como un modelo o una hipótesis viable, que llega a transformarse en teoría científica según se vaya contrastando con experimentos, resultados y predicciones. Pero su aplicación es de mayor amplitud, ya que actualmente se ha llegado a transformarse en guía para investigar, explicar y predecir situaciones o cambios de dicho fenómeno físico (De la Peña, 1998), además que, a través y con ayuda de estas expresiones, es posible modelar y simular su comportamiento (Mochón y Rojano, 1998).

Estas expresiones matemáticas o modelos (Serway, 2008), reciben el nombre de fórmulas o ecuaciones físicas, y se construyen concretamente a partir de cuatro situaciones que se dan dentro del campo de la Física:

- a) Como resultado de la actividad experimental, tal como sucede por ejemplo con:

$$\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$$

en donde: “**F**” significa fuerza, “**m**” significa masa y “**a**” significa aceleración, y expresa que la fuerza es igual a la masa por la aceleración. Se confirma a través de la experiencia y son verificables, consideradas como verdades *a posteriori*.

- b) Como resultado de una definición, tal como se planteó en los incisos del (1) al (3) anteriormente, y por ejemplo se tiene:

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{x}}{t}$$

En donde: “**v**” significa velocidad; “**x**” desplazamiento y “**t**” tiempo. Expresa que la velocidad es igual al desplazamiento dividido entre el tiempo.

$$p = \frac{\mathbf{F}}{A}$$

En donde: “**p**” significa presión; “**F**” fuerza y “**A**” es igual a área. Expresa que la presión es igual a la fuerza dividida entre el área donde se aplica.

- c) Cuando una magnitud o cantidad física se deduce, se expresa o se define como una combinación matemática de otras cantidades consideradas como fundamentales. Como ejemplo se tiene el siguiente:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

En donde “ ρ ” (rho) significa densidad, “**m**” significa masa y “**V**” volumen. Se tiene entonces que la densidad es igual a la masa del cuerpo dividida entre el volumen del mismo.

- d) Como resultado de aplicar métodos matemáticos o el método lógico-deductivo, como es el caso de:

$$p = g \cdot \rho \cdot h$$

En donde “**p**” es igual a presión; “**g**” es la aceleración de la gravedad; “ ρ ” es la densidad del fluido y “**h**” es la altura a la que se halla el fluido que ejerce la presión. Además, se puede argumentar que:

$$p = g \cdot \rho \cdot h \text{ es equivalente matemática y físicamente a } p = \frac{\mathbf{F}}{A}$$

Esta fórmula es resultado de la transformación matemática de la expresión $p = \frac{\mathbf{F}}{A}$ dada en el inciso (b). En estos casos, otra propiedad que heredan los objetos físicos, es la axiomatización de los objetos matemáticos, ya que se construyen por definición, sin ningún referente físico o concreto (Serway, 2008).

Se encuentran dentro de este proceso, detalles de gran importancia, ya sea para la comprensión de la Física como ciencia, como para su consideración e influencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la misma. Entre estos detalles, los más significativos están planteados por Cantoral (2001) bajo el nombre de nociones: el primero, que le dio el nombre de *El Praediciere*, y sus tres etapas de evolución —como esquema, como modelo y como teoría— lo que está indicado en la figura II.3. El segundo, *La Analiticidad*, o la transformación de esos datos y relaciones a objetos matemáticos, heredando así, todas las propiedades que tienen dentro de este campo de la ciencia. Esta transformación considera en primer momento, transformar las palabras con que se describen los fenómenos a símbolos individuales y únicos, como es el caso de la propiedad de volumen, que se representa por la letra “V”, o la aceleración de la gravedad, que se representa por la letra “g”, y que además lleva un valor predefinido (equivalente aproximadamente a 9.81 m/s^2) a través de la experimentación y medición.

Se observa que desde que inicia el proceso de fisicatización, está presente la simbiosis entre la Física y la Matemática, en donde se tiene que los datos físicos son generados, a través de las actividades universales ambientales (Bishop, 1999), las cuales son la vía por la cual el humano se integra a su medio ambiente, lo que propicia la observación con la intención de afrontar dicha integración. Pero en estas observaciones, se tiene la presencia de la Matemática, al ser la ciencia auxiliar para cuantificarlas, registrarlas y sistematizarlas.

En la figura II.3, se resume todo este proceso de fisicatización, desde su inicio, hasta transformarse en conocimiento aceptado por la ciencia formal. Cabe mencionar que, durante todo este proceso, cuando se desea formalizar dicho conocimiento, el papel de la experimentación, la predicción y el análisis matemático, son las guías y las que determinan la validez de dicho conocimiento, es decir, son el criterio de verdad, y son además los que guían el criterio de contrastación y verificación dentro de la Física.

3. LA EXPLICACIÓN FÍSICA.

Otro componente del objeto de estudio y parte de este marco teórico, es el concepto de explicación física. En la Física, y en la ciencia en general, toda explicación está construida en el marco de un lenguaje específico, que interrelaciona conceptos, significados, formas de observar y formularse preguntas. En consecuencia, para aprender Física, es necesario internarse en este campo de relaciones, teniendo presente que el término o concepto “explicación” es utilizado para dar cuenta o describir el cómo y el porqué de los fenómenos que se estudian. La explicación en Física se fundamenta en emplazar o ubicar la relación de los modelos y teorías físicas con la descripción de los fenómenos físicos (Espinosa *et al.*, 2009), entonces en general se tiene que “*La explicación científica deberíamos encontrarla en términos de los modelos [...]*”.

A partir de las seis actividades universales, se observa que la explicación es en sí parte directa de una de ellas, y que está relacionada con y hacia las actividades sociales, la cual tiene el nombre de explicar y corresponde a la actividad universal número seis de la tabla II.2. Entonces, se tiene que la explicación es la necesidad de dar respuesta a preguntas buscando dar un orden, una coherencia o una unidad a lo que se percibe como realidad y se presenta como un caos (Bishop 1999), o para llevar a cabo predicciones (Wagner y Flores-Palacios, 2010). En Física, y para la ciencia en general, la explicación es una teoría o modelo, y es la justificación racional de una ley o leyes (Hecht, 1987). Así en la Física, se entiende como explicación al proceso de construcción de modelos funcionales (en el sentido matemático) o válidos para un cierto conjunto de fenómenos físicos. Modelo en donde se hallan interrelacionados conceptos, datos, hechos, experimentos, observaciones del mundo real o exterior y las evidencias, todo lo cual está interrelacionado y se rige por un esquema que incluye lo causal, la noción de ley natural, la estadística y el azar (Piaget y García, 2008; Martínez 2001).

Un camino para llegar a comprender esta conceptualización de lo que es la explicación física, se puede a través de conocer la evolución que ha sufrido, y que es posible identificarlas a través de las siguientes etapas (Martínez, 2001):

- Primera etapa o las bases iniciales. Se ubica en el siglo VI antes de nuestra era, y nace dentro de la cultura griega. Es donde se tiene la simiente de la explicación científica, la cual es originaria de las tradiciones del pensamiento griego denominadas como teórico-especulativas y las empíricas (Martínez, 2001). Estas dos formas de pensamiento tienen como idea central, el de rechazar dentro del estudio de los eventos o fenómenos naturales los factores, pensamientos o ideas relacionadas con causas sobrenaturales, mágicas o religiosas, y aceptar en su construcción solamente las relacionadas con principios naturales y que tengan un carácter general (Kline, 1986; Martínez, 2001). Para esto, los principios para ser considerados naturales deben de:
 - (a) Ser extraídos, derivados o deducidos de la información que se obtiene a través de los sentidos y por medio de la acción de observar o experimentar, de tal forma que la explicación se fundamente en causas captadas en el mundo natural y asociadas a la experiencia sensorial en cierto grado (Kline, 1986).
 - (b) Estar asociados a los primeros intentos de fundamentar el conocimiento en principios matemáticos, siendo los pitagóricos a quienes se les considera como los primeros en intentar y lograr un avance en este sentido o matematización de la naturaleza (Martínez, 2001).

Estas características del estudio de la naturaleza y de la explicación construida en el mundo griego, es una síntesis de los aportes importantes y definitorios dados por las propuestas de los filósofos griegos, que cristalizan en la fundación de diferentes escuelas, entre las que destacan la creada por Platón, la cual es una síntesis y desarrollo de los aportes de Anaximandro, Parménides, Pitágoras, Leucipo, Demócrito, Sócrates, entre otros. Es Platón

el que enuncia que una explicación es el resultado de un cuestionamiento sobre los acontecimientos de la naturaleza, pero este cuestionamiento se lleva a cabo con ayuda de un método, además plantea que la información obtenida a través de los sentidos no es totalmente fidedigna para entender la constitución y comportamiento del mundo natural. La idea de un método de investigación, sienta los fundamentos del pensamiento hipotético-deductivo. Esta visión sobre la explicación del mundo natural, Anaxágoras lo resumió como “*la razón gobierna el mundo*” (Kline, 1986, pp. 8-21). Toda esta escuela o línea de pensamiento, llega a su máximo desarrollo (tanto con la explicación, como con la argumentación), con Aristóteles, que da forma al método y lo transforma en un sistema deductivo axiomatizado, que considera a los axiomas como parte del argumento que fundamenta a la explicación, a un número finito de demostraciones interconectadas (Martínez, 2001). Las características y aportaciones que hace sobre el estudio del mundo natural y la forma de explicarlo, están unidas con las explicaciones teleológicas o explicaciones de causas finales, sobre todo cuando las propiedades del objeto de estudio son no agregativas en relación con las propiedades de sus partes. Con esto, marca el carácter de la explicación científica, y especialmente la relacionada con la Física, al darle a esta última, las características reduccionistas y agregativas de su método y de la construcción de leyes universales fundamentales de la naturaleza (Martínez, 2001). Por último, se tienen otras aportaciones de otras tradiciones de pensamiento griego desarrollado en otros campos que cultivaban, y que por su importancia e influencia en la explicación científica se agrega. Esta es la tradición hipocrática y su método de la medicina, caracterizado por ser ante todo empírico y exacto, dando así las bases para las ideas germinales de que “*explicar requiere convertir los efectos en causas*” (Martínez, 2001, p. 43)

- Segunda etapa. En esta se ubican las primeras interrelaciones entre la ciencia y la tecnología. Es durante la Edad Media, después de la caída del Imperio Romano. Hay una disminución en la actividad intelectual bajo esos parámetros, reduciéndose principalmente la actividad intelectual a la mera transmisión del conocimiento conocido y almacenado, entre los que figuran principalmente ciertos autores griegos, y el que destaca por su influencia y permanencia es Aristóteles. Durante esta etapa, se reconocen dos tradiciones de pensamiento principalmente (Martínez, 2001): la que se denomina como “conocimiento alto”, que es en donde se engloba todo este conocimiento adoptado de la antigüedad; y el “conocimiento bajo”, conocimiento relacionado principalmente con las actividades ligadas con los artesanos, los médicos y los ingenieros. Este último tipo de conocimiento fue el que, al paso de la evolución social, tomó importancia al dar pie al desarrollo de la tecnología que se aplicaba en estas sociedades.
- Tercera etapa. La Revolución Científica, ubicada en los siglos XVI y XVII, de tal empuje e influencia, que da una revaluación al conocimiento y a la tecnología en la sociedad. Es en esta etapa, donde se sentaron las bases para la revolución y síntesis científica, a través de las contribuciones de Galileo, Bacon, Descartes, Newton, entre otros, sobresaliendo el trabajo para la unificación de la Física —conocimiento bajo— con la Matemática o conocimiento alto (Martínez, 2001), y que es en la etapa donde también se identifican históricamente las nociones de *El Praediciere* y *La Analiticidad* (Cantoral 2001). Es posible decir que, en esta etapa, es donde se da, por una parte, la síntesis simbólica entre la Física y la Matemática, elaborada principalmente por Descartes utilizando el modelo de explicación basado en lo que se considera dentro de esta línea de pensamiento como leyes y procesos naturales y universales. Y, por otra parte, se tiene a Galileo y Newton, que son los que construyen la síntesis entre la Física y la Matemática por medio de “*modelos matemáticos que proporcionan una interpretación de resultados experimentales*” (Martínez, 2001, p. 51). Esta etapa llega a su consolidación con los trabajos y aportaciones de Leibniz, Locke y Hume, que llevan a fundamentar

a la explicación en leyes naturales y universales y a la relación entre causa y efecto (Martínez, 2001), todo lo cual se puede resumir como una mecanización del mundo o el mundo conceptualizado como una máquina, y la consolidación y búsqueda del desarrollo tecnológico, tanto el conocido como el que se obtuvo con la aplicación de los principios científicos. Ejemplos característicos, son la concepción del tiempo y como medirlo, el mejoramiento de la relojería al construir dispositivos con mayor exactitud y resolución de los problemas de navegación a través del mundo, a la par de la revisión, corrección y mejora de los calendarios utilizados.

Hasta aquí, las tres etapas indicadas se consolidan, proporcionando ventajas a las naciones que lograron apropiarse de estos conocimientos, avances y tecnologías. También destaca que, por la influencia de estos cambios, se llevan otros de igual importancia en los programas de estudio, como es la reforma de Clavius dándole mayor importancia a las matemáticas en el Colegio Romano, así como sucede en otros centros escolares de renombre, como el de *La Flèche* en Normandía, *Würzburg*, entre otros (Martínez, 2001). Este tipo de explicación recibe el nombre de explicación por inferencia de tipo *regressus*, y sus características son (Martínez, 2001):

- (a) Establece la autoevidencia de los principios, ya fueran matemáticos u observaciones en la física.
 - (b) La división de las ciencias. Las explicaciones se construyen de acuerdo al fenómeno que se estudia en particular, sin tener la pretensión de generalizar y sistematizar en un patrón explicativo una gran cantidad de fenómenos naturales.
 - (c) La posibilidad de aplicar el proceso para convertir efectos a causas.
 - (d) La información obtenida a través de la experimentación, son equivalentes a leyes experimentales, leyes de la naturaleza o leyes derivadas de los fenómenos. Se dan los pasos desde la robustez sensorial al de robustez fenoménica.
- Cuarta etapa. Se ubica en los siglos XVII y XVIII, caracterizada principalmente por las contribuciones de Locke, fundadas en la premisa que todo ocurría en la mente a manera de ideas, las cuales las clasificaba en simples y complejas, y que son solamente descripciones útiles, sin poder explicativo. Además, pregona que estas descripciones (más que explicaciones) debían ser concisas, diferentes del uso acrítico y vago del lenguaje ordinario, poniendo en duda, el poder acceder a la esencia de las leyes naturales. Otras aportaciones y críticas son las de Hume, el cual es aún más tajante que Locke, ya que pregona la idea que ninguna regularidad tiene conexiones necesariamente con la naturaleza de los fenómenos, ya que la naturaleza es independiente de nosotros mismos. Sus puntos de partida son (Pozo, 1994; Martínez, 2001):
- (a) La diferenciación que hace entre conocimiento y opinión.
 - (b) La incorporación del razonamiento probabilístico.
 - (c) El abandono a las denominadas inferencias causales.

Es también en esta etapa, cuando nace y constituye a la Sociedad Industrial, creándose una estructura social bajo la filosofía positivista, utilitaria y mecanicista, dando forma a la racionalidad instrumental, donde el mundo se encuadra entre tres aspectos: Es posible reducir o simplificar el objeto de estudio (Reduccionismo), el funcionamiento del mundo se aprecia enmarcado en un funcionamiento preciso y predecible (Mecanicismo), y es posible aprehender la realidad externa (Positivismo). Los valores que la rigen son: la explotación, el consumo, la competencia, el control y el crecimiento lineal.

- Quinta etapa. Aún con los aportes en contra realizados por Locke y Hume, la explicación desarrolla y alcanza su permanencia hasta inicios del siglo XX, como el tipo de explicación

científica de gran alcance y uso, fortaleciendo la idea de Newton de *vera causa* o de causa verdadera, de la cual se parte para establecer el paso de efectos a causas, y a una generalización con base en la similitud entre cadenas causales, y que actualmente se sigue considerando como patrón o método de toda la actividad científica.

Aún y después de los cambios tan radicales que se dan en la Física en las dos primeras décadas del siglo XX, cuando el azar y la probabilidad se consolidan en la explicación física, ésta ya con la estructura de un relato, narración o historia, constituye modelos y sistemas lógicos, donde no hay contradicciones internas, y en donde es posible distinguir las siguientes características (Ogborn *et al.*, 1996):

- 1) Consta de un conjunto o reparto de actores, en donde cada uno de ellos posee características propias que los individualizan o los hacen únicos, y por otro parte, se les considera que actúan con independencia de nuestra voluntad y pensamiento, es decir, son reales. Estos actores son el equivalente a los conceptos físicos (masa, fuerza, energía, campo, entre otros) definidos con base en sus propiedades o de forma operativa, es decir, de acuerdo al procedimiento e instrumento con el que se cuantifica.
- 2) Cada componente o actor del reparto, tiene un papel determinado en los acontecimientos a los que se refieren, es decir, dan forma a lo que se denomina como hechos (Hecht, 1986).
- 3) Todos los acontecimientos tienen consecuencias, las cuales siempre van asociadas y son derivadas de las características de los protagonistas y de los sucesos en los cuales participan. Se da entonces una relación causal entre los sucesos que se dan en la explicación, que es casi siempre formal o matemática.
- 4) La explicación tiene niveles distintos de abstracción, la cual se da en relación con la definición de los actores –o conceptos–, existen actores que están en su mayoría contenidos en lo familiar y perceptible, como es la explicación de la lluvia, las nubes; o los actores son solo producto de la mente (como son la energía, la fuerza, el potencial, etc.), lo cual le confiere que se les acepte como si pertenecieran al mundo real en donde gira o se desarrolla nuestra vida cotidiana.

Pero a todo lo anterior, hay que agregarle el componente didáctico, para así ubicar la estructura de la explicación dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de Ciencias II. Para esto, se tiene que la explicación en el proceso pedagógico toma la forma principalmente de un discurso, el cual es construido por el docente. El discurso es utilizado por el profesor durante el proceso de enseñanza-aprendizaje en la Física Educativa, y es considerado parte esencial del mismo, ya que es el medio principal por el cual se lleva a cabo la interrelación entre el contenido programático, o Ciencia Escolar, el docente y el estudiante. Este discurso como tal, tiene características propias en el sentido que representa a la explicación física, y en sí, a la explicación que se construye en general en la Ciencia (Ogborn, 1996). Está caracterizan por su estructura en cada uno de los momentos didácticos del proceso de enseñanza-aprendizaje, tales como:

- 1) Cuando el docente utiliza el experimento o actividades de laboratorio para construir la explicación sobre algún proceso físico, es decir, cuando el discurso se halla entretelado con actividades experimentales, donde el manejo de información se realiza con el auxilio de tablas y gráficas.
- 2) Cuando el docente explica conceptos físicos, ya sea como modelos, hipótesis o leyes. Es cuando el discurso toma características relacionadas con la lógica-matemática, de tal forma que los conceptos físicos y sus relaciones se construyen considerándolos como definiciones dentro de la Física, deducciones de otras expresiones o como una expresión matemática que relaciona los datos de forma empírica.
- 3) En los casos que el docente utiliza el discurso para explicar lo evidente, es decir, lo que

se halla relacionado con el conocimiento cotidiano o relacionado con el sentido común.

Se puede concluir que la explicación que se construye durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, constituye la armazón didáctica y conceptual, es donde se hallan interrelacionados los conceptos y modelos físicos o científicos con los contenidos programáticos o curriculares, y las representaciones conceptuales o construcciones conceptuales del docente.

Al observar y analizar con mayor detalle esta armazón discursiva, se aprecia que las representaciones conceptuales del docente tienen una influencia medular durante el proceso de transposición didáctica hecha sobre los conceptos físicos contenidos en el Plan y Programa de estudios, y que la explicación física es construida con base en criterios conceptuales, causales y matemáticos propios de la Física, y que están representados por medio de modelos —la fórmula física o ecuación matemática—, lo cual va mezclado y unido al lenguaje coloquial, al sentido común o cultural que acompaña dicho discurso.

4. LA ARGUMENTACIÓN FÍSICA.

Otro componente que considero dentro del objeto de estudio, que también es parte del pensamiento científico y que se encuentra dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje, es la argumentación, la cual va unida intrínsecamente, tanto en su construcción como en su desarrollo, a la explicación. La argumentación también presenta características propias que la distinguen de la explicación, pero que van unidas a las cinco etapas anteriormente citadas en la sección dedicada a la explicación física.

Se considera como argumentación a:

“... la justificación y legitimación del conocimiento, de los enunciados relacionados con él, sustentada en criterios acerca de qué conocimiento es aceptable.” (Jiménez en Pozo y Flores, 2007 (Coord.), p. 259)

Es decir, es el proceso por el cual se relacionan los datos obtenidos en determinado problema con las conclusiones dadas, con base en modelos teóricos, datos o información obtenida de otras fuentes, o auxiliándose de datos, justificaciones o modelos teóricos obtenidos en otras investigaciones, pero que a su vez, tienen validación dentro del discurso científico y de la ciencia reconocida, unidos en un razonamiento con la intención de usar, evaluar y criticar evidencias o datos de cierto fenómeno que se esté investigando.

Se tiene que la argumentación estructurada o razonamiento argumentativo, aparece ya delineada en la escuela fundada por Aristóteles, y se le equipara con la demostración. En la propuesta de Aristóteles, la argumentación es parte de un sistema deductivo axiomático que se propone también como guía en la explicación de los fenómenos naturales, al considerar que un argumento es un número finito de demostraciones interconectadas (Martínez, 2001).

Este tipo de argumentación cambia en relación con el que se construye durante la Revolución Científica, el cual se caracteriza por apoyarse más en el escepticismo, por lo que se le denomina argumento escéptico (Martínez, 2001). Entre sus ejemplos, se tiene que es el que utiliza Lutero para fundamentar sus críticas a la Iglesia y a la jerarquía eclesiástica. Se caracteriza por cuestionar todo tipo de conocimiento que no tenga como base la observación o a evidencias a través del acceso a nuestros sentidos, y a partir de éste tipo de observaciones, se aplican criterios inferenciales para deducir o para aceptarlo, es decir, para construir la argumentación. Una variante, es cuando se dan como criterios de una argumentación, partiendo de axiomas o verdades autoevidentes —donde también está el criterio basado en los sentidos—. Consecuentemente, se da la consolidación de la argumentación matemática y es cuando la argumentación toma el carácter de demostración en la Física y en la Astronomía principalmente.

El desarrollo posterior de la argumentación, llega con el desarrollo y consolidación de la explicación científica tal como se desprende de los escritos de Newton. Esta argumentación está apoyada principalmente en el principio de *vera causa* o causa verdadera, y es un tipo de argumentación inferencial que inicia y apoya sus argumentos en esta causa verdadera. Y, por último, la argumentación llega a considerarse impecable, cuando está basada en métodos de razonamiento puramente lógico, y que permite inferir su validez de una afirmación matemática dada, partiendo de la validez preestablecida de otras afirmaciones, tanto de índole matemática, de ciertas afirmaciones concretas o primitivas, llamados axiomas en matemática, o datos y hechos en física (Penrose, 2007).

Dentro del campo de la Física Educativa, se tiene asociada intrínsecamente a la argumentación física a la negociación de significados, ya que se parte para la intervención didáctica, del conocimiento previo que posee el estudiante. Esta situación también está presente en el docente, donde la negociación de significados se da principalmente entre sus representaciones conceptuales, la ciencia formal que conoce y ha aprendido y los contenidos curriculares propuestos. La argumentación viene así a representar dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, lo que:

“Se propone que en la escuela la ciencia puede ser, más que “información que se recibe”, una posibilidad que da lugar a situaciones que permitan el contraste de ideas, su discusión, su puesta a prueba, su justificación. Es decir, una oportunidad de negociación y re-negociación de significados compartidos a partir de una argumentación que los aproxime a los científicamente aceptados.” (Domínguez y Stipcich, 2009, p. 76)

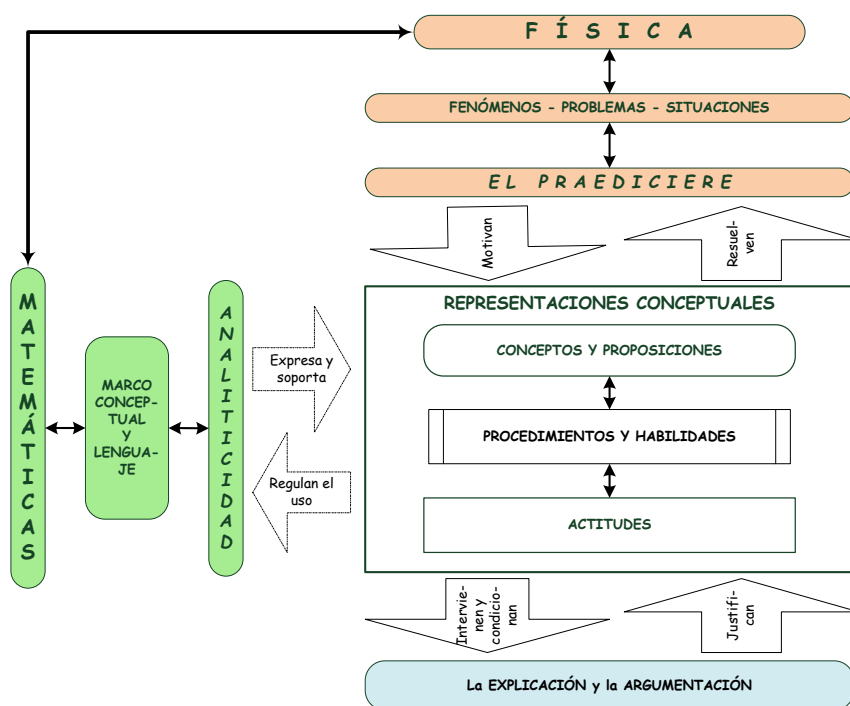
Se tiene además, que ésta argumentación discursiva, es posible contrastarla y analizarla con una argumentación que se sea lo más parecido a lo científicamente aceptado (Domínguez y Stipcich, 2009) y que en lo didáctico, funcione como una puerta a través de la cual se aprecian los procesos ligados a la negociación y resignificación (Hernández, 1991) de los conceptos físicos involucrados en el proceso enseñanza-aprendizaje, y que están condicionados por la construcción propia del profesor que los enseña, es decir, por las características que tiene la construcción de sus concepciones y sus conocimientos enlazados dentro del proceso de la transposición didáctica llevada a cabo. Además, que la argumentación es la vía propicia para la formación de una persona crítica e independiente al desarrollar modos de razonar propios y validados dentro del campo de la ciencia en general.

Dos aspectos que a consideran y que son de suma importancia, son los relacionados con la relación que hay entre los contenidos de la argumentación y el proceso que sigue la misma cuando se construye un contexto argumentativo, en donde se pueden proponer diferentes puntos de vista, defenderlos, refutarlos y pedir o dar argumentos, quedando dentro del proceso de negociación y re-negociación de significados, pero en el contexto de este trabajo, se ubica en una representación conceptual en donde la argumentación se plantea en términos del lenguaje físico, el cual es caracterizado por su contenido de modelos matemáticos.

5. INTEGRACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.

Con estos conceptos descritos y discutidos dentro de este marco teórico, se pretende tener un referente final sobre una integración de las RC con la Física, en forma indirecta con la Matemática, así como una relación directa con la explicación y argumentación física, dando un panorama de la base con la cual se parte como apoyo teórico en la investigación del objeto de estudio planteado en este trabajo, y un posible propósito a alcanzar a través de la alfabetización científica. Se representa esta integración en la figura II.7. La representación parte de la propuesta de constructo denominada configuración epistémica hecha por Font y Godino (2006) —construida dentro del campo de la Educación matemática con la finalidad de articular los objetos matemáticos que se pretenden enseñar— sitio que es ocupado por las Representaciones Conceptuales. Lo cual se interrelaciona, por un lado, con la visión propuesta por Cantoral (2001) sobre dos aspectos —también del campo de la Educación Matemática y que están entramados con la Física—, de suma importancia, los cuales son *La Analiticidad* (parte matemática) y de *El Praediciere* (parte de la Física); y como la parte netamente del área tanto de la Física como de la Física Educativa, sería la conceptualización, parte histórica y parte epistémica, de la Física elaborada por Hecht (1987), que es el fundamento del proceso al que le he denominado Fisicización.

Interrelación RC con Física-Matemáticas y la Explicación y Argumentación física



(Hecht 1987; Cantoral, 2001; Font y Godino, 2006)

Figura II.7. Integración del marco teórico.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.

1. INTRODUCCIÓN.

El método utilizado está fundamentado en técnicas que se enfocan hacia y que permiten conocer las representaciones conceptuales que ha construido, en esta investigación, el profesor que imparte la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física) y que se hallan ubicadas en la memoria semántica. Para este fin, la investigación se basa en una metodología de investigación descriptiva, con un enfoque cualitativo-cuantitativo, donde se aplica el método Distsem (acróstico de **Distancia Semántica**), con el cual se explora la memoria semántica en un espacio y tiempo determinado. Este método utiliza una técnica de investigación llamada análisis de Redes Semánticas Naturales (RSN), que es puesta en práctica en este estudio, y cuyos instrumentos son principalmente cuestionarios con preguntas abiertas que se complementan con la información obtenida a través de entrevistas personales semiestructuradas y de videograbaciones de sesiones de clases de los profesores participantes, a partir de una perspectiva socio-cultural, es decir, abordándolo desde un acercamiento epistemológico a los conceptos construidos y compartidos socialmente, contenidos en las representaciones conceptuales que posee la persona y que su expresión es principalmente a través del lenguaje, hablado o escrito, como medio de comunicación (Hernández, 1991). Se considera así entonces, que las representaciones conceptuales o marco conceptual construido y llevado por el profesor al aula, son parte esencial del mismo proceso didáctico que se desarrolla, ya que en éstas representaciones están contenidas y construidas la Física que se enseña a través de los conceptos, las relaciones entre ellos, la explicación y la argumentación física, así como las creencias y las actitudes socialmente compartidas, que en conjunto, es la base para su actuar y tomar decisiones didácticas (Gallego y Rocha, 2012).

El interés por este tipo de estudio apoyándose en estas técnicas, es porque antes, durante y al final del desarrollo del PEA, las representaciones conceptuales, estructuradas como redes de significados o redes semánticas (Vera, Pimentel y Batista, 2005) que posee el profesor son de vital interés, dado que constituyen la armazón sobre la cual enmarca su práctica docente, caracterizando su forma de pensar, de actuar e interactuar con los contenidos curriculares y con los estudiantes durante el proceso educativo, y que se expresan principalmente a través del lenguaje, lo que permite su exploración y conocimiento, ya que es el medio por el cual es factible conocer la relación íntima entre su pensamiento, su percepción, la enseñanza y el aprendizaje. Así, en la investigación actual sobre los procesos cognitivos y la forma en que se estructura la información, se han tenido avances con la utilización del modelo de redes semánticas.

Por otra parte, entre los trabajos consultados sobre las representaciones conceptuales de los profesores, como son Gil (1991); Gil, Carrascosa, Furió y Martínez (1999); Álvarez-Suárez, Cepero-Espinoza, Arce y Perales-Palacios (2013), entre otros y citados en el capítulo III, se han identificado y denominado a estas representaciones conceptuales como Física espontánea, y que se engloba en una categoría cognoscitiva mayor, a la que se denomina Pensamiento Espontáneo Docente (Álvarez-Suárez *et al.*, 2013). Entre las mayores aportaciones de su estudio, se cuenta con la identificación de sus características, en donde sobresalen que estas representaciones conceptuales son durables y persistentes, que llegan a transformarse y a representar un obstáculo epistemológico (Bachelard, 2000), lo que impide obtener cambios significativos dentro de su práctica docente, que es otro de los propósitos del Plan y Programas de estudio propuesto desde 1994, hasta en 2011 (SEP, 1994; SEP 2006; SEP, 2011).

Es en estas redes cognitivas donde los profesores “*tienen ya organizada su estructura de creencias acerca de la enseñanza e imágenes previas de sí mismos como profesores muy vinculadas con su propia imagen como alumnos*” (Álvarez-Suárez *et al.*, 2013, p. 349), donde están tanto sus ideas sobre la Física

(Física espontánea), así como sus comportamientos constituyentes del pensamiento docente espontáneo aparejados, que influye y afecta aspectos esenciales de la enseñanza, ya que se incluyen desde las representaciones conceptuales sobre el cómo se aprende y cómo se evalúa, como su estilo para construir ambientes de aprendizaje, sobre la apreciación de las diferencias en el trabajo y rendimiento de los estudiantes o sobre —factores importantísimos de la planeación— el tipo de actividades que ellos pueden realizar (Azcárate, Martín y Porlán, 1998; Porlán, 1995; citados por Álvarez-Suárez *et al.*, 2013, p. 349).

Es necesario también recalcar, que se trata de representaciones conceptuales complementarias a las aportaciones actuales de la Didáctica de las Ciencias, que perfila el por qué el profesor transmite a los estudiantes la visión del conocimiento o ciencia escolar como un producto acabado y formal. A ello se agrega que en general, los profesores en formación tienen en el aula conductas más tradicionales que las detectadas en sus creencias (Mellado, 1996; citado por Álvarez-Suárez *et al.*, 2013, p. 349), en contraposición de lo hallado en profesores con experiencia (Pavón, 1996; Álvarez-Suárez *et al.*, 2013, p. 349). Otro factor importante que también es importante resaltar, es que es en donde se hallan entrelazadas las construcciones que tiene el mismo profesor sobre la Física, es decir, a lo que se ha denominado Física espontánea, todo lo cual se ubicada dentro de la memoria semántica en una estructura de red (Vivas *et al.*, 2007). Este modelo de la memoria semántica se estructura a manera de una red, y que es posible investigarlo con apoyo de una técnica de análisis denominada análisis de RSN (Vera, Pimentel y Batista, 2005), técnica que parte de la consideración de que una red semántica o red de significados es un modelo que representa la estructura en que está organizado el conocimiento humano como se mencionó anteriormente, y que es en palabras de Vivas (2007, p. 112): “*el modelo de redes semánticas constituye ante todo una propuesta de formato proposicional de representación del conocimiento*”. Es así que, esta técnica empírica para acceso a la organización cognitiva del conocimiento (Vera, Pimentel y Batista, 2005), está orientada para aplicarse y usarse en el estudio de las representaciones conceptuales, a partir de un análisis cualitativo-cuantitativo, y así construir modelos con base en la validación de los resultados obtenidos. Las técnicas de tipo cualitativo son las representaciones gráficas de redes, arborizaciones conceptuales y la etiquetación de relaciones conceptuales; las de tipo cuantitativo, son los modelos estadísticos y probabilísticos, y las combinaciones semánticas complejas; y el análisis se realiza a través de tablas de significados donde se tienen los conceptos principales. Otros instrumentos auxiliares básicos utilizados son la tabulación, representación y descripción de los datos o conceptos físicos, obtenidos de literatura científica y de personas expertas en la ciencia o Físicos profesionales.

2. METODOLOGÍA APLICADA.

Como inicio del trabajo técnico, se procedió a definir las palabras estímulo, definidoras, o conceptos detonantes (Valdez, 1998; Vera, Pimentel y Batista, 2005), las cuales son los siguientes que se escogieron:

- | | |
|--------------------------|------------------------------------|
| 1) Explicación física. | 5) Física (significado de la). |
| 2) Argumentación física. | 6) Matemática (significado de la). |
| 3) Fórmula física. | 7) Predicción. |
| 4) Ecuación matemática. | 8) Análisis. |

Los conceptos o palabras detonantes (1) y (2) se eligieron porque están relacionados y dentro del objeto de estudio y son la base en el tipo de pensamiento que se pretende construir directamente como propósito a través del proceso enseñanza-aprendizaje y que están señalados en el Plan y Programas de Estudio 2011, con el nombre de competencias científicas (SEP, 2011).

Los seis conceptos o palabras detonantes restantes, incisos del (3) al (8), se seleccionaron

por la relación con la explicación y argumentación física, relación que se origina epistemológicamente en la construcción de las teorías físicas o modelos y que la validan. Se tiene entonces que las explicaciones y argumentaciones físicas se representan como modelos en lenguaje matemático (fórmula o ecuación), pero a su vez, tiene características de los campos de conocimientos propios de cada ciencia (Física y Matemática), que aporta cada una a la explicación y argumentación física (la predicción en la Física, y el análisis en la Matemática), ya que por ejemplo, la Matemática es el marco y la herramienta conceptual en el cual se halla embebida la Física y el lenguaje en que se expresa.

Subsiguientemente, con estos ocho conceptos o palabras definidoras se construyeron los instrumentos que se aplicaron para recoger la información. Como primer instrumento se construyó un cuestionario, en donde se solicita al participante que por cada definidora indique diez palabras, sin usar artículos, conjunciones o preposiciones. A continuación, de cada una de las palabras de esas listas, se pide que les coloque un número entre 1 y 10 según la importancia que considere que tiene dicha palabra con la definidora, en donde distinga que 10 es muy importante, y 1 es de poca importancia.

En la investigación, se aplicaron a tres tipos de participantes: a personas especialistas en el campo de la Física, con el fin de construir una red semántica desde un punto de vista de los expertos (Pozo, 1994; Carretero, 1996); a estudiantes de la licenciatura de Física (novatos en transición a expertos), y a los profesores de Ciencias II (énfasis en Física) participantes con la finalidad de tener dos puntos extremos para la comparación de las RSN obtenidas. En el caso de los profesores, se enriquece y se complementa la información con cuestionarios extras, con entrevistas y con videograbaciones en el aula de una sesión de clases durante el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física).

Cabe mencionar como punto de suma importancia, que el profesor estructura la explicación y la argumentación física, a partir de sus representaciones conceptuales acerca de los conceptos de la Física, de su estructura en sí como ciencia y de la interrelación que tiene con las matemáticas; pero que también se tiene otra influencia importante en dicho proceso didáctico: el proceso de transposición didáctica, es decir, la transformación de un conocimiento científico o saber sabio a un contenido curricular o de la Ciencia Escolar (Gómez, 2005; Solarte, 2006; SEP, 2011), y que finalmente se le transforma a un objeto de enseñanza. Este objeto de enseñanza, desde el punto de vista didáctico, se transforma en un objeto de aprendizaje, el cual es considerado como un conjunto de recursos de diversa índole, pero que son auto contenibles y reutilizables, regidos o guiados por un propósito educativo, que está organizado al menos alrededor de tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización, y que se da a través y durante el proceso de aprendizaje-enseñanza. Cabe aclarar que, por el momento, no se aborda el objeto de aprendizaje en esta investigación.

Además de esta transformación de saberes científicos a objetos de enseñanza, se tiene el tamizado hecho por las representaciones conceptuales del profesor, ya que son los factores que dan forma y soporte a la explicación y a la argumentación dentro de la física, construidas en el aula durante la enseñanza, y que, como consecuencias de la contextualización social donde se lleva a cabo el proceso educativo, son construcciones conceptuales o de significados que están expresados en un lenguaje coloquial o contextualizado, el cual se entreteje con contenidos y significados del lenguaje físico o científico, como son el lenguaje utilizado en el pensamiento causal o predictivo (representado por fórmulas) y el lenguaje característico del pensamiento analítico o matemático (representado por ecuaciones), que dada su simbiosis, se percibe como un lenguaje y estructura conceptual único.

Ahora, en esta técnica de investigación, el análisis de RSN, está enfocada al estudio de la estructura y contenido conceptual de la Memoria Semántica, pero a partir de una postura natural, ya que son los propios participantes o protagonistas (en este caso profesores en activo de Educación Básica) los responsables de seleccionar y jerarquizar los significados dados sobre o acerca

de un concepto detonante o palabra estímulo, con el propósito principal de:

“... *aproximarse al estudio del significado de manera natural, es decir, directamente con los individuos, evitando la utilización de taxonomías artificiales creadas por los investigadores.*”
(Valdez Medina, 1998:65; citado por Zermeño *et al.*, 2005, p. 307).

Sobre esta técnica y de su sustento teórico, se tiene a otros autores, como son Figueroa, González y Solís (1981), Valdez Medina (1998) (citados por Zermeño *et al.*, 2005, p. 307), y Vera, Pimentel y Batista (2005) que coinciden en que la técnica de análisis de RSN permite explorar la percepción, las ideas o el mundo semántico de las personas a través de procedimientos propios, no simulados o supuestos por agentes externos, y que además, dan sustento y relevancia a la premisa básica de que las ideas o conceptos construidos por una determinada persona se hallan determinados e influidos por su medio con el que interactúa, que no son construcciones en un vacío, sino que están entretejidas con su contexto (Young, 2001, citado por Zermeño, Arellano y Ramírez, 2005, p. 309).

La técnica del análisis de Redes Semánticas Naturales, es producto y está unida a una comunicación e interacción interdisciplinaria, resultando de la interrelación entre la Psicología o estudios sobre la mente y el cerebro, de la Inteligencia Artificial dentro de las Ciencias de la Computación, y de la Pedagogía que corresponde y se une al terreno educativo. Cada una de estas ciencias hace su aporte tanto teórico como experimental, y es lo que al final configura y sustenta esta técnica, tanto en sus instrumentos, como en sus procedimientos de operación y análisis. Es preciso entonces conocer el aporte de cada uno de estos campos de las ciencias citadas. Así se tiene que, por parte de la Psicología, su aporte está apoyado en datos teórico-experimentales sobre la actividad cognoscitiva del ser humano, siendo lo más importante para esta técnica lo relacionado con la memoria, su origen, su estructura y sus procesos. Estos aportes y los resultados obtenidos, se han resumido en un modelo integrador que tiene por nombre *MNÉSIS* (acróstico de *Modèle NéoStructural InterSystème de la mémoire humaine*) elaborado por Eustache y Desgranges, en el que se sintetiza y se explica la estructura y los mecanismos involucrados en el funcionamiento total e integral de toda la memoria. Este modelo que se esquematiza en la figura III.1, reconoce y agrupa a la memoria en cinco grandes tipos: Memoria Episódica, Memoria Semántica, Memoria Perceptiva, Memoria Operativa y Memoria Procedimental, y que las engloba en tres categorías:

- La primera: Se visualiza como un conjunto integrado por tres memorias: la Episódica, la Semántica y la Perceptiva; categoría que denomina Memorias de Representación a Largo Plazo. Esta categoría o conjunto de memorias tienen una interrelación o alimentación tanto en forma ascendente como descendente (como se indica con flechas en la figura III.1) como directa, “saltando” alguna de ellas en el proceso de la formación de los recuerdos. Por lo cual, dentro de sus funciones y procesos, uno de gran importancia es el que origina, estructura y almacena a los recuerdos. Proceso que se lleva a cabo en forma “ascendente”: primero se perciben los estímulos sensoriales (electromagnéticos, químicos o mecánicos) a través de los sentidos pasando a la Memoria perceptiva, los cuales llevan la información a la Memoria semántica y de ahí pasa a la Memoria episódica. Otros dos procesos de importancia son la semantización, que consiste en la descontextualización de los recuerdos episódicos a lo largo del tiempo. Y la reviviscencia, que es cuando pasado algún tiempo, los recuerdos olvidados reaparecen en la conciencia.
- La segunda es denominada como Memoria operativa, de trabajo o de Corto Plazo, y su importancia estriba por ser en donde se ubican tres facultades esenciales: el Bucle fonológico —para el manejo de información verbal, ya sean palabras o cifras—; la Agenda visoespacial o visoespacial, que se utiliza para la retención y manejo de las representaciones visuales en la mente; y por último, el Administrador central, el cual se encarga de controlar a las dos facultades anteriores por medio de la administración de los recursos para mantener la atención.

- La tercera que corresponde a la Memoria Procedimental o de acción, y es la que permite aprender un conjunto o serie de instrucciones o métodos para llevar a cabo las operaciones o tareas necesarias. Se halla asociada con tareas cognitivas tales como la resolución de problemas matemáticos o el aprendizaje y recitación de un poema, el aprender a patinar, montar bicicleta o manejar un carro. Se encuentra dividida en tres tipos de aprendizajes procedimentales: cognitivo, perceptivo-verbal y perceptivo-motor.
- Se tiene además el denominado relé episódico, que es el encargado de interrelacionar a las memorias de largo plazo con la de corto plazo, aportando información que ayuda a mantener la coherencia y orden en sus procesos.

Como una observación más sobre este modelo de memoria, se tienen flechas que indican que hay una interacción entre las tres categorías, lo que da unidad en su funcionamiento.

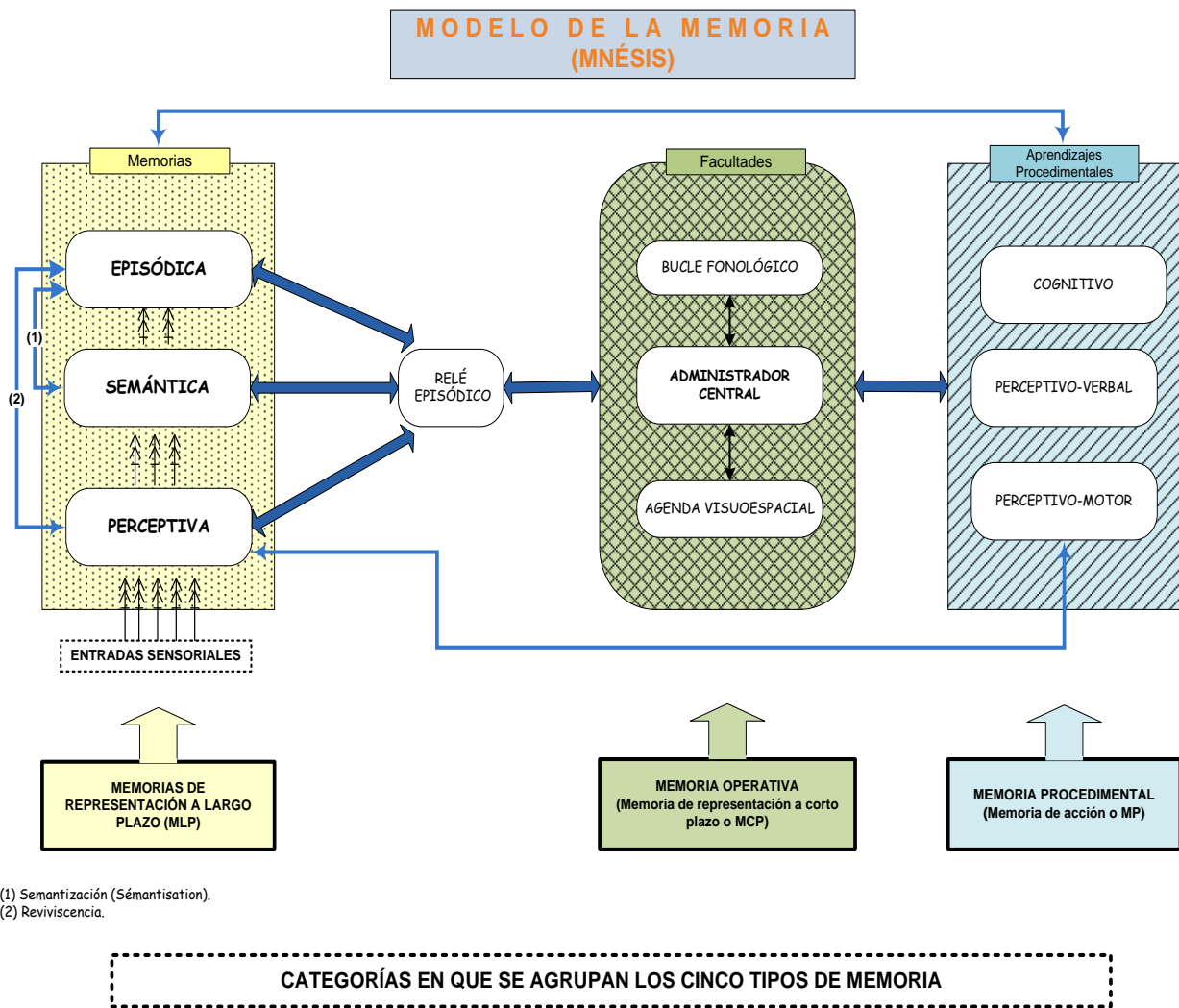


Figura III.1. Modelo de la memoria de Eustache y Desgranges (2014, p. 7).

Se tiene entonces así que en este trabajo el enfoque es principalmente hacia la Memoria Semántica o de significados, incluida en la categoría de las memorias de representación a largo plazo. Y la razón es porque es la memoria que da significado a las palabras, conceptos o imágenes con las que las personas se relacionan al interactuar con su medio ambiente natural y social, es la información que al sujeto le permite construir la realidad que le circunda, que lo provee de

significados que permiten comprender y, en cierto grado, prever conductas. Es este modelo de la memoria general, y en particular la memoria semántica, lo que permite entender la estructura de la misma, la forma en que se asocian los significados y su funcionamiento en la existencia de la persona. La memoria semántica se entiende como aquella que nos permite acceder a los significados de los conceptos, a la comprensión de estos recuerdos y a disponer de todo otro conocimiento, fundamentado en las ideas, pero sin la necesidad de recobrar las experiencias específicas de las que las obtuvimos. La memoria semántica se refiere a nuestro conocimiento sobre la lengua y los hechos sobre el mundo, y se visualiza o modela como la unión de un diccionario, una enciclopedia y un tesoro (Smith, 1976; Tulving, 1972; citado por Vivas, 2009) y que no se ubica en un marco temporal-espacial.

Por otra parte, desde el campo de la Computación, sus aportaciones se remontan a la información obtenida de los estudios de las propuestas o investigaciones de Collins y Quillian (citado por García y Jiménez, 1996, p. 344; Vivas, 2007), acerca de las redes neuronales y su relación con la Inteligencia Artificial. Esto dio pie por parte de las Ciencias de la Computación, y a partir de sus investigaciones en Inteligencia Artificial (IA) y enfocados a la educación, proporcionaron un modelo computacional de la memoria humana. Este modelo propone que la memoria semántica está constituida por dos elementos básicos: los nodos, que son los conceptos, y los arcos, que son las interrelaciones entre los nodos, y estos dos elementos se hallan configurando una estructura semejante a una red. Cuando este modelo se lleva al campo de la Psicología, se dice que una red semántica en palabras de Quillian es:

“... un grafo en el cual los nodos o vértices etiquetados representan conceptos o características específicas, mientras que los arcos, también etiquetados, representan vínculos de diversas clases entre conceptos.” (Citado por Vivas, 2007, p. 111)

Del campo computacional su aporte es utilizado también para construir un modelo de la memoria, en cual propone que se visualice la estructura de la Memoria Semántica semejante a una red, constituida por numerosos nodos enlazados entre sí por medio de arcos. Cada nodo, es la representación que se tiene en la memoria sobre una palabra, concepto o imagen y el significado que se le atribuye, es decir, cada nodo es un significado abstraído a partir de la información que llega a esta memoria procedente de las demás partes que la constituyen sobre una imagen, palabra, o estímulo concreto. Otra característica de éste modelo de red, es que los conceptos afines se hallan con conexiones próximas o de mayor fuerza, y cuando se activa un nodo determinado y asociado a cierto concepto en particular, esta activación se extiende a otros nodos conceptualmente enlazados o que se hallan a menor distancia semántica (Distsem) del concepto detonante (Rolke, 2003, pp. 36-38; Vivas, 2009). Los aportes de mayor trascendencia son entonces: la identificación de los componentes únicos: nodos y arcos; su estructura a semejanza de una red, y la identificación y cuantificación de la distancia entre los conceptos o nodos, denominada como distancia semántica.

Ahora, desde el campo de la Educación, se cuenta con los aportes por parte de la Pedagogía, y se inician a partir de los estudios sobre la estructura y comprensión del lenguaje humano. Estos aportes se relacionan con el diseño de estrategias y herramientas meta-cognitivas de gran potencial como son la “V” de Gowin y los mapas conceptuales de Novak (1985). Estas herramientas meta-cognitivas, que también son conocidas como mapas o redes semánticas, son utilizadas en la exploración, descripción y estudio acerca de los conceptos que los humanos tienen incorporados en sus estructuras cognitivas, centrándose especialmente en las diferentes memorias. Además, dentro del campo educativo, toda esta información constituye la base de la teoría constructivista de la asimilación, que fue propuesta por Ausubel, Novak y Hanesian (1983).

Es correcto entonces decir que el valor de las redes semánticas naturales está en que las clasificaciones o taxonomías obtenidas son, ante todo, generadas de manera directa y conectadas con la memoria semántica de la persona (en este caso, del docente), y que la jerarquización que

se le otorgan a los conceptos relacionados, están de acuerdo a su propia escala de valores y de la construcción de su estructura conceptual o representaciones. Cuando se le pide al docente que mencione las palabras que definen tal concepto (palabra estímulo, detonante o definidora), el docente busca en su memoria semántica y selecciona aquellas palabras o conceptos que considera que tienen mayor relación. En este sentido, la elección es resultado de un proceso subjetivo de la representación del mundo o de su realidad y referida en particular a dicha palabra estímulo (Zermeño *et al.*, 2005). Esto da como resultado que la intervención del investigador está limitada a la estimulación, pero no en y durante la búsqueda, selección y jerarquización de las palabras con las que el docente responde. Es esta característica, lo que le proporciona a la técnica un carácter natural y abierto. Además, hay que hacer notar que lo cualitativo en esta técnica, es cuando se genera el proceso con el cual se construye el registro de datos, ya que la información se obtiene con palabras en lenguaje natural o propio del docente, es decir:

“La diferencia entre la sociología cuantitativa y cualitativa puede presentarse de manera muy sencilla en términos de los sistemas de notación utilizados para describir el mundo. Los sociólogos cuantitativos asignan números a las observaciones cualitativas. En este sentido, producen datos al contar y medir cosas. Las cosas medidas pueden ser individuos, grupos, sociedades enteras, actos de lenguaje y así sucesivamente. Los sociólogos cualitativos, en cambio, informan principalmente de las observaciones en el lenguaje natural.” (Schwartz y Jacobs, 1984, p. 21, citado por Zermeño, 2005, p. 311)

Y como se mencionó anteriormente, el análisis sobre las representaciones conceptuales se lleva a cabo en un tiempo y lugar específico, ya que como el sistema de representaciones conceptuales es social e históricamente construido, la respuesta de un docente en particular (o individuo) manifiesta características de la sociedad en la que éste se formó, es por ello que una misma realidad o un mismo objeto, no significan lo mismo para los individuos en diferentes culturas y en diferentes tiempos. Los significados se transforman porque cambian los referentes, porque evolucionan las formas de nombrarlos y los sentimientos hacia éstos. Los significados no están estáticos en la memoria de las personas o sólo porque en algún momento de sus vidas tuvieron contacto con el referente físico que lo significa, sino porque están en continuo movimiento. Sin embargo, estos significados tienen una relativa estabilidad o perdurabilidad, que es la misma que permite la comunicación y que hace posible la coherencia en los acuerdos. Es así que, gracias a esa estabilidad, es posible que se conozca el pensamiento y por qué actúan como lo hacen. En este sentido, las representaciones conceptuales no sólo hacen posible la comunicación, sino que afecta directamente la conducta de los individuos y da dirección a las acciones provocadas por el estímulo que éstas representa (Mead, 1993, citado por Zermeño *et al.*, 2005, p. 311).

Además de estas aportaciones a la técnica, en cierta forma generales, desde la Psicología, la Inteligencia Artificial y de la Pedagogía ya mencionadas, hay otras aportaciones con un enfoque educativo o más puntual a la técnica de análisis de las Redes Semánticas Naturales. Se tienen las proporcionadas por el estudio hecho por Tejeda y Arias (2003) que no son propiamente sobre Física Educativa, sino acerca de los significados conceptuales que profesores y estudiantes tienen sobre Tutoría, asignatura que con la reforma educativa del 2011 fue incorporada al Plan y Programas de estudio. Aquí los autores consideran que son necesarios otros estudios para reforzar la base experimental o *corpus* empírico de las redes semánticas naturales, ya que, mientras la técnica es útil al identificar

“... la importancia de los conceptos definidores, así como su convergencia, no puede establecerse su interrelación o interconexiones. Estos requieren reconsiderar en el uso de las redes semánticas conceptos clasificatorios para integrar los nodos.” (Tejeda Tayabas y Arias Galicia, 2003, citado por Zermeño *et al.*, 2005, p. 308)

Postura que coincide con la de Silva Arciniega (2000, citado por Zermeño *et al.*, 2005, p.

308), y quien propone como medio para el establecimiento de la interrelación, el uso de preguntas orientadoras abiertas, lo cual fue retomado en este trabajo. En general, se tiene que la aplicación de esta técnica en Educación ha servido en la evaluación de los estudiantes acerca de la apropiación de conocimientos específicos (García y Jiménez, 1996; y los trabajos de Collipal, Cabalín, Vargas, 2004; Ortiz, Petra, Díaz-Martínez, y Hernández, 1996; Petra, González, Varela y Ponce de León, 2005, citados por Zermeño *et al.*, 2005, p. 327) con las características que se han planteado como apoyo a la técnica y el enriquecimiento de sus instrumentos.

Para los propósitos de este trabajo, se adopta la técnica de análisis de las Redes Semánticas Naturales, tal como es propuesta por Jesús Figueroa (1981) y su equipo de investigadores del Centro de Investigación en Computación (CIC) del Instituto Politécnico Nacional (IPN) en México, que consiste en considerar al conocimiento personal y social se construye en una estructura en forma de red y estructurada de manera jerárquica y que una alternativa para evaluarla es la técnica de redes semánticas. La razón es porque la forma interna en que se halla organizada la información tanto en la memoria a largo plazo como en la de corto plazo, es en una red que vincula a las palabras y a los eventos, lo cual genera el significado de un concepto, de tal forma que, cuando la persona se ve en la necesidad de nombrar o significar la realidad, reconstruye la información al "jalar" de las relaciones para obtener los significados de los conceptos o nodos. Además, otro factor de peso que dan estos autores, es que asumen que todos los significados no tienen o se diferencian entre sí al no tener el mismo valor de significado o peso en la red, y consecuentemente, se refleja en la jerarquización de los mismos, ya que se tiene una distancia semántica entre los conceptos. Es decir, la importancia de cada significado en la representación conceptual que se posee y que se expresa para definir el objeto semántico no es la misma, demostrando que a través de estas redes, es posible conocer la información semántica o de significados que una persona ha construido con base en sus experiencias, estudios, medio ambiente, entre otros factores, y en sí, durante su vida y al transitar por varios contextos, y que dicha red la utiliza para interactuar en diferentes situaciones que se le presentan en su vida. Es decir, es y proporcionan información acerca de sus representaciones conceptuales (pensamientos, conceptos, hábitos, procedimientos y actitudes).

Dado entonces, la influencia que tienen las representaciones conceptuales del profesor en su quehacer docente, y que la información que conforman dichas representaciones se ubica en la memoria semántica, consecuentemente, el análisis de las redes semánticas naturales (RSN) se muestra como un método para aplicar y utilizar para llevar a cabo análisis de estas representaciones conceptuales y de sus interrelaciones. Es importante mencionar, que las Redes Semánticas Naturales no obedecen o están regidas por una estructura jerárquica ya que, en ellas, cada concepto es definido por su relación con otros conceptos, y a su vez, sirve de definidor en otras situaciones; esto es, los conceptos son definidos y definidores al mismo tiempo, dependiendo de qué parte de la red se active. Por lo tanto, las Redes Semánticas Naturales evolucionan conforme se adquieren nuevos conceptos y se desarrollan nuevas relaciones, es decir, a medida que cambia el conocimiento del individuo.

3. TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN.

Como se comentó anteriormente, se inicia con una exploración y construcción de la red semántica que tiene el profesor que imparte la asignatura, por un lado, la cual se compara con la que se obtiene, utilizando los mismos cuestionarios, con la construida por los expertos, en este caso, con dos doctores en Física que son investigadores y docentes en la Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)

Consiste en proporcionar una palabra-estímulo o detonadora para que los docentes partici-

pantes asocien con los términos que consideran o la definan (a lo que se denomina como palabras-definidoras o definidoras). Para Figueroa, González y Solís (referidos por Valdez Medina, 1998), es mejor o conveniente entre más palabras definidoras expresan los sujetos, ya que esto indica la riqueza o pobreza semántica del grupo o tabla construida sobre esa palabra-estímulo en particular. Una vez que los docentes escriben las palabras definidoras, son ellos quienes las jerarquizan en un orden de importancia propio, obteniendo una red semántica que remite de manera directa a los procesos de reconstrucción de la memoria (Álvarez-Gayou Jurgenson, 2003).

Otro aspecto de suma importancia, es el de señalar que la teoría sobre las Redes Semánticas Naturales puede llevar a cabo una descripción del conocimiento humano y también hace predicciones específicas de cómo se encuentra organizado el conocimiento de las personas o de grupos en particular, cómo pueden ser modificadas y principalmente, cómo se puede medir en forma detallada (Reyes, 1993).

Se tiene entonces, que las redes semánticas son construcciones gráficas que constan de nodos, los cuales son los que representan los conceptos y significados que posee la persona, y que se hallan entrelazados por un cierto número de líneas entre sí. Los nodos corresponden a palabras o familias de palabras, y los enlaces representan las relaciones sintácticas que existen o que hay entre ellas, y en donde se ve reflejada la información sobre creencias, valores, y actitudes, todo aquello que se ha englobado bajo el concepto de “experiencia particular del individuo” (García, 1996). Otra característica de las redes semánticas, es que éstas trabajan o funcionan a través de diferentes procesos, como son el de asociación, el lógico inferencial, el de procesos, entre otros (García, 1996; Vivas (compilador), 2009), los cuales están en función a la experiencia y al grado de interconectividad que tengan los conceptos asociados en la memoria semántica de una persona en particular. Consecuentemente, estos procesos se enmarcan como el mecanismo principal o básico, tanto para el estudio de estas redes, como para su exploración, análisis y comprensión.

El método de estudio y de análisis de las redes semánticas naturales (RSN), se apoya en instrumentos de investigación de tipo cualitativo, por una parte, tales como cuestionarios, entrevistas, videograbaciones de sesiones de clases, y por otra, de instrumentos cuantitativos, tales como instrumentos estadísticos, aplicados principalmente en la categorización y en el análisis de la información obtenida. En esta investigación, se proponen para el análisis de la información obtenida con ayuda de los instrumentos aplicados, el uso de los siguientes parámetros propuestos por Figueroa *et al.*, (1982b, citado por García 1996, p. 346) y Valdez (1998) para las Redes Semánticas Naturales (RSN), que se expresan, simbolizan y tienen el siguiente significado:

Símbolo	Significado	Información aportada	Se calcula
J	Representa el valor total de palabras o riqueza semántica de cada tabla o grupo SAM formado. Indica el tamaño de la red.	Es el total de palabras definidoras diferentes en la red de cada tabla o grupo SAM. Se utiliza para conocer la riqueza semántica sobre cierto concepto, definidora o palabra estímulo. Son las palabras que definen o precisan al concepto estímulo o detonante.	Su valor se obtiene contabilizando el número de palabras definidoras que se han dado para cada uno de los conceptos o palabras estímulo o detonantes propuestas.
M	Valor o peso semántico de cada concepto o palabra definidora dada que constituye la tabla o grupo SAM del concepto.	Es utilizado para valorizar y representar la significatividad que tienen los conceptos dados en cada grupo SAM de conceptos propuesto.	Es el producto de la frecuencia de un nodo por su valor semántico, asignado comúnmente en una escala del 1 al 10.
FMG	Es la distancia semántica, o la distancia a la que se encuentran las palabras definidoras de la palabra detonadora.	Es el valor de las palabras definidoras de la puntuación expresada en porcentajes y corresponde comúnmente a aquellas diez pesos semánticos o “M” más alto.	A la palabra definidora con el peso semántico más alto se le asigna el 100 por ciento, y a partir de ésta, se asignan los valores de las demás palabras definidoras.

Símbolo	Significado	Información aportada	Se calcula
Tabla o grupo SAM (<i>Semantic Association Memory</i>)	Es una tabla en donde se indican y agrupan los conceptos (generalmente 10) con mayor peso semántico o valor "M".	Es el conjunto de palabras o conceptos equivalente a la palabra detonante o concepto investigado, y es el fundamento de la red para un grupo SAM dado. Esta tabulación es el grupo de significados que constituirá el núcleo de la RSN para el concepto indicado.	De la tabla construida en primera instancia o tabla "J", se hace una selección de todas las palabras (generalmente diez), que tienen el valor "M" más alto y forman el significado de la palabra detonadora.
G	Densidad conceptual Este parámetro.	Indica la dispersión o compactación del conocimiento expresado en cada grupo.	Es resultado de las diferencias entre los valores "M" más altos, dividido entre el número de restas realizadas menos 1.

Tabla III.1. Parámetros utilizados en el análisis de Redes Semánticas Naturales (RNS)

Además, se agregaron los siguientes parámetros, con la intención de realizar un análisis con mayor profundidad con el auxilio de apoyos, tanto de tres parámetros de las redes semánticas (Q, B y C), como de métodos estadísticos, tales como la frecuencia absoluta (Fa) y la frecuencia relativa (Fr) según García y Jiménez (1996) e Hinojosa (2008):

Símbolo	Significado	Información aportada	Se calcula
Q	Se denomina como consenso grupal, e indica la posición relativa de determinado nodo con respecto a un mismo nodo de referencia, comparando grupos entre sí o con la red del experto.	Indica el grado de relación en la posición y el tipo de nodo entre dos o más grupos. Se expresa en porcentaje e indica la semejanza en la organización y contenido semántico entre los grupos. Se puede usar entre las palabras definidoras generadas en el pre y en el pos test de un mismo grupo de profesores.	Se toma del conjunto SAM como referencia el orden en que deben estar ordenadas las palabras definidoras y se comparan con él las redes de cada sujeto. Si el sujeto acierta en jerarquizar la definidora en el mismo orden de SAM se le dan 9 puntos, y por cada lugar que se aleje se le resta 1. Se suman los puntos obtenidos en cada palabra y se calcula el porcentaje respecto del máximo puntaje posible, que es de 90.
B	Es el valor o su riqueza semántica de una tabla o grupo SAM determinado, y para cierto concepto o palabra detonante en particular.	La riqueza semántica de cada grupo SAM, y se utiliza para comparar los diferentes tablas o grupos SAM formados con diferentes palabras detonantes.	Es igual a la suma total de palabras definidoras que se tienen para un concepto dentro de una tabla o grupo SAM específico.
C	Es el valor de consenso que pueda existir sobre un concepto específico (o palabra estímulo) entre diferentes conjuntos de personas. Es un valor individual o de cada palabra dada.	En nivel de consenso sobre un concepto específico de los grupos SAM comparados. Este es un índice de consenso de cada sujeto con su grupo	Se obtiene al tomar como referencia el orden de aparición de las palabras que conforman el conjunto SAM, ordenadas en forma descendiente con respecto a su valor M. Si está escrita la palabra definidora en el mismo orden de SAM, se le asignan diez puntos, y por cada lugar que se aleje se le resta un punto. Se suman los puntos obtenidos en cada palabra y se calcula el porcentaje con respecto al máximo puntaje.
Fa	La frecuencia absoluta con que aparece dicha definidora en la Tabla SAM.	Indica la cantidad de veces que se repite la definidora en el conjunto de palabras aportadas.	Se cuenta el número de veces que se repite la palabra definidora en el conjunto de todas las palabras definidoras aportadas para esa palabra detonante.
Fr	Es la frecuencia relativa en que aparece dicha definidora en la Tabla SAM.	Es el valor de las veces que aparece la palabra definidora,	Se divide la frecuencia absoluta entre el número de participantes que respondieron a la palabra detonante que

Símbolo	Significado	Información aportada	Se calcula
		pero dado como una razón entre la frecuencia absoluta y el número de participantes.	forma el grupo SAM.

Tabla III.2. Parámetros agregados para el análisis de Redes Semánticas Naturales (RNS)

Con estos parámetros, se construyen y exploran las redes semánticas con la finalidad de analizar el papel que tienen los conceptos relacionados con la explicación física, argumentación física, fórmula física, ecuación matemática, la Física y la Matemática como ciencias formales, la predicción y el análisis como guías o principios en la explicación o argumentación característica del campo de la Física.

4. PROCEDIMIENTO.

a) CONCEPTOS, OBJETIVOS O PALABRAS DETONANTES SELECCIONADAS.

Las palabras detonantes elegidas para la construcción del instrumento, están asociadas a los conceptos con mayor generalidad que se hayan relacionados en mayor grado con la naturaleza del objeto de estudio, es decir, son conceptos asociados a la explicación y argumentación física que se construye durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos conceptos, y en concordancia con la literatura consultada, también se encuentran relacionados con problemas de aprendizaje, y sea tanto en el sentido conceptual, como operatorio, así como en la mecanización que se presenta durante la enseñanza de la Física (Jara, 2005). Los conceptos detonantes se agruparon en cuatro categorías con base en la relación que existe entre la explicación y la argumentación física, así como entre la Física y la Matemática como ciencias, con la finalidad de estudiar el impacto que tienen las representaciones conceptuales. Se tiene entonces que:

Es objeto de estudio y ligada en forma explícita a éste:

- Explicación física.
- Argumentación física.

Son conceptos que están presentes en la explicación física y la argumentación física (Lara-Barragán, 1995; Jara, 2005, Hewitt, 2007) u objeto de estudio como expresión simbólica, como lenguaje y como herramienta de la misma en el manejo de los modelos físicos construidos:

- Fórmula física.
- Ecuación matemática.

Estos conceptos se relacionan con el grado de asociación o disparidad que se aprecia en cada una de estas ciencias, y si se ha construido alguna distinción precisa sobre su campo de estudio (SEP, 2001):

- Física.
- Matemática.

Por último, se exploran dos conceptos íntimamente asociados a la Física y a la Matemática como ciencias formales, y en general, estos dos conceptos son las cualidades del pensamiento científico (Hecht, 1987; Cantoral, 2001):

- Predicción.
- Análisis.

Para llevarlo a cabo, se ha dividido el proceso en las siguientes etapas:

- 1) La primera corresponde a la selección de las personas que participaron en la investigación. La muestra definitiva quedó constituida por 13 personas pertenecientes a diferentes centros educativos. Los criterios de inclusión utilizados fueron:
 - La disposición voluntaria a participar de todas las personas que se visitó e invitó. La búsqueda e invitación de los participantes se hicieron bajo tres condiciones:
 - La primera es que se buscaron expertos en el campo de la Física en centros de enseñanza superior, tales como universidades o institutos de investigación. En este caso fueron investigadores pertenecientes Centro de Estudios en Física y Matemáticas Básicas y Aplicadas (CEFyMAP) de la Universidad Nacional Autónoma de Chiapas (UNACH), y que se encuentran adscritos a dicho Instituto.
 - La segunda, es con referencia a invitar a tres estudiantes de la licenciatura de Física del Centro de Estudios en Física y Matemáticas Básicas y Aplicadas (CEFyMAP) de la UNACH seleccionados al azar, y que hubieran cursado el 50% de la carrera o más.
 - La tercera, que los profesores participantes únicamente estuvieran en servicio activo e impartieran clases en el nivel de Secundaria (Técnica o General) o Telesecundaria dentro del Estado de Chiapas.
 - El enfoque de esta investigación es mixto cualitativo-cuantitativo, empleándose técnica de Redes Semánticas Naturales (RSN), para “*explicar la forma en la que se organiza información en torno a la memoria semántica*” (Valdez, 1998). Según este autor, la red semántica natural ofrece datos que están altamente relacionados con la palabra estímulo, y que por tanto pueden ser considerados e interpretados semánticamente. La información obtenida por esta técnica se organiza principalmente bajo los siguientes parámetros (Valdez 1998; Vivas, 2009):
 - El valor J o riqueza semántica.
 - El valor M o peso semántico.
 - El valor FMG o distancia semántica.
 - El valor G o grado de dispersión de los valores.
 - La tabla o grupo SAM, el núcleo de la red semántica resultante.
 - A los cuales se le agregaron otros parámetros propuestos por otros autores, ya que son de gran ayuda para la comparación e interpretación de la información recabada. Tales parámetros son (García y Jiménez, 1996):
 - El valor B o el total de palabras dadas a cierta palabra detonante.
 - El parámetro Q o consenso grupal entre grupos o tablas SAM.
 - El valor C o consenso entre palabras definidoras dadas en un grupo SAM.
 - También, y con base en otros autores consultados, se consideraron los siguientes parámetros estadísticos, que se utilizaron para seleccionar las palabras o conceptos que mejor identifican a la palabra o concepto detonante (Hinojosa, 2008):
 - El valor Fa: representa la frecuencia absoluta de cada una de las palabras definidoras que aparecen y son aportadas por la persona.
 - El valor Fr: es el parámetro relacionado con la frecuencia relativa, dada en porcentaje, y representa el valor relativo en porcentaje del número de veces que apareció dicho definidor en las respuestas aportadas por el total de participantes.
- 2) La segunda etapa es la aplicación de los cuestionarios, entrevistas a los expertos y a

los estudiantes de la Licenciatura en Física, así como con los docentes que imparte la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física), lo cual fue complementado con videograbaciones. Para esto se le pidió a cada uno de los participantes que contestara los cuestionarios que se le fueron presentando al azar y en forma individual. Antes de proceder a contestarlos, se les dieron instrucciones para el llenado, con ayuda exposición verbal y de ejemplos neutros (Vivas, 2009) de tal forma, que no quedara duda sobre el procedimiento a realizar. Posteriormente, ya con las hojas de los cuestionarios contestados, se procedió en primera instancia, a tabular las respuestas con el auxilio de hojas de cálculo. Con las tablas construidas, éstas deben ser revisadas con cuidado para verificar que las palabras hayan sido capturadas y tabuladas en la misma manera en que fueron expresadas, conservando su fidelidad, y dado el caso, para agrupar palabras cuando sean sinónimos o términos semejantes y estandarizar todas las palabras, para lo cual se utilizan letras minúsculas, siendo la primera letra de cada palabra mayúscula únicamente.

- 3) La tercera etapa, se enfoca a la construcción y a la comparación y análisis de las redes semánticas obtenidas con los grupos SAM, con base en las respuestas que se dan a diferentes preguntas planteadas en siete cuestionarios.
- 4) Y posteriormente, como última etapa se explora la interrelación de la red semántica con la explicación y la argumentación con base en cinco cuestionarios con problemas específicos de Física, en donde dos preguntas están relacionadas con los conceptos planteados en la red semántica, y cuatro cuestionarios que presentan problemas relacionados con la mecánica newtoniana y el movimiento, y su explicación con la Ley de Gravitación Universal, tema que se eligió porque dentro de la Física presenta grandes dificultades en su enseñanza y aprendizaje (Carretero, 1996; Driver et al., 2000)

b) POBLACIÓN.

La población de estudio fue seleccionada a través de una invitación personalizada y directa que se les hizo a los Expertos o Doctores en Física, a los estudiantes de la Licenciatura en Física de la UNACH elegidos de antemano al azar, y a los profesores que imparten clases en los niveles de Secundaria General, Secundaria Técnica y Telesecundaria. Así, se tuvo un total de 12 participantes, repartidos de la siguiente forma: Dos expertos en Física, tres estudiantes de la Licenciatura de Física de la UNACH, y siete profesores, de los cuales, siete pertenecen a Secundaria General, uno a Secundaria Técnica y una a Telesecundaria. Los datos y detalles se presentan en la tabla I.1. A continuación, se detalla el procedimiento para la recolección de la información en la población con que se cuenta.

Expertos en el campo de la Física.

Se lleva a cabo la aplicación de una batería de cuestionarios (siete cuestionarios en total) a un grupo de dos expertos en Física, con grado de doctor en la ciencia, así como una entrevista individual con el propósito de construir la tabla del grupo SAM que sirve de referencia, de contraste y comparación sobre los conceptos de Física a explorar en el proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollado por el profesor o docente dentro del aula durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Estudiantes de la Licenciatura en Física.

A esta parte de la población seleccionada, que consta de tres estudiantes de quinto semestre de la Licenciatura de Física, también se le aplica la batería de cuestionarios, con la finalidad de construir una segunda tabla del Grupo SAM que se considera como otro referente o base de comparación, ya que sería una tabla representativa de personas preparándose en el área de Física,

lo que conlleva la intención de tener información sobre los diferentes niveles de conceptualización o aprendizaje de la Física.

Docentes.

Se trabaja con siete docentes, los cuales todos imparten la asignatura de Física, en los niveles de Educación Básica de Secundaria General, Secundaria Técnica y Telesecundaria. Esta es la población que conforma el objeto de estudio, y es en la cual se centra el interés del objeto de estudio, es decir, los mecanismos que aplica o posee para construir una explicación física durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los datos recolectados son los que conforman la tercera tabla del Grupo SAM, el cual se compara con las dos tablas o grupos SAM descritos anteriormente.

c) INSTRUMENTOS.

Los instrumentos constan de siete cuestionarios, los que a continuación serán descritos.

1) Cuestionarios.

- a) Inicial: Cuestionarios 1 y 2, con preguntas abiertas y de relacionar conceptos o ideas, acerca de los ocho conceptos indicados. Posteriormente se jerarquizan asignándoles un valor de 10 (para la de mayor peso) hasta de 1 (la de menor peso).
- b) Con preguntas orientadoras (Zermeño *et al.*, 2005):
 - i. Cuestionario 3. Consta de cuatro preguntas, las cuales llevan el enfoque de explorar las ideas que tienen los profesores sobre la interrelación que hay entre la Física y la Matemática, siendo preguntas abiertas sobre esa interrelación. Estas preguntas se relacionan directamente con las siguientes palabras detonantes: Fórmula física, Ecuación matemática, Física (significado de la) y Matemática (significado de la).
 - ii. Cuestionarios 4 y 5. Son preguntas elaboradas para explorar los *p-primis* o conocimientos previos identificados por Driver *et al.*, (2000) y Carretero (1996) sobre dos conceptos físicos de gran importancia y medulares en los programas de estudio: la forma de la Tierra y la gravedad. El cuestionario fue diseñado y elaborado por Sneider (2010) y forma parte de la serie GEMS, incluida en el proyecto del *Lawrence Hall of Science* (LHS), elaborada por la Universidad de California. La importancia para este trabajo, es que las ideas sobre la forma de la Tierra y la gravedad han mostrado tener un proceso de evolución en el pensamiento de las personas, que reflejan etapas precisas sobre las construcciones cognitivas o representaciones que se han hecho de los conceptos físicos. Aquí la clave está en comparar las ideas de la gravedad y la forma de la Tierra de los profesores con la de los expertos y con estudiantes de la licenciatura de Física. Además, con el cuestionario cinco se busca ahondar en la exploración de las representaciones conceptuales sobre el uso que se les da a las expresiones matemáticas en la explicación y argumentación física utilizando y aprovechando las respuestas que se le dan a un problema puntual que se presenta (cuestionario cuatro). Estos cuestionarios están relacionados directamente con las palabras detonantes de Explicación física, Argumentación física, y con los seis restantes detonantes.
 - iii. Cuestionarios 6 y 7. Aquí las preguntas orientadoras van en el sentido de que se contrasten directamente expresiones matemáticas, que tienen el mismo significado, pero su representación solamente difiere en cuestión de las letras con que se han representado las variables que conforman la expresión matemática. Estos cuestionarios están relacionados directamente con las siguientes palabras detonantes: Fórmula física y Ecuación física, y se caracterizan con apoyo en la Tabla III.2.

2) *Entrevistas semi-estructuradas y abierta.*

Las entrevistas se llevan a cabo a un experto, a un estudiante de la Licenciatura en Física, y a los profesores de Educación Básica, y se estructuran parcialmente con base en las respuestas obtenidas en los cuestionarios previamente aplicados, por lo cual, se centra en el sentido o significado que le dan a las palabras o conceptos que hayan utilizado en las respuestas dadas a las preguntas hechas.

3) *Videograbaciones de una sesión de clase a los profesores de Secundaria.*

Se hicieron videograbaciones con los profesores de Secundaria General, Secundaria Técnica y Telesecundaria, con la finalidad de ver en una sesión práctica, la construcción de la explicación física durante el proceso de enseñanza-aprendizaje.

d) ETAPAS DE LA FÍSICA.

Como un marco referencial para ubicar las ideas previas detectadas, se considera a la Física, con base en un análisis con base en un apoyo histórico-epistemológico y en la clasificación que se hace actualmente (Hecht, 1988; Greene, 2016), y que se puede dividir en tres momentos o etapas con base a las características del significado que se da a los conceptos físicos según estudios sobre las experiencias sensoriales y evolutivos (Driver *et al.*, 2000), y en donde se determina la posición de los conceptos físicos que aparecen en las tablas SAM obtenidas. Es así que se tendrían representaciones conceptuales ubicadas en la (Driver *et al.*, 2000; Cantoral, 2001):

1° Física Aristotélica. Caracterizada por ideas fenomenológicas acerca de los fenómenos físicos, construidas con base en la experiencia sensorial básica y principalmente, a través de la observación contemplativa, sin buscar la contrastación por medio de la experimentación, la medida y el apoyo en los datos cuantitativos. Sus características se fueron desarrollando principalmente durante la época griega, y adoptadas por los romanos en la época romana y continuándose hasta la Edad Media. Su importancia recae en que siguen teniendo vigencia dado que:

“Aristóteles pudo expresar de manera abstracta y consistente muchas percepciones espontáneas del Universo que habían existido durante siglos antes de que él les diera un fundamento verbal lógico... las opiniones de los niños, de los miembros de tribus primitivas, y de muchos pueblos que no son occidentales, con sorprendente frecuencia van paralelas a las de él.”
(Kuhn citado por Ebison, en SEP, 1996, p. 168)

2° Física Newtoniana o Clásica. Se caracteriza porque la Física se torna en ciencia según el término de la palabra, ya que se adopta la experimentación como criterio de contraste y verificación de las observaciones y conclusiones que se obtienen, y en donde se aprecia en forma clara y el uso de la simbiosis entre la Física y la Matemática, además que el experimento se transforma en criterio de validez para los modelos físico-matemático que se construyen. La culminación de esta etapa, se tiene con la síntesis:

- a) Iniciada con los trabajos de Galileo sobre el movimiento de los cuerpos y la caída libre.
- b) La síntesis lograda a través de las tres leyes de la mecánica y la ley de la gravitación universal, que son modelos físico-matemáticos propuestos por Newton.
- c) Del desarrollo físico teórico-matemático llevado a cabo durante los siguientes dos siglos, el XVII y el XVIII.
- d) Matemática llevada a cabo por Maxwell del electromagnetismo. Se presentan características de una gran matematización de la Física, hasta el grado de denominarse una parte de esta como Física matemática o Analítica. Es en esta etapa donde se ubican las divisiones con que caracteriza Cantoral (2001) por un lado, su noción

de *El Praediciere*, que son:

- (i) *El Praediciere* como esquema.
- (ii) *El Praediciere* como modelo.
- (iii) *El Praediciere* como teoría.

Y por otro, la noción de *La Analiticidad*, que es cuando los fenómenos físicos han llevado una transformación tan a fondo a través del proceso de matematización, que son parte de la Física Analítica o Física Matemática.

3° Física Moderna. Es la Física desarrollada a partir de los inicios del siglo XX, caracteriza por el aparato intrínseco matemático que la estructura, pero que parte de los resultados experimentales que no eran posible explicarlos con la Física Clásica y que su estructura conceptual está basada totalmente en la matemática, alejándose o distanciándose de la fenomenología basada en la percepción. Estos resultados se transforman en los axiomas —en el sentido matemático del término— sobre los cuales se estructura esta etapa de la Física. Los modelos con que se explican y dan coherencia a sus teorías y dirigen la investigación, son completamente matemáticos, pero siguen contrastándose por medio de la experimentación, la cual es guiada por los modelos matemáticos desarrollados:

“El meollo de nuestra pequeña excursión por la tierra de las matemáticas es que las ecuaciones tienen soluciones y que estas pueden compararse con el <<mundo real>> de la medición y la observación.” (Lederman y Teresi, 2013, p. 38)

Además, cada una de estas etapas, es característica del tipo de pensamiento que se presenta en las representaciones de los novatos, personas fuera del círculo de la Física formal y que, de cierta forma, se trata de modificar por medio de un aprendizaje significativo de la Física, ya sea como educación básica o alfabetización científica, hasta los niveles universitarios de las distintas carreras de licenciatura o de mayor grado académico.

Aspecto	Pregunta	Objetivo
1. Concepciones del docente sobre el significado de fórmula y de ecuación, considerando:		
Concepciones que tiene el profesor sobre lo que representa una fórmula en Física.	1.1. Cuando ves una fórmula, por ejemplo: $v^2 = v_0^2 - 2a(x-x_0)$ o cualquier otra (escríbela por favor), ¿qué piensas que representa o significa?	Se exploran los significados que ha construido el profesor al utilizar el lenguaje físico (o fórmula), y qué representa la expresión como fórmula física y como se relaciona con un sistema semántico específico, ya sea el físico o el matemático.
Concepciones que tiene el profesor sobre lo que es una ecuación matemática.	1.2. Cuando ves una ecuación, por ejemplo: $y^2 - y_0^2 = -2k(x-x_0)$ o cualquier otra (escríbela por favor), ¿qué piensas que representa o significa?	Se exploran los significados que han construido al utilizar el lenguaje algebraico (o ecuación), y como lo relaciona con un sistema semántico, físico o matemático.
Qué concepciones tiene el profesor sobre la representación matemáticas de los conceptos básicos de la Física (hechos, principios, leyes, teorías, etc.)	1.3. ¿Cuál es tu opinión, de que la Física maneje sus términos o conceptos, como son aceleración, movimiento, trabajo, energía, etc., por medio de representaciones matemáticas?	Se explora cómo conceptualiza la relación Matemática-Física a través de opiniones o comentarios. Son preguntas orientadoras (Zermeño et al., 2005)
	1.4. Indica ejemplos donde se exprese algún concepto físico con ayuda de expresiones matemáticas, identificando cada una de las partes que constituyen las expresiones que indicas.	Y como complemento de la pregunta anterior, se explora por medio de las expresiones que se indiquen, cómo conceptualiza la relación Física-Matemática. (Zermeño et al., 2005)
Qué concepciones tiene el profesor acerca de la proporcionalidad matemática, operación de gran utilidad para la conversión entre registros de representación de la Física y de la matemática.	1.5. Qué entiendes cuando se dice que dos cantidades o variables son "directamente proporcionales". Indica algún ejemplo.	Se explora el concepto que tiene sobre proporcionalidad cuando es directamente su relación, y que lo exprese con sus propias palabras. (Zermeño et al., 2005)
	1.6. Qué entiendes cuando se dice que dos cantidades o variables son "inversamente proporcionales". Indica algún ejemplo.	Se explora el concepto que tiene sobre proporcionalidad cuando es inversamente su relación, y que lo exprese con sus propias palabras. (Zermeño et al., 2005)
	1.7. ¿Qué gráfica corresponde a la expresión "directamente proporcional" y cuál a la expresión "inversamente proporcional"?	Se explora el concepto que tiene sobre proporcionalidad cuando lo encuentra en forma gráfica o registro de representación gráfico.
2. Conexiones entre Física y Matemáticas que lleva a cabo el docente, considerando:		
Cómo relaciona el profesor una fórmula física con una ecuación matemática.	2.1. Qué semejanzas encuentran entre las siguientes expresiones: (a) $y = mx + b$ y ${}^0F = \frac{9}{5}{}^0C + 32$ (b) $\frac{x \cdot y}{z} = 6.2 \cdot k \cdot z_0$ y $\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}$ (c) $y = \frac{1}{k} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t}$ y $C = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t}$	Exploro el reconocimiento que hace el profesor de diversas expresiones donde asocio letras y símbolos que son comunes en matemáticas con fórmulas que se usan en Física.
Qué conceptos matemáticos encuentra el profesor en una fórmula. Ubicándolas desde las siguientes posturas: - Características matemáticas. - Funcionales, numéricas, causales.	2.2. De las expresiones dadas en el inciso anterior, elige las que quieras e indica lo siguiente de cada una de las que hayas elegido: a) ¿Hay dependencia de los valores numéricos entre las diferentes letras que forman la expresión? b) ¿Qué forma tendría la gráfica de cada una de las expresiones que hayas seleccionado? c) ¿Qué relación existe entre las diferentes letras que forman las	Concepto matemático de FUNCIÓN. Conversión entre registro de representación algebraico a gráfico. Concepto matemático de FUNCIÓN el cual se relaciona con el concepto de CAUSALIDAD físico.

Aspecto	Pregunta	Objetivo
	<p>expresiones? Por ejemplo, si alguna depende de otra, o si se conoce el valor de alguna es posible deducir el valor de las otras, etc.</p> <p>d) ¿Piensas que las expresiones indicadas te ayudan a resolver problemas de Matemáticas o de Física? Indica la razón de tu respuesta.</p>	<p>Conversión entre registro de representación algebraico a físico, tanto en su aplicación como en su reconocimiento de significados.</p>

Tabla III.3. Cuestionarios aplicados y elementos de análisis a considerar. Tabla guía para la interpretación del cuestionario no. 6 de preguntas orientadoras (Zermeño *et al.*, 2005).

Nivel de comprensión acerca de la forma de la Tierra y la gravedad.

Forma de la Tierra	Definición de cada nivel	Clasifican las respuestas	No. estudiantes
Forma nivel 4	La Tierra tiene la forma de una pelota, y la gente vive alrededor de la pelota.	Pregunta 1: Respuesta D y Pregunta 2: Respuesta D.	
Forma nivel 3	La Tierra tiene la forma de una pelota, pero la gente vive exactamente en la parte superior de la pelota.	Pregunta 1: Respuesta D y Pregunta 2: Respuesta A, B o C.	
Forma nivel 2	La Tierra tiene la forma de una pelota, pero la gente vive sobre las partes planas que tiene (o dentro de la pelota)	Pregunta 1: Respuesta B o C, cualquiera de las dos.	
Forma nivel 1	La Tierra es plana.	Pregunta 1: Cualquier respuesta desde la A o E, o no hay respuesta.	

Gravedad	Definición de cada nivel	Clasifican las respuestas	No. estudiantes
Gravedad nivel 3	Los objetos caen hacia el centro de la Tierra.	Pregunta 3: Las rocas se muestran cayendo hacia abajo, en dirección a la superficie de la Tierra, cerca de los pies de cada figura, y Pregunta 4: Las rocas se muestran cayendo en dirección hacia el centro de la Tierra, donde éstas ya sea que caen a través de la Tierra y oscilan hacia arriba y abajo, o se detienen en el centro de la Tierra.	
Gravedad nivel 2	Los objetos caen en dirección hacia la superficie de la Tierra.	Pregunta 3: Las rocas se muestran cayendo en línea recta hacia abajo hacia la superficie terrestre, quedando cerca de los pies de cada figura, y Pregunta 4: Las rocas no se detienen en el centro de la Tierra (Pueden mostrarse trayectorias que pasan a través de la Tierra, chocan en la superficie de la misma, o siguen algún otro camino o trayectoria)	
Gravedad nivel 1	Los objetos caen hacia abajo en el espacio exterior.	Pregunta 3: Las rocas se muestran con trayectorias que no caen directo hacia la superficie de la Tierra. (Las rocas siguen una trayectoria hacia el fondo de la página o son disparadas con cualquier ángulo alrededor del planeta)	

©1986 Universidad de California
Great Explorations in Math and Science (GEMS): Earth, Moon, and Stars

Tabla III.4. Plantilla para el análisis del cuestionario 4 “Ideas acerca de la forma de la Tierra” de las preguntas orientadoras.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS.

1. INTRODUCCIÓN.

Se presentan los resultados obtenidos con base en los datos recopilados por medio de los instrumentos indicados. Los resultados se encuentran distribuidos en tres partes: en la primera parte, los resultados se refieren a las dos primeras detonadoras: La Explicación física y la Argumentación física, por ser núcleo del objeto de estudio. Los resultados se han agrupado en las tablas que es el Grupo SAM, en donde se resumen las características halladas de los parámetros elegidos para el análisis de las redes semánticas obtenidas en esta investigación, con intención de tener un panorama para poder comparar la información obtenida de los seis conceptos centrales restantes que se consideraron para la construcción de éstas.

En la segunda parte, los resultados se concentran en la información obtenida en los cuestionarios con las preguntas orientadoras que se utilizaron para el estudio más puntual sobre las respuestas aportadas a las palabras detonadoras.

En la tercera parte, han agrupado en forma semejante en tablas o Grupo SAM, pero mostrando todos los detalles de la información, además se agregan dos tipos de gráficos: lo que indican la variación de los pesos semánticos o grupo SAM, y la de la distancia semántica para cada una de la definidora o palabra detonante. Además, se indican los parámetros elegidos para el análisis de las redes semánticas obtenidas en esta investigación, con la finalidad de tener un panorama comparativo de los ocho conceptos centrales que se consideraron como centro para la recolección de información.

2. RESULTADOS.

a) RESULTADOS DE LAS PALABRAS DETONADORAS DEL OBJETO DE ESTUDIO.

A continuación, se tienen los grupos SAM, y las gráficas de los pesos semánticos y de las distancias semánticas para cada una de las palabras detonantes que conforman el objeto de estudio, se presentan los resultados obtenidos con las dos primeras palabras detonadoras (1 y 2).

➤ Explicación física.

La información sobre éste concepto detonante, junto con la referente a la argumentación física, son de mayor relevancia, ya que son parte del objeto de estudio. Se tiene así que, con respecto a la riqueza semántica del grupo SAM de los profesores se tiene un valor de $J=22$, de un total de definidoras aportadas $B=56$, lo que equivale a un 39.6% del total de conceptos.

El significado de mayor valor de los profesores, según su tabla SAM, está relacionado con Argumentar y Argumentación física ($M=27$; $FMG=100.0\%$), por lo que se considera que la definición de la Explicación física (otro componente del objeto de estudio) está fuertemente interrelacionada con la detonante o es considerada como sinónimo de la detonante Argumentación física. Un concepto o palabra definidora nombrado y de gran importancia es el de Modelo ($M=19$, $FMG=70.4\%$) que se halla asociado con la estructura conceptual de la Física, y en general con la ciencia. Además, se tiene también una interrelación marcada con Análisis ($M=13$, $FMG=48.1\%$) en cuarto lugar, y que es otra de las palabras detonadoras elegidas como definidoras. En resumen, por parte de los profesores, se tienen diez conceptos referentes a la teoría física o científica (Modelo, Análisis, Velocidad, Fuerza, Distancia, Leyes, Inercia, Teoría, Movimiento y Peso), seis concretamente con conceptos físicos (Velocidad, Fuerza, Distancia, Inercia, Movimiento y Peso), uno con conceptos matemáticos (Gráficas) y uno con conceptos fenomenológicos (Fuerza), lo cual muestra consonancia por lo planteado por Driver *et. al.*, (2000) entre los conceptos físicos formales y los conceptos fenomenológicos o

asociados a la experiencia.

Comparando el núcleo de la red semántica o grupo SAM de los profesores con los expertos, no se hallan definidoras comunes, por consiguiente, es nulo el consenso ($Q_{ex}=0.0\%$). Por parte de los expertos, se tiene que el núcleo de la red recae sobre cuatro conceptos relacionados con procesos cognitivos y semánticos (Intuitivo, Explicación, Reflexión y Significado), que conforman entre FMG=100% al FMG=90% de la distancia semántica, que equivale a un peso semántico de $M=10$ al $M=9$, además muestran casi la mitad de valor de la dispersión los términos ($G=0.4$) en comparación con los profesores ($G=1.0$). Otra observación, es que la red semántica de los profesores se halla con mayor consenso, menor dispersión de conceptos y un núcleo con mayor acorde ($G=0.9$) con los estudiantes de la licenciatura de Física.

En lo que respecta a las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico, se observa que en los expertos hay un poco variación de estos valores, lo que se refleja en una curva de tendencia suave, mientras que en los profesores se distinguen dos saltos muy pronunciados (entre las definidoras Argumentar y Modelo, y esta última con Planteamiento, de 5 y 8 unidades), junto con otros tres de mayor suavidad (de una unidad) en el resto de la curva de tendencia, a semejanza con la curva que presentan las definidoras de los estudiantes de la licenciatura de Física.

Por último, con respecto a la distancia semántica, se observa en la gráfica de los expertos distancias pequeñas, lo que da la apariencia de un gráfico con valores concentrados en una franja angosta y bastante unidos al centro, que oscilan en un intervalo de FMG=100% al FMG=60%, mientras que en los profesores se aprecia un gráfico con una gran distancia semántica entre las definidoras, variando el intervalo entre el FMG=100% al FMG=20%, y que tampoco se asemeja a la gráfica de los estudiantes de la licenciatura de Física (FMG=100% al FMG=40%).

En lo referente a las preguntas orientadoras, que corresponden a las contenidas en los cuestionarios número 4 y 5, una parte de los resultados se muestra en tabla la IV.2, donde se observan que las ideas relacionadas con la forma de la Tierra son bastante disímboles, ya que dos profesores se ubican en el Nivel 1, saltando con un profesor al nivel 3, para finalizar con tres profesores en el nivel 4, donde se encuentran concentrados los expertos. Con respecto a la fuerza de gravedad, hay 5 en el nivel 2 y 5 en el nivel 3, junto con los expertos.

Expertos.

Grupo SAM: Explicación física					N = 2	
Palabras definidoras		M	G	FMG	Fa	Fr
1	Intuitivo	10	0	100.0%	1	33.3%
2	Explicación	10	0	100.0%	1	33.3%
3	Reflexión	9	1	90.0%	1	33.3%
4	Significado	9	0	90.0%	1	33.3%
5	Truco	8	1	80.0%	1	33.3%
6	Sabiduría	8	0	80.0%	1	33.3%
7	Razón	7	1	70.0%	2	66.7%
8	Atajo	7	0	70.0%	1	33.3%
9	Conocimiento	7	0	70.0%	1	33.3%
10	Entendimiento	6	1	60.0%	2	66.7%
			0	0.0%		0.0%
J =		10	0.4		12	60.0%
B =		18				
J/B =		55.6%				

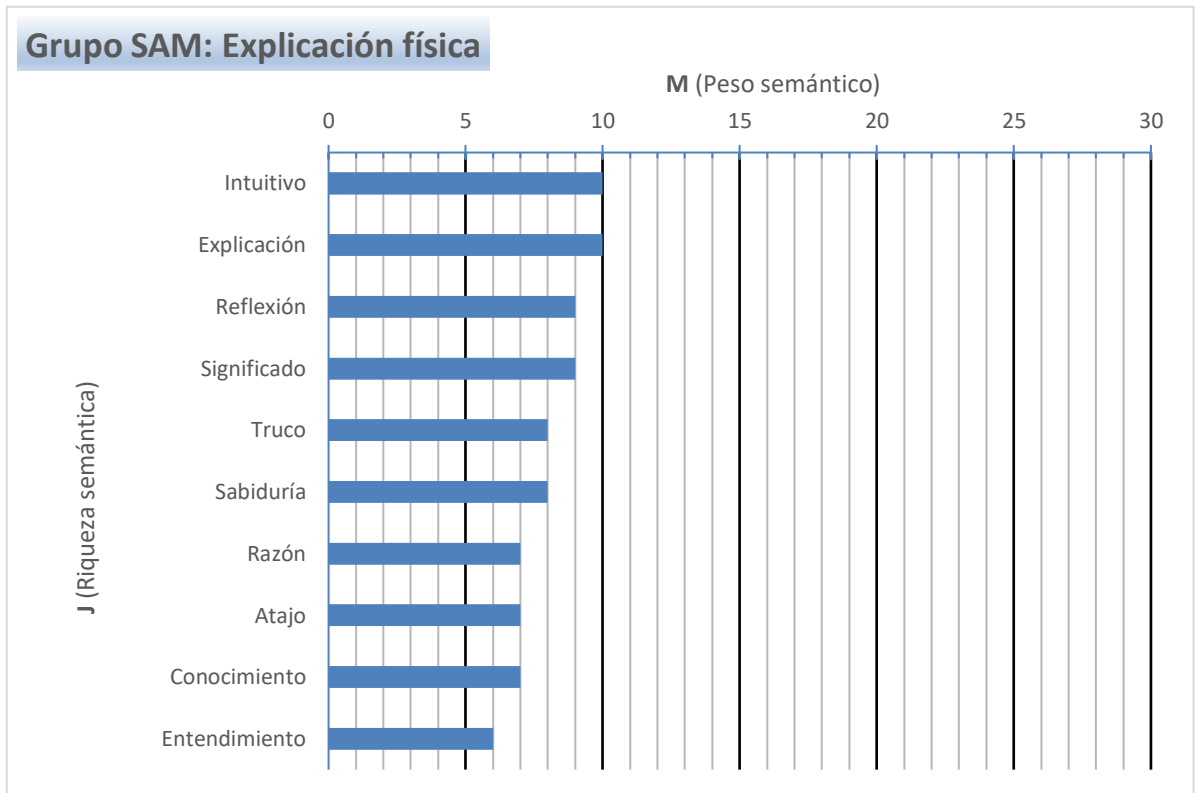
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Grupo SAM: Explicación física					N = 3		
Palabras definidoras		M	G	FMG	Ce	Fa	Fr
1	Introducción	18	0	100.0%	0	2	66.7%
2	Idea(s)	16	2	88.9%	0	3	100.0%
3	Naturaleza	12	4	66.7%	0	2	66.7%
4	Argumento(s)	11	1	61.1%	0	2	66.7%
5	Razonamiento	10	1	55.6%	0	2	66.7%
6	Tamaño	10	0	55.6%	0	1	33.3%
7	Observaciones	10	0	55.6%	0	1	33.3%
8	Pensar	9	1	50.0%	0	1	33.3%
9	Forma	9	0	50.0%	0	1	33.3%
10	Ciencia	8	1	44.4%	0	2	66.7%
11	Relación	8	0	44.4%	0	1	33.3%
12	Formulario	7	1	38.9%	0	1	33.3%
13	Interpretación	7	0	38.9%	0	1	33.3%
			0	0.0%			0.0%
J =		13	0.9		0	20	66.7%
B =		23					
J/B =		56.5%					
Q =		0					

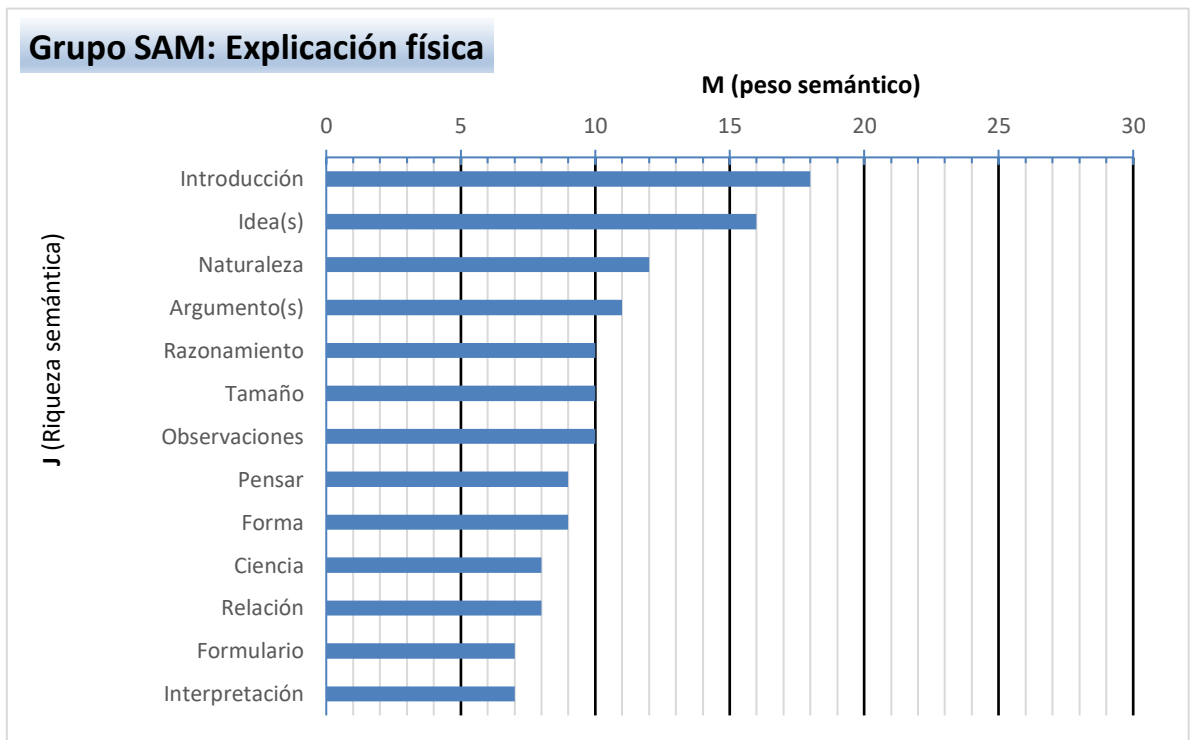
Profesores.

Grupo SAM: Explicación física							N = 7	
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr
1	Argumentar, argumentación física	27	0	100.0%	0	9	3	42.9%
2	Modelo(s)	19	8	70.4%	0	0	2	28.6%
3	Plantear(miento)	14	5	51.9%	0	0	2	28.6%
4	Análisis, analizar hechos	13	1	48.1%	0	0	2	28.6%
5	Energía	12	1	44.4%	0	0	2	28.6%
6	Velocidad	11	1	40.7%	0	0	1	14.3%
7	Fuerza (corporal)	10	1	37.0%	0	0	1	14.3%
8	Distancia	10	0	37.0%	0	0	1	14.3%
9	Estructurar	10	0	37.0%	0	0	1	14.3%
10	Construcción mental	10	0	37.0%	0	0	1	14.3%
11	Gráficas	10	0	37.0%	0	0	1	14.3%
12	Leyes	9	1	33.3%	0	0	1	14.3%
13	Inercia	9	0	33.3%	0	0	1	14.3%
14	Teoría	9	0	33.3%	0	0	1	14.3%
15	Movimiento	8	1	29.6%	0	0	1	14.3%
16	Peso	8	0	29.6%	0	0	1	14.3%
17	Cotidiano	8	0	29.6%	0	0	2	28.6%
18	Pensar(miento) causas	8	0	29.6%	0	6	1	14.3%
19	Hipótesis	8	0	29.6%	0	0	1	14.3%
20	Síntesis	8	0	29.6%	0	0	1	14.3%
21	Notas	8	0	29.6%	0	0	1	14.3%
22	Información, Informar	6	2	22.2%	0	0	2	28.6%
J =		22	1.0		0	15	30	44.8%
B =		56						
J/B =		39.3%						
Qex =		0.0%						
Qes =		16.7%						

Expertos.

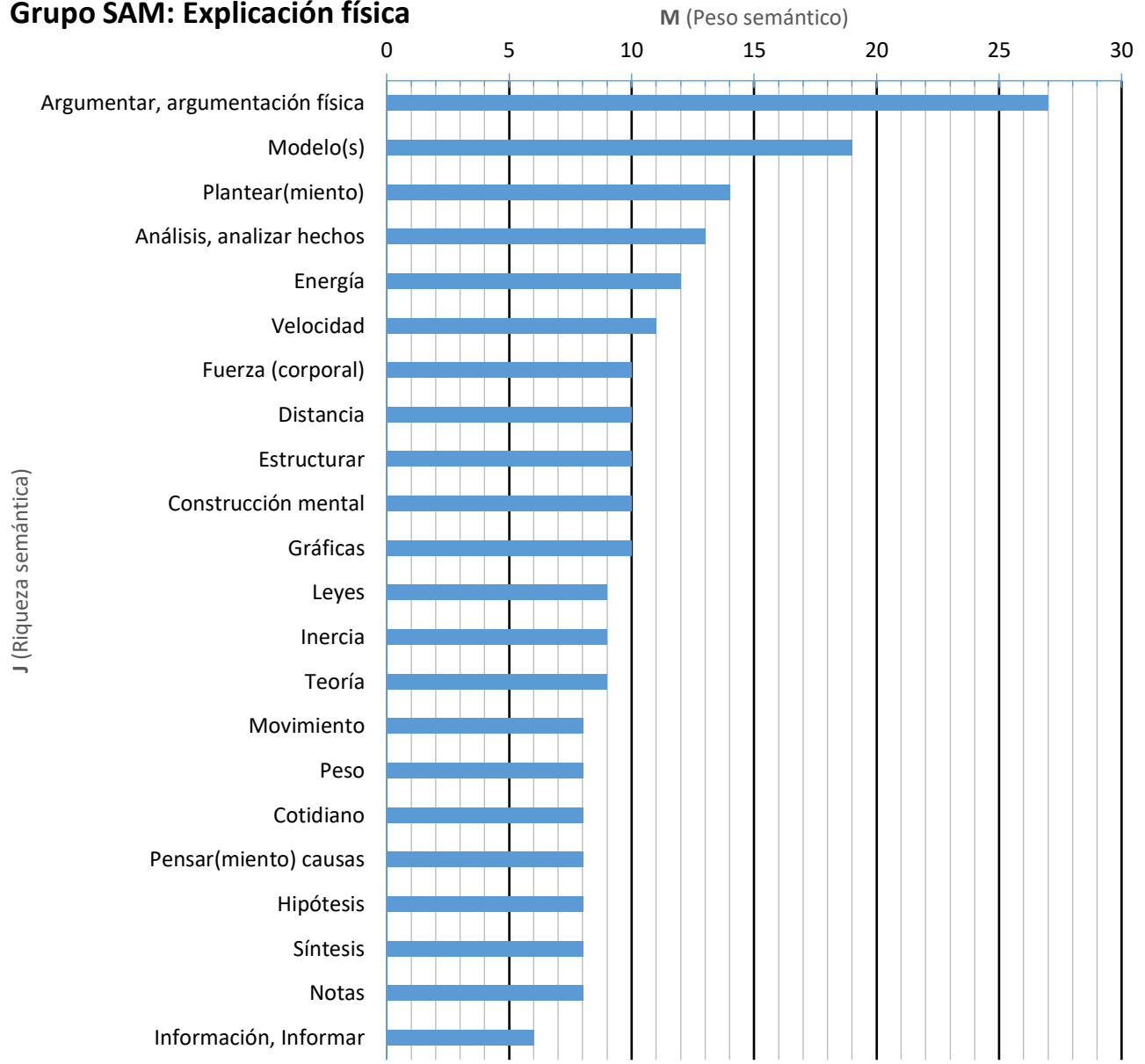


Estudiantes de la Licenciatura en Física.

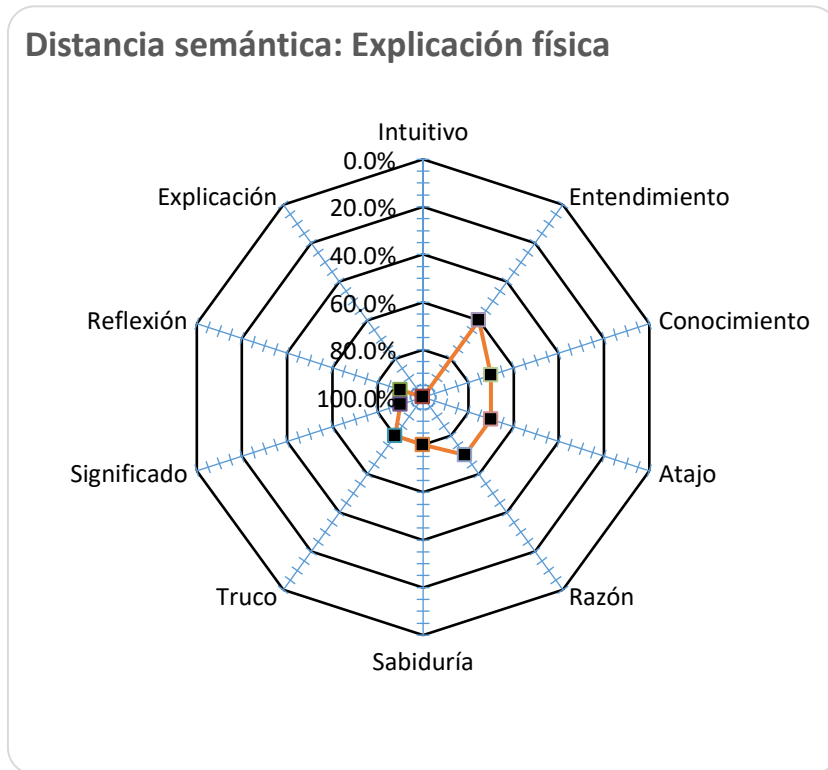


Profesores.

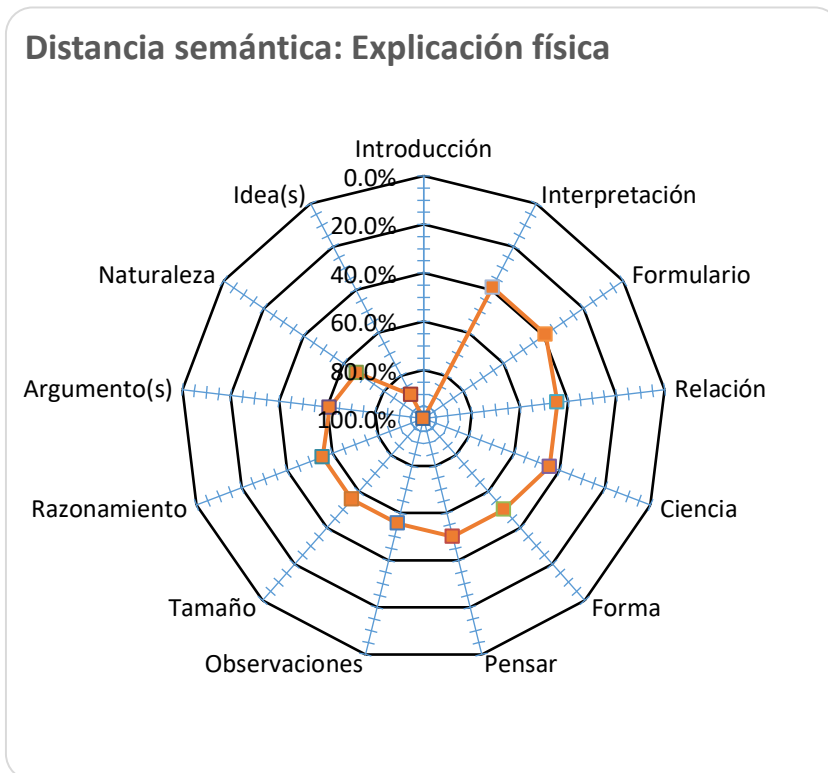
Grupo SAM: Explicación física



Expertos.

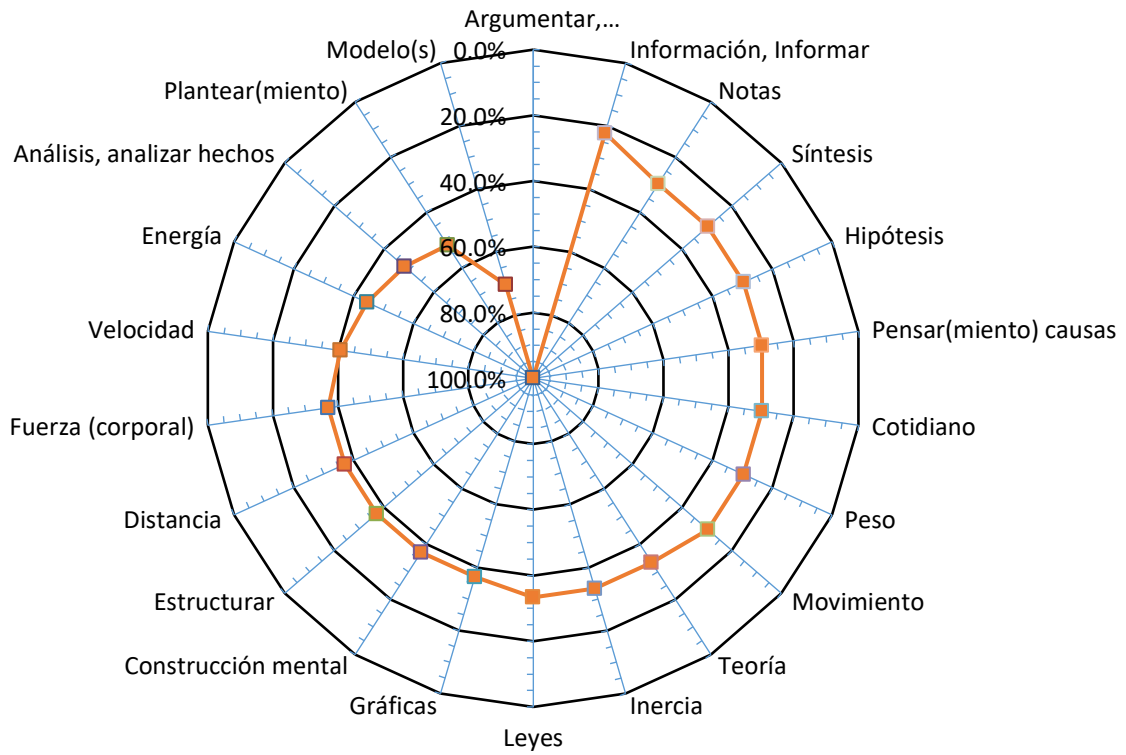


Estudiantes de la Licenciatura en Física.



Profesores.

Distancia semántica: Explicación física



➤ **Argumentación física.**

Estos datos, junto con los referentes a la explicación física, son de mayor relevancia ya que forman parte del objeto de estudio.

Con respecto a la riqueza semántica del grupo SAM de los profesores, de un total de definidoras aportadas $B = 50$, se tiene que un valor de $J = 23$, lo que equivale a un 46.0% del total de conceptos.

El grupo SAM muestra que la definidora de mayor valor de los profesores, está relacionado con Conocimiento y Conocer, por lo que se considera que la definición de Argumentación física es equivalente a conocer. Pero en contraste con la primera palabra detonante de Explicación física, ésta está relacionada con otras cuatro palabras detonantes: Explicación, Argumentación física, Predicción y Análisis. Por parte de los expertos, Argumentación física, se considera como sinónimo de Posterior, Orden y Relación, conceptos relacionadas con lo ordinal u orden, y hay otra referente a Validación, concepto muy importante, ya que se refiere a el grado de objetividad o de realidad que tiene la argumentación. Por parte de los estudiantes de la Licenciatura en Física, el núcleo semántico lo constituyen dos conceptos: Coherencia y Lógica, ambos relacionados con características de la estructura científica de la ciencia.

Por otro lado, y continuando con la comparación del núcleo de la red semántica o grupo SAM de los profesores con los expertos y los estudiantes de la licenciatura, se hallan dos definidoras comunes con los expertos —Explicación y Fórmula—, lo que equivale a un consenso del $Q_{ex}=6.7\%$; y con los estudiantes de licenciatura de Física, se encuentran tres definidoras comunes —Expresión, Pensamiento e Ideas— dando como consecuencia un consenso del $Q_{es}=22.2\%$, aproximadamente tres veces y media en relación con los expertos, mostrando una mayor interrelación Profesores-Estudiantes de Licenciatura de Física.

Por parte de los expertos, se tiene que el núcleo de la red recae sobre cuatro conceptos relacionados tres con orden y uno con valor —Posterior, Orden, Validación y Relación—, y que conforman entre el $FMG=100\%$ al $FMG=90\%$ (primer decil) de la distancia semántica, correspondiente a un peso semántico de $M=10$ al $M=9$. Además, se tienen poca dispersión los entre los términos ($G=0.3$) en comparación con los profesores ($G=1.0$), que es casi tres veces su valor. Otra cuestión observable, es que la red semántica de los profesores se halla con mayor consenso, dispersión de conceptos y núcleo acorde a los estudiantes de la licenciatura de Física, dado que es mayor el consenso o $Q_{es}=22.2\%$, consecuencia del número de definidoras comunes (3) y una dispersión semejante (profesores $G=1.0$ con estudiantes de la licenciatura de Física $G=0.9$).

Por otra parte, al observar y comparar las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico, se tiene que para los expertos hay una curva de tendencia suave, disminuyendo en intervalos de una unidad de diferencia, sin cambios abruptos entre ellos; mientras que en los profesores, se observa dos saltos muy pronunciados, de 8 y 6 unidades entre la palabra definidora uno que corresponde a Conocimiento, y la número dos, Explicación; y entre esta y la definidora número tres —Análisis—, junto con otros tres cambios de mayor suavidad, de un valor igual a una unidad en la curva de tendencia.

Por último, con respecto a la distancia semántica entre las palabras definidoras, se observa en la gráfica de los expertos distancias pequeñas, dando la figura de un gráfico con valores muy juntos, que oscilan en un intervalo de $FMG=100\%$ al $FMG=70\%$, mientras que en los profesores se aprecia un gráfico con una gran distancia semántica entre las definidoras, variando el intervalo entre el $FMG=100\%$ al $FMG=25\%$, lo que tampoco se asemeja a la gráfica de los estudiantes de la licenciatura de Física, que varía entre $FMG=100\%$ al $FMG=40\%$.

Expertos.

Grupo SAM: Argumentación física					N = 2	
Palabras definidoras	M	G	FMG	Fa	Fr	
1	Posterior	10	0	100.0%	1	33.3%
2	Orden	10	0	100.0%	1	33.3%
3	Validación	9	1	90.0%	1	33.3%
4	Relación	9	0	90.0%	1	33.3%
5	Reflexionar	8	1	80.0%	1	33.3%
6	Fórmula	8	0	80.0%	1	33.3%
7	Razón(amiento)	7	1	70.0%	2	66.7%
8	Explicación	7	0	70.0%	2	66.7%
9	Fundamentar	7	0	70.0%	1	33.3%
10	Ecuación	7	0	70.0%	1	33.3%
	J =	10	0.3		12	60.0%
	B =	18				
	J/B =	55.6%				

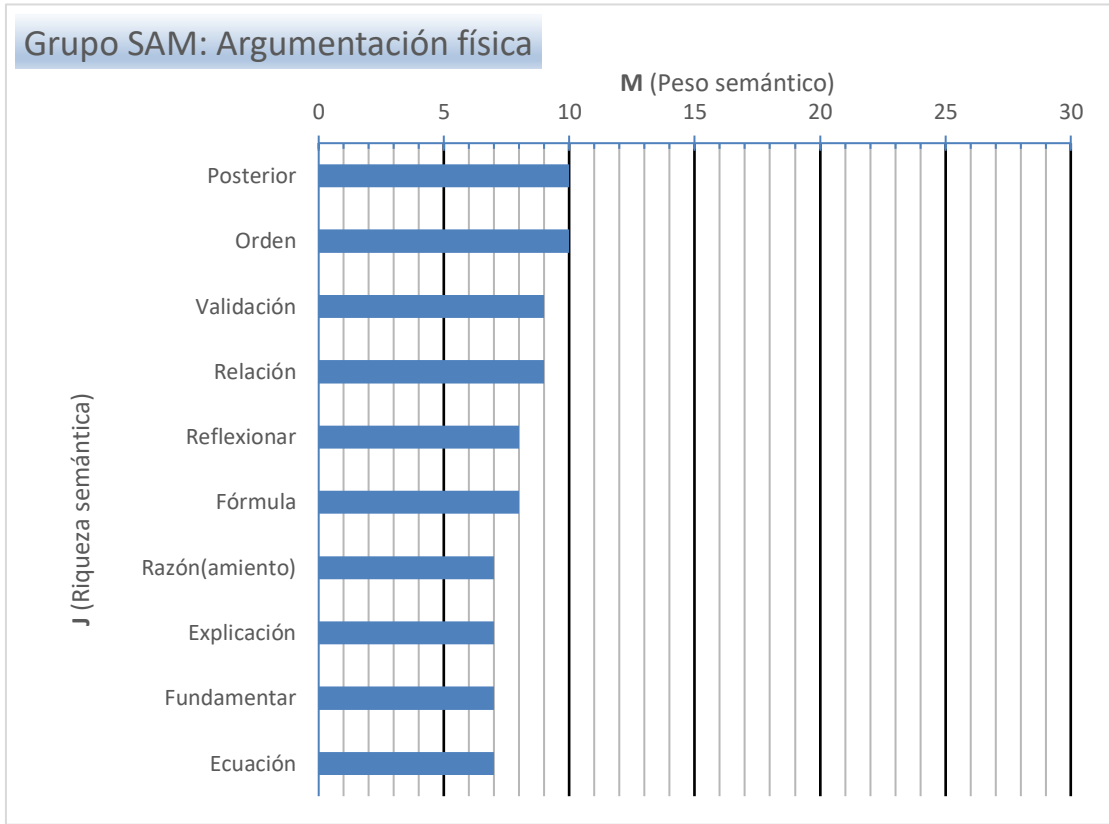
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Grupo SAM: Argumentación física					N = 3		
Palabras definidoras	M	G	FMG	C _{ex}	Fa	Fr	
1	Coherencia	16	0	100.0%	0	2	66.7%
2	Lógica	14	2	87.5%	0	3	100%
3	Concepto	10	4	62.5%	0	2	66.7%
4	Expresión	10	0	62.5%	0	1	33.3%
5	Teoría	10	0	62.5%	0	1	33.3%
6	Matemáticas	9	1	56.2%	0	2	66.7%
7	Representación	9	0	56.2%	0	1	33.3%
8	Ensayos	9	0	56.2%	0	1	33.3%
9	Pensamientos	8	1	50.0%	0	1	33.3%
10	Interpretación	8	0	50.0%	0	1	33.3%
11	Idea(s)	7	1	43.7%	0	2	66.7%
	J =	11	0.9	0	17	56.7%	
	B =	24					
	J/B =	45.8%					
	Q =	0.0					

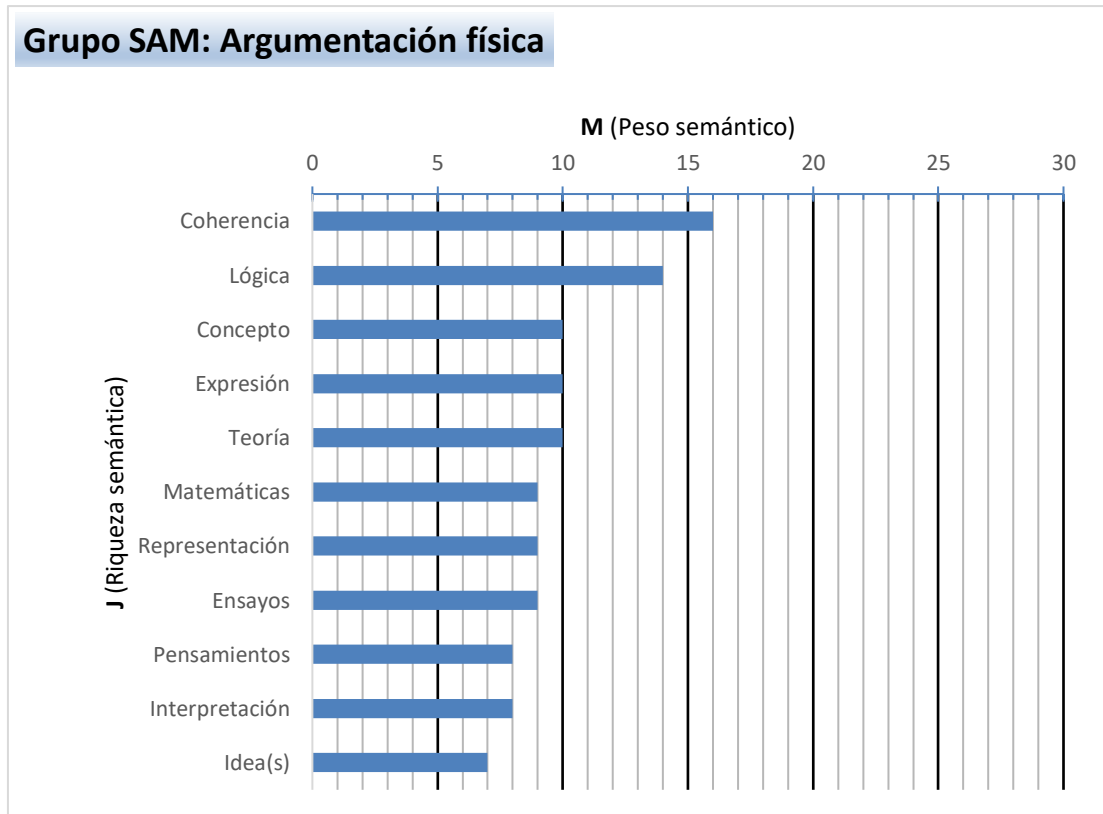
Profesores.

Grupo SAM: Argumentación física							N = 7	
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr
1	Conocimiento, Conocer	29	0	100.0%	0	0	4	57.1%
2	Explicar(ción)	21	8	72.4%	4	0	4	57.1%
3	Analizar, Analizar hechos	15	6	51.7%	0	0	2	28.6%
4	Fórmulas	14	1	48.3%	2	0	2	28.6%
5	Pensamiento sustentado, Pensar causas	14	0	48.3%	0	9	2	28.6%
6	Experimentos, Experimentación física	11	3	37.9%	0	0	4	57.1%
7	Comprobación	11	0	37.9%	0	0	2	28.6%
8	Investigación(ar)	11	0	37.9%	0	0	2	28.6%
9	Platicar	10	1	34.5%	0	0	1	14.3%
10	Ideas, Sugerir ideas	10	0	34.5%	0	9	2	28.6%
11	Científico	10	0	34.5%	0	0	1	14.3%
12	Intangible	10	0	34.5%	0	0	1	14.3%
13	Carteles	10	0	34.5%	0	0	1	14.3%
14	Participación	9	1	31.0%	0	0	1	14.3%
15	Lotería	9	0	31.0%	0	0	1	14.3%
16	Plantear	8	1	27.6%	0	0	1	14.3%
17	Lecturas	8	0	27.6%	0	0	1	14.3%
18	Predicción	8	0	27.6%	0	0	1	14.3%
19	Propuesta argumentada	8	0	27.6%	0	0	1	14.3%
20	Argumentación física	8	0	27.6%	0	0	1	14.3%
21	Video	8	0	27.6%	0	0	1	14.3%
22	Decir, Expresión hablada	7	1	24.1%	0	2	2	28.6%
23	Fenómenos, Descubrir fenómenos	7	0	24.1%	0	0	2	28.6%
J =		23	1.0		6	20	40	59.7%
B =		50						
J/B =		46.0%						
Qex =		6.7%						
Qes =		22.2%						

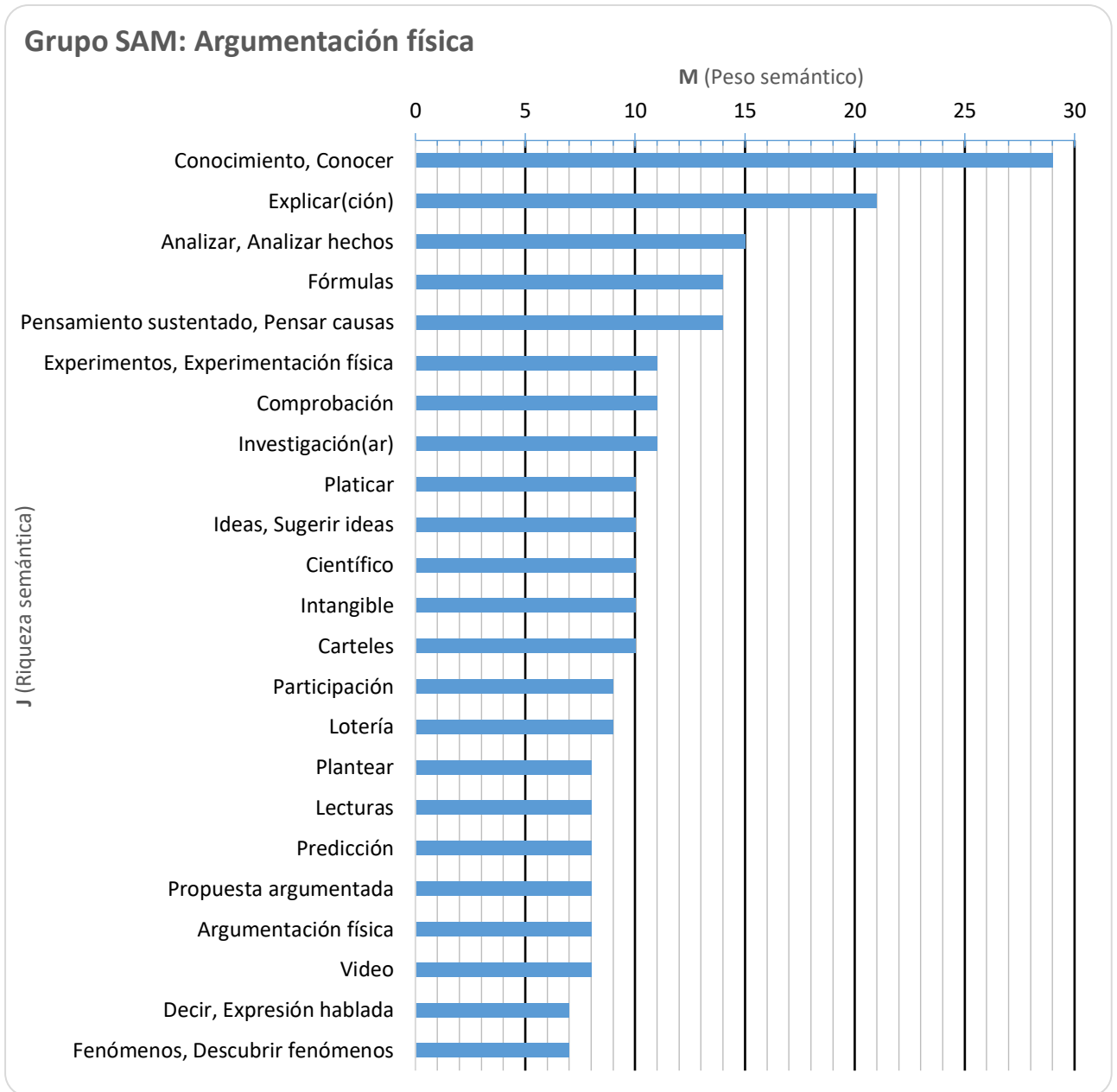
Expertos.



Estudiantes de la Licenciatura en Física.



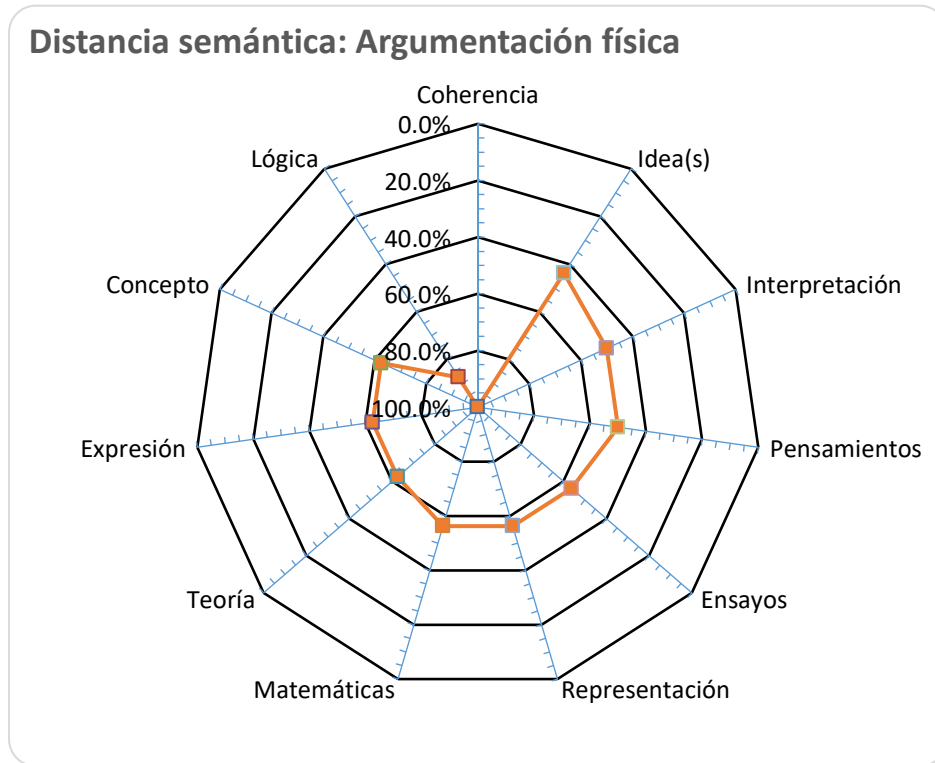
Profesores.



Expertos.

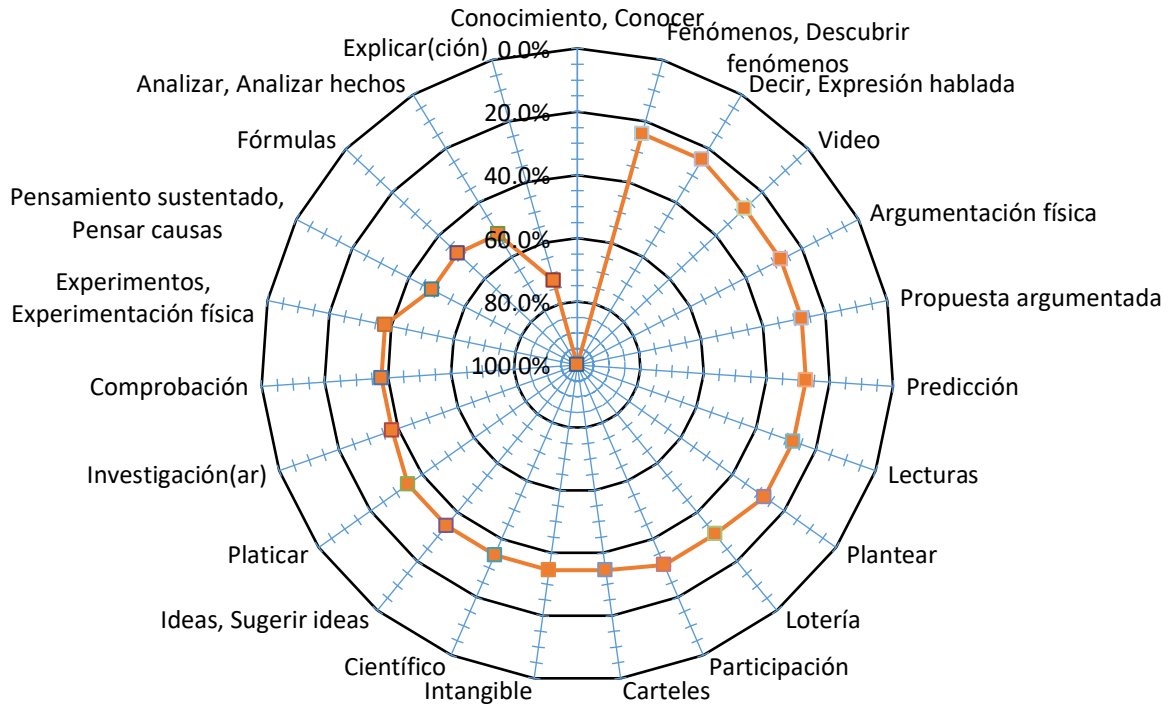


Estudiantes de la Licenciatura en Física.



Profesores.

Distancia semántica: Argumentación física



b) RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS ORIENTADORAS DE CUESTIONARIOS ANEXOS.

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos con el cuestionario número cuatro “¿Cuáles son tus ideas acerca de la Tierra?”, el cual se orientó en dos conceptos, la forma de la Tierra y la fuerza de gravedad.

	Perfil total del grupo de participantes							
	Forma de la Tierra				Gravedad			
	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4
20								
19								
18								
17								
16								
15								
14								
13								
12								
11								
10								
9								
8								
7								
6				Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)		Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)		
5				Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)		Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)	Estudiantes de la Licenciatura de Física	
4				Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)		Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)	Estudiantes de la Licenciatura de Física	
3			Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)	Estudiantes de la Licenciatura de Física		Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)	Estudiantes de la Licenciatura de Física	
2	Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)		Estudiantes de la Licenciatura de Física	Expertos		Estudiantes de la Licenciatura de Física	Expertos	
1	Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)		Estudiantes de la Licenciatura de Física	Expertos		Estudiantes de la Licenciatura de Física	Expertos	

Leyenda:




-  Expertos
-  Estudiantes de la Licenciatura de Física
-  Profesores de Ciencias II (énfasis en Física)

Tabla IV.2. Resultados de las preguntas orientadoras de los cuestionarios 4 y 5 “¿Cuáles son tus ideas acerca de la Tierra?”

c) RESULTADOS DE LAS PREGUNTAS ORIENTADORAS.

A continuación, se tienen los grupos SAM, y las gráficas de los pesos semánticos y de las distancias semánticas para cada una de las palabras detonantes que se utilizaron en los instrumentos. En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos con las dos primeras palabras detonadoras (1 y 2), y los resultados obtenidos con los cuestionarios 3, 6 y 7, donde se tienen las preguntas orientadoras sobre las dos mismas palabras iniciales.

➤ **Fórmula física.**

Con respecto a la riqueza semántica del grupo SAM de los profesores, de un total de definidoras aportadas $B=54$, se tiene que el valor de $J=25$, lo que equivale a una $(J/B)=46.3\%$ del total de conceptos aportados. También muestra que la definidora de mayor valor de los profesores ($M=17$), está relacionado con Relación, Relación de variables, por lo que se considera que la definición de Fórmula física es sinónimo de una relación o función de variables. Las otras dos definidoras son Literales, Letras, Modelo y Números ($M=15$), lo cual están relacionadas con los componentes y significado que tienen las fórmulas físicas. También presenta relación con otras palabras detonantes: Ecuación matemática ($M=11$) y Predicción ($M=9$), la primera con una distancia $FMG=64.7\%$, y la segunda con una $FMG=52.9\%$, estando más cerca el concepto de Ecuación. Entre los expertos, se considera como sinónimo de Dependencia ($M=13$), conceptos relacionados con lo funcional y otra referente a Consecuencia ($M=10$); y por parte de los estudiantes de la Licenciatura en Física, el núcleo semántico lo constituyen dos conceptos: Ecuación o Ecuaciones ($M=14$) y Argumentos o Argumentos ($M=11$). Otros parámetros son los de dispersión en donde los Profesores tienen la de menor valor ($G=0.5$), en comparación con los Expertos de $G=0.8$ y los Estudiantes de la licenciatura de Física que es $G=1.0$. El resto de las palabras definidoras aportadas por los Profesores están relacionadas con lo operativo matemático (10), con conceptos físicos (3) y con relaciones epistemológicas como Guía de razonamiento, lenguaje físico, objetos de estudio, entre otros (6).

Por otro lado, continuando con la comparación del núcleo de la red semántica o grupo SAM de los Profesores con los Expertos y los Estudiantes de la licenciatura, se hallan una definidora común con los expertos —Ecuación—, lo que genera un consenso del $Q_{ex}=10.0\%$; y con los Estudiantes de licenciatura de Física se encuentran dos definidoras comunes —Ecuación y Matemática— dando como consecuencia un consenso del $Q_{es}=22.2\%$, aproximadamente dos veces la relación con los expertos, demostrando mayor interrelación.

Por otra parte, al observar y comparar las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico, se observa que en los Expertos hay una curva de tendencia suave, con un solo salto de 3 unidades, entre la palabra principal y las restantes. En resto de la curva, no hay contrastes mayores a 1 unidad en sus valores, sin cambios abruptos entre ellos; mientras que, en los Profesores, se observa tres saltos de 2 unidades como máximo al principio, casi a la mitad y al final de la curva. Entre los Estudiantes de la licenciatura, en contraste, se tienen dos saltos abruptos, de 3 y 4 unidades, al principio y al final de la curva.

Por último, con respecto a la distancia semántica entre las palabras definidoras, se observa en la gráfica de los Expertos distancias semejantes, dando la figura de un gráfico con valores que oscilan en un intervalo de $FMG=100\%$ al $FMG=55\%$, mientras que en los Profesores se aprecia un gráfico con una distancia semántica entre las definidoras variando en el intervalo de $FMG=100\%$ al $FMG=35\%$, pero con una curva muy uniforme, lo que tampoco se asemeja a la gráfica de los Estudiantes de la licenciatura de Física, que remata en un cambio brusco, ya que de un $FMG=57.1\%$ disminuye a un 28.6% .

Expertos.

Grupo SAM: Fórmula física				N = 2	
Palabras definidoras	M	G	FMG	Fa	Fr
1 Dependencia	13	0	100.0%	2	66.7%
2 Consecuencia	10	3	76.9%	1	33.3%
3 Razón	10	0	76.9%	1	33.3%
4 Ecuación	9	1	69.2%	2	66.7%
5 Manifestación	9	0	69.2%	1	33.3%
6 Concretos	8	1	61.5%	1	33.3%
7 Ligadura	7	1	53.8%	1	33.3%
8 Particularidad	7	0	53.8%	1	33.3%
9 Regla	6	1	46.1%	1	33.3%
10 Contenido	6	0	46.1%	1	33.3%
					0.0%
J =	10	0.8		12	60.0%
B =	18				
J/B =	55.6%				

Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Grupo SAM: Fórmula física				N = 3		
Palabras definidoras	M	G	FMG	Cex	Fa	Fr
1 Ecuación(es)	14	0	100.0%	8	3	100.0%
2 Argumento(s)	11	3	78.6%	0	2	66.7%
3 Resolver	10	1	71.4%	0	1	33.3%
4 Conclusiones	10	0	71.4%	0	1	33.3%
5 Teoría	10	0	71.4%	0	1	33.3%
6 Representación	9	1	64.3%	0	1	33.3%
7 Matemáticas	9	0	64.3%	0	2	66.7%
8 Predicción	9	0	64.3%	0	1	33.3%
9 Introducción	8	1	57.1%	0	1	33.3%
10 Descripción	8	0	57.1%	0	1	33.3%
11 Lógica	4	4	28.6%	0	2	66.7%
		0	0.0%			0.0%
J =	11	1.0		8	16	53.3%
B =	25					
J/B =	44.0%					
Q =	8					

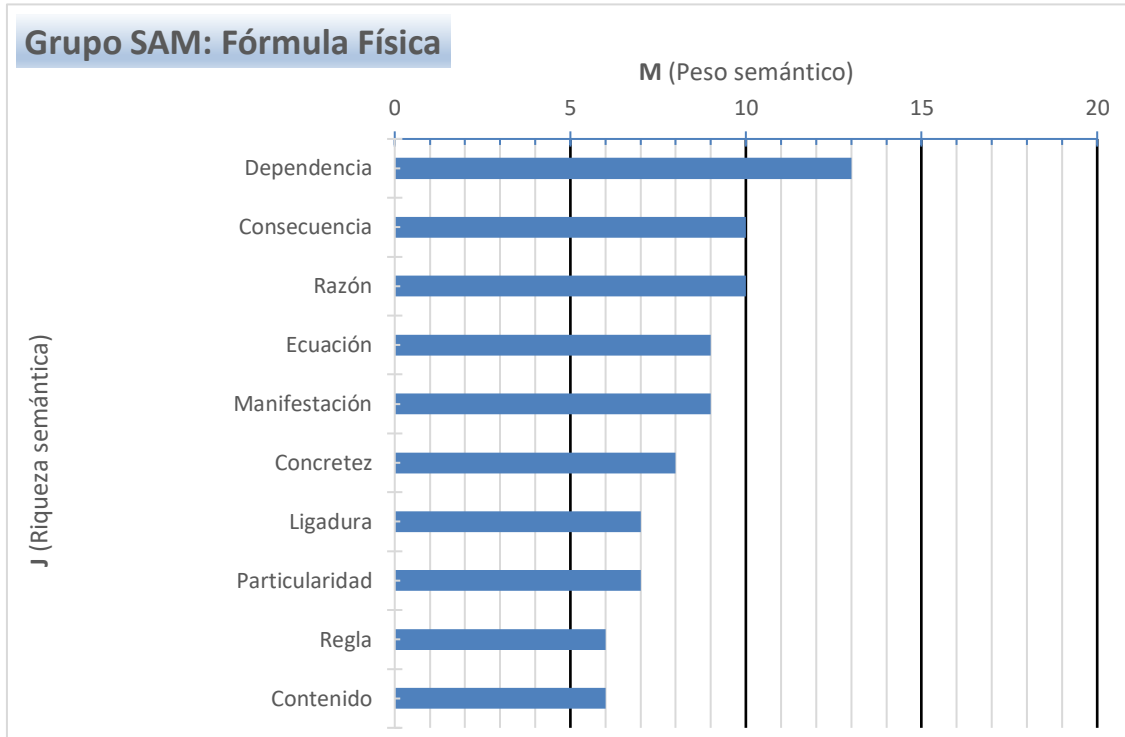
Profesores.

Grupo SAM: Fórmula física							N =	7	
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr	
1	Relación, R. de variables	17	0	100.0%	0	0	3	42.9%	
2	Letras (símbolos), Literales	15	2	88.2%	0	0	2	28.6%	
3	Modelación, Modelo, Modelar fenómenos físicos	15	0	88.2%	0	0	3	42.9%	
4	Números	13	2	76.5%	0	0	3	42.9%	
5	Proporcional, P. directamente	12	1	70.6%	0	0	2	28.6%	
6	Medición	11	1	64.7%	0	0	2	28.6%	
7	Ecuación(es), Ecuación matemática	11	0	64.7%	3	6	3	42.9%	
8	Expresión matemática	11	0	64.7%	0	0	2	28.6%	
9	Estructurar	10	1	58.8%	0	0	1	14.3%	
10	Fuerza	10	0	58.8%	0	0	1	14.3%	
11	Objetos	10	0	58.8%	0	0	1	14.3%	
12	Lenguaje físico	10	0	58.8%	0	0	1	14.3%	
13	Esquemas	10	0	58.8%	0	0	1	14.3%	
14	División <Oper. Mat>	9	1	52.9%	0	0	1	14.3%	
15	Despeje, Predecir	9	0	52.9%	0	0	1	14.3%	
16	Gravedad, Explicación	9	0	52.9%	0	0	1	14.3%	
17	Operación(es) <Oper. Mat>	8	1	47.1%	0	0	2	28.6%	
18	Multiplicación <Oper. Mat>	8	0	47.1%	0	0	1	14.3%	
19	Encontrar	8	0	47.1%	0	0	1	14.3%	
20	Variables, Interrelación de	8	0	47.1%	0	0	2	28.6%	
21	Establecer	8	0	47.1%	0	0	1	14.3%	
22	Guía de razonamiento	8	0	47.1%	0	0	1	14.3%	
23	Comprender numéricamente fenómenos	8	0	47.1%	0	0	1	14.3%	
24	Signos	8	0	47.1%	0	0	1	14.3%	
25	Matemática, Relación	6	2	35.3%	0	18	2	28.6%	
		J =	25	0.46		9	10	40	58.0%
		B =	54						
		J/B =	46.3%						
		Qex =	9						
		Qes =	10						

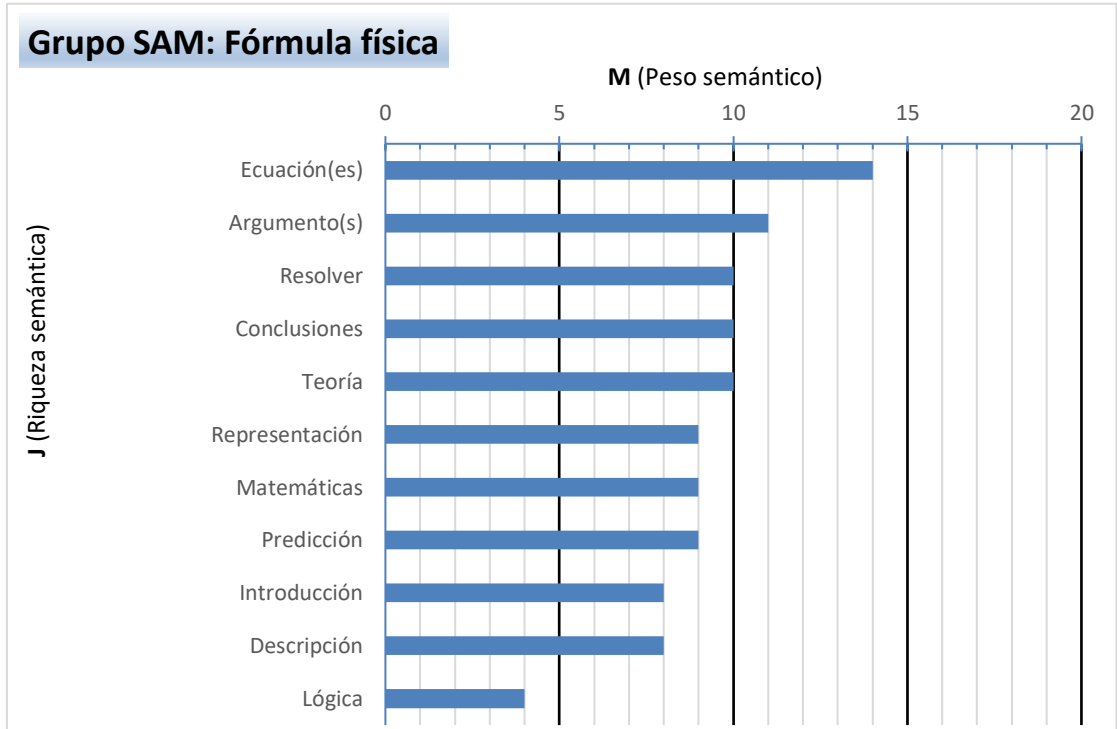
Nota.

Oper. Mat = Operaciones Matemáticas relacionadas con la Aritmética.

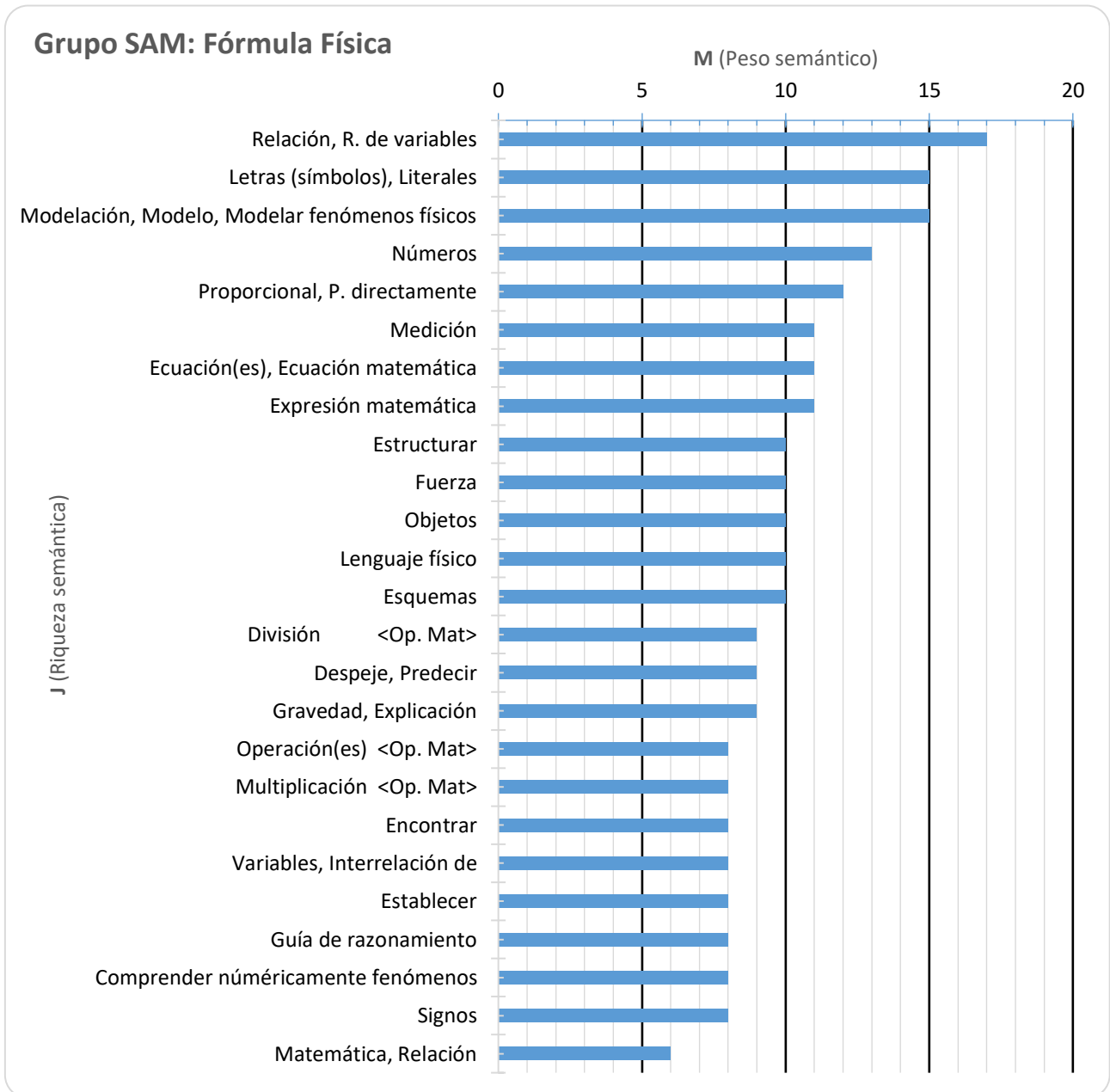
Expertos.



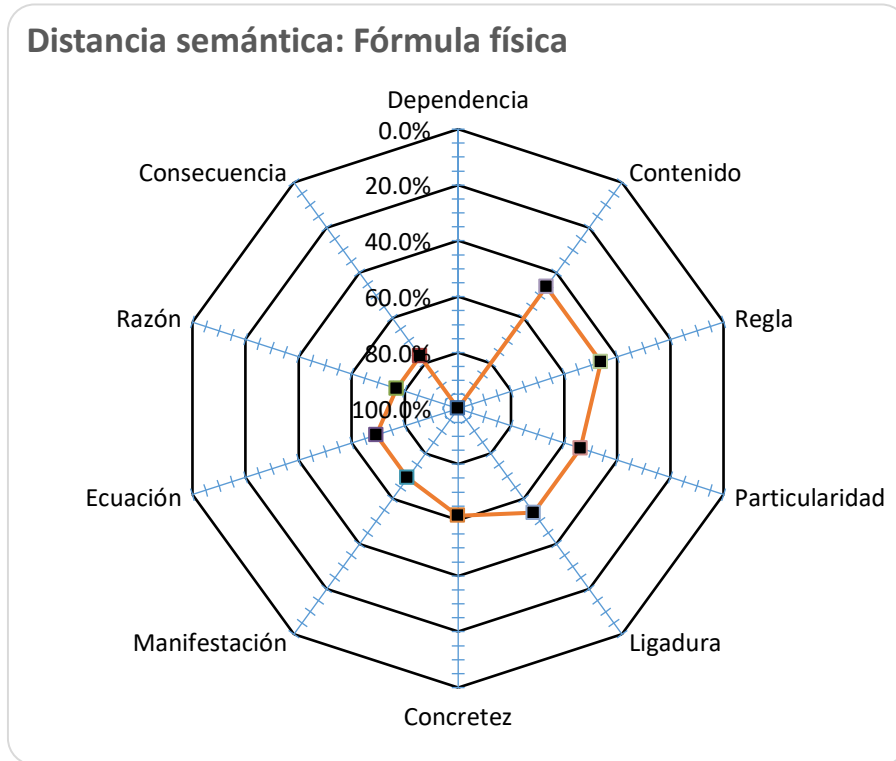
Estudiantes de la Licenciatura en Física.



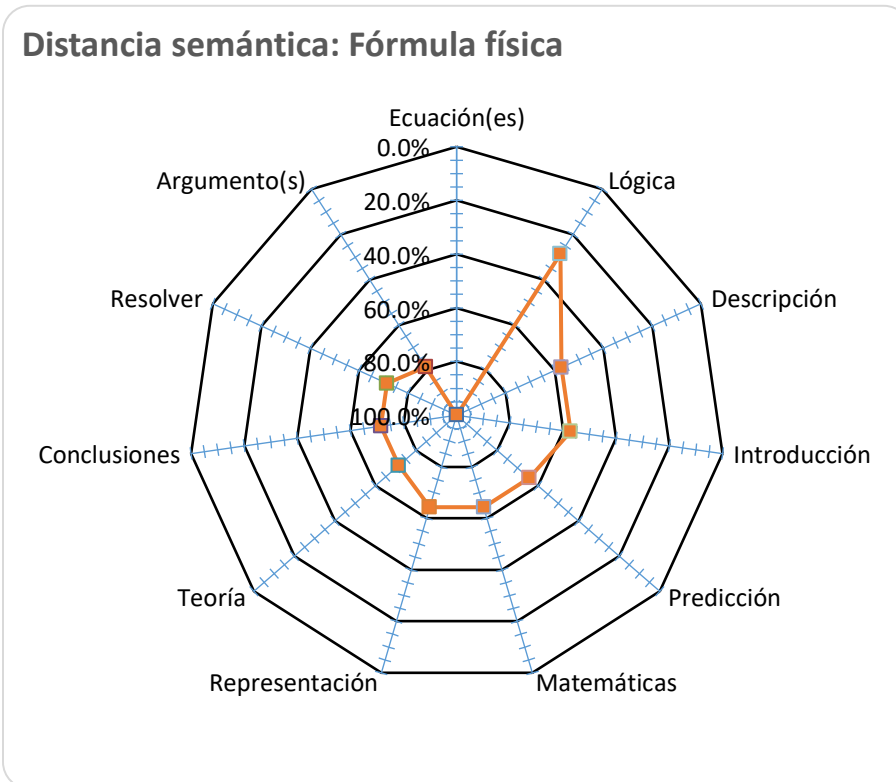
Profesores.



Expertos.

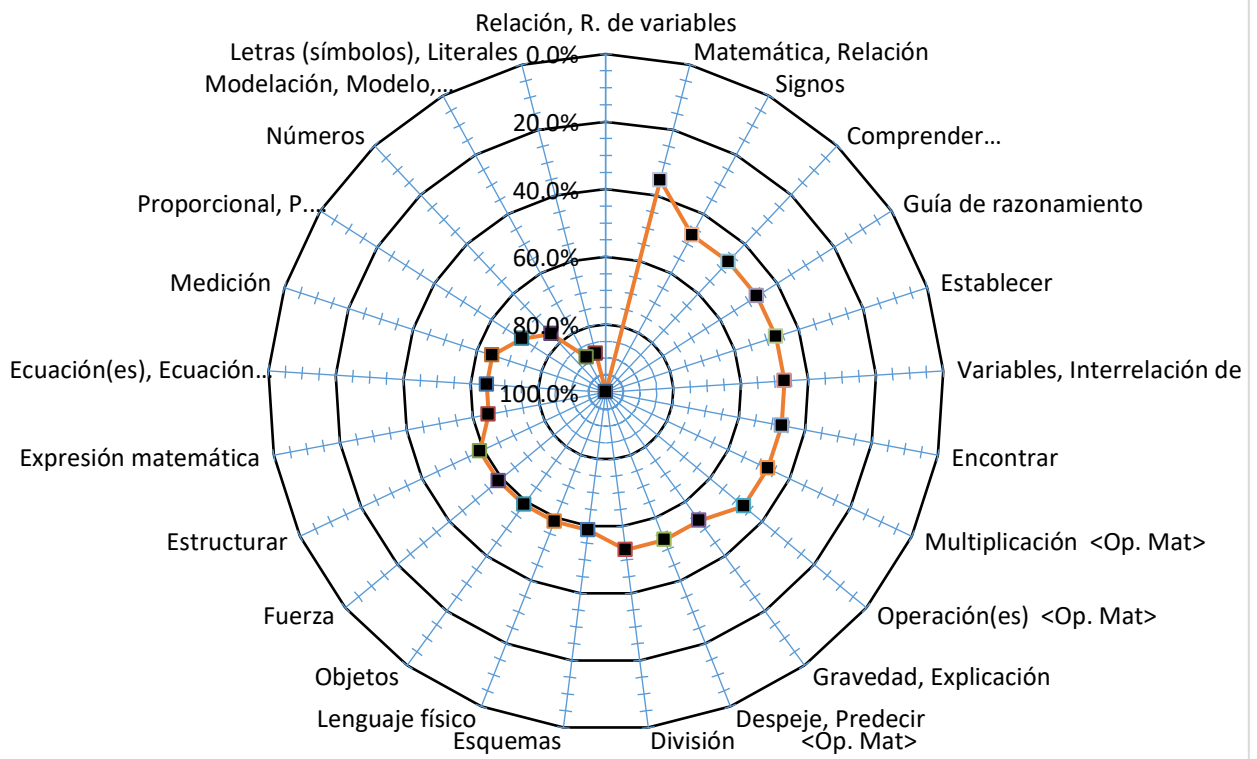


Estudiantes de la Licenciatura en Física.



Profesores.

Distancia semántica: Fórmula física



➤ Ecuación matemática.

Con respecto a la riqueza semántica del grupo SAM de los Profesores, de un total de definidoras aportadas $B=47$, se tiene que el valor de $J=21$, lo que equivale a una $(J/B)=44.7\%$ del total de conceptos aportados. También muestra que la definidora de mayor valor de los Profesores ($M=23$), está relacionado con Comprensión, Comprender numéricamente fenómenos, por lo que se considera que la definición de Ecuación matemática es sinónimo de números y no de una función de variables. Las otras dos definidoras más cercanas son: Explicar, Explicar fenómenos cuantificándolos y Números con valores de $M=19$ y $M=18$, la primera relacionada con otra palabra detonadora, y la segunda, con lo operativo matemático. También presenta relación con otras palabras detonantes: Analizar ($M=13$), Predecir ($M=9$) y Ecuación ($M=8$), con distancias $FMG=56.5\%$, $FMG=39.1\%$ y $FMG=34.8\%$ respectivamente. Entre los Expertos, se considera como sinónimo de Relación ($M=10$), Útil ($M=10$) y Números ($M=10$), conceptos relacionados con lo funcional y operativo; y por parte de los Estudiantes de la Licenciatura en Física, el núcleo semántico lo constituyen dos conceptos: Ideas-Idea ($M=12$) y Matemáticas ($M=11$). Otros parámetros son los de dispersión en donde los Profesores tienen el valor de $G=0.8$, en comparación con los Expertos de $G=0.4$ y los Estudiantes de la licenciatura de Física que es $G=0.7$ son casi semejantes, menores de 1. El resto de las palabras definidoras aportadas por los Profesores están relacionadas con otras palabras o conceptos detonantes, tales como Explicación ($M=19$, $FMG=82.6\%$), Análisis ($M=13$, $FMG=56.5\%$), Predecir ($M=9$, $FMG=39.1\%$) y Ecuación ($M=8$, $FMG=34.8$). Otros conceptos relacionados con Ecuación matemática son los referentes a su estructura como: Números, Resultados, Resolución de problemas, Símbolos, Expresión matemática, Letras y Signos, lo que son 7 conceptos de 21 en total, Se tienen otros como Demostrar, Guía de razonamiento, Secuencia, Herramienta, referidos a propiedades de las matemáticas y su uso.

Por otro lado, continuando con la comparación del núcleo de la red semántica o grupo SAM de los Profesores con los Expertos y los Estudiantes de la licenciatura, se hallan dos definidoras comunes con los expertos —Relación y Números— lo que genera un consenso del $Q_{ex}=20.0\%$; y con los Estudiantes de licenciatura de Física se encuentran tres definidoras comunes —Problemas, Ecuación y Matemáticas— dando como consecuencia un consenso del $Q_{es}=15.6\%$.

Por otra parte, al observar y comparar las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico, se observa que en los Expertos hay una curva de tendencia suave, con solo saltos de 1 unidad, entre las palabras definidoras. Mientras que, en los Profesores, se observa 4 saltos de 4, 2, 3 y 4 unidades al principio, casi a la mitad y al final de la curva. Entre los Estudiantes de la licenciatura, en contraste, se tienen un salto abrupto de 3 unidades, al final de la curva.

Por último, con respecto a la distancia semántica entre las palabras definidoras, se observa en la gráfica de los Expertos distancias semejantes, dando la figura de un gráfico con valores que oscilan en un intervalo de $FMG=100\%$ al $FMG=60\%$, mientras que en los Profesores se aprecia un gráfico con una distancia semántica entre las definidoras variando en el intervalo de $FMG=100\%$ al $FMG=15\%$, pero con una curva uniforme en su mayoría, lo que tampoco se asemeja a la gráfica de los Estudiantes de la licenciatura de Física, que remata en un cambio brusco, ya que de un $FMG=66.7\%$ disminuye a un 41.7% .

Expertos.

Grupo SAM: Ecuación matemática					N = 3	
Palabras definidoras		M	G	FMG	Fa	Fr
1	Relación	10	0	100.0%	2	66.7%
2	Útil	10	0	100.0%	1	33.3%
3	Números	10	0	100.0%	1	33.3%
4	Verdad	9	1	90.0%	1	33.3%
5	Forma	9	0	90.0%	1	33.3%
6	Cantidad	8	1	80.0%	1	33.3%
7	Deductiva	7	1	70.0%	1	33.3%
8	Evolución	7	0	70.0%	1	33.3%
9	Inferencia	6	1	60.0%	1	33.3%
10	Cambio	6	0	60.0%	1	33.3%
						0.0%
	J =	10	0.44		11	55.0%
	B =	19				
	J/B =	52.6%				

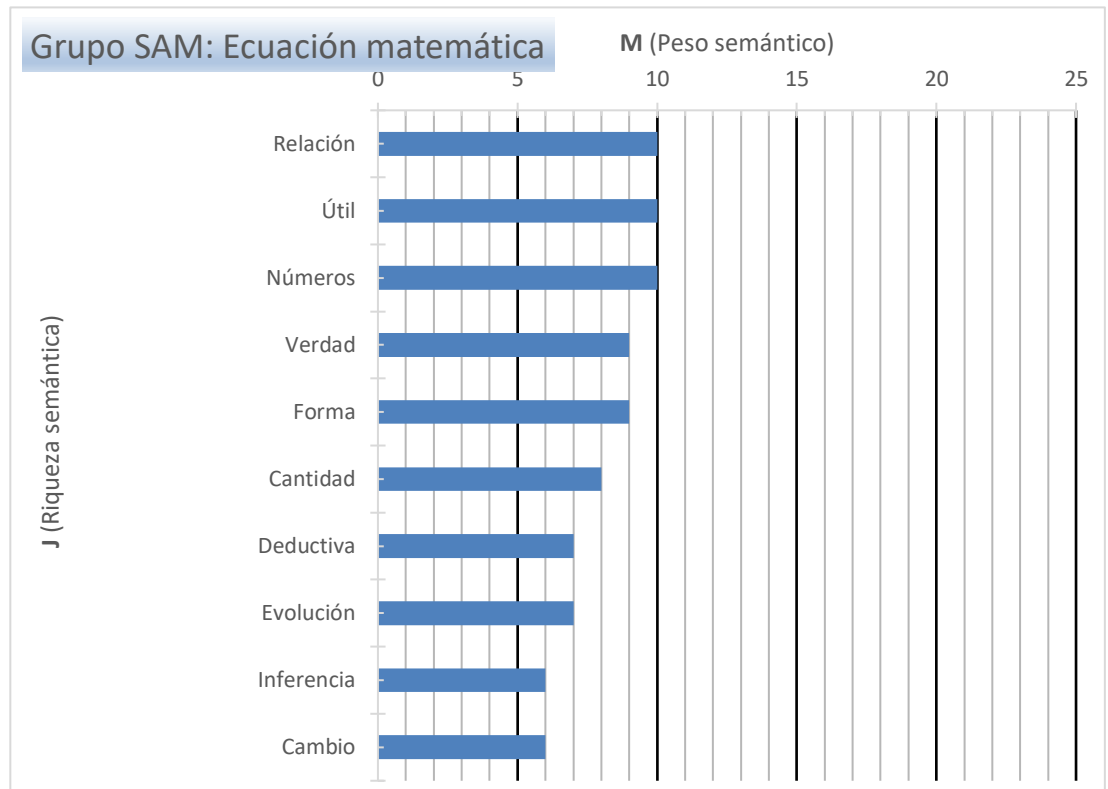
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Grupo SAM: Ecuación matemática					N = 3		
Palabras definidoras		M	G	FMG	Cex	Fa	Fr
1	Ideas, Idea	12	0	100.0%	0	2	66.7%
2	Matemáticas	11	1	91.7%	0	2	66.7%
3	Examen	10	1	83.3%	0	1	33.3%
4	Conclusión	10	0	83.3%	0	1	33.3%
5	Ecuaciones diferenciales	10	0	83.3%	0	1	33.3%
6	Resolver	9	1	75.0%	0	1	33.3%
7	Tesis	9	0	75.0%	0	1	33.3%
8	Derivadas	9	0	75.0%	0	1	33.3%
9	Problemas	8	1	66.7%	0	1	33.3%
10	Imaginación	8	0	66.7%	0	1	33.3%
11	Lógica	5	3	41.7%	0	2	66.7%
				0.0%			0.0%
	J =	11	0.70		0	14	46.7%
	B =	27					
	J/B =	40.7%					
	Q =	0.0					

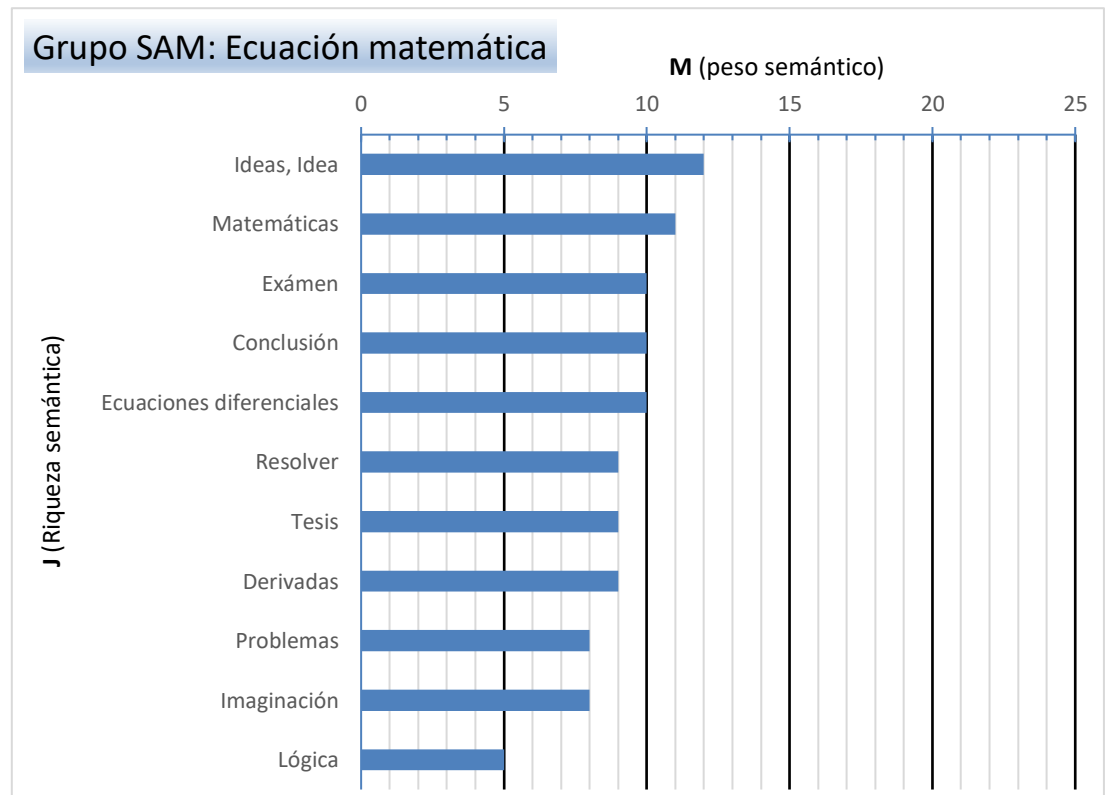
Profesores.

Grupo SAM: Ecuación matemática							N = 7		
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr	
1	Comprensión, Comprender numéricamente fenómenos	23	0	100.0%	0	0	3	42.9%	
2	Explicar, Explicación, Explicar fenómenos cuantificándolos	19	4	82.6%	0	0	3	42.9%	
3	Números	18	1	78.3%	10	0	4	57.1%	
4	Modelar, Modelo, Modelar fenómenos físicos	16	2	69.6%	0	0	3	42.9%	
5	Resultados	15	1	65.2%	0	0	2	28.6%	
6	Demostrar, Demostración	14	1	60.9%	0	0	2	28.6%	
7	Analizar, Análisis	13	1	56.5%	0	0	2	28.6%	
8	Relación, Relación de variables	13	0	56.5%	0	0	3	42.9%	
9	Signos	10	3	43.5%	0	0	1	14.3%	
10	Estructurar	10	0	43.5%	0	0	1	14.3%	
11	Símbolos	10	0	43.5%	0	0	2	28.6%	
12	Secuencia	10	0	43.5%	0	0	1	14.3%	
13	Predecir	9	1	39.1%	0	0	1	14.3%	
14	Guía de razonamiento	9	0	39.1%	0	0	1	14.3%	
15	Letras	8	1	34.8%	0	0	1	14.3%	
16	Ecuación, Ecuación matemática	8	0	34.8%	0	11	2	28.6%	
17	Encontrar	8	0	34.8%	0	0	1	14.3%	
18	Expresión(es), Matemática	8	0	34.8%	0	16	4	57.1%	
19	Lecturas	8	0	34.8%	0	0	1	14.3%	
20	Herramienta	8	0	34.8%	0	0	1	14.3%	
21	Problema, Resolución de	4	0	17.4%	0	12	2	28.6%	
				0.0%				0.0%	
		J =	21	0.8		10	14	41	61.2%
		B =	47						
		J/B =	44.7%						
		Qex =	10						
		Qes =	14						

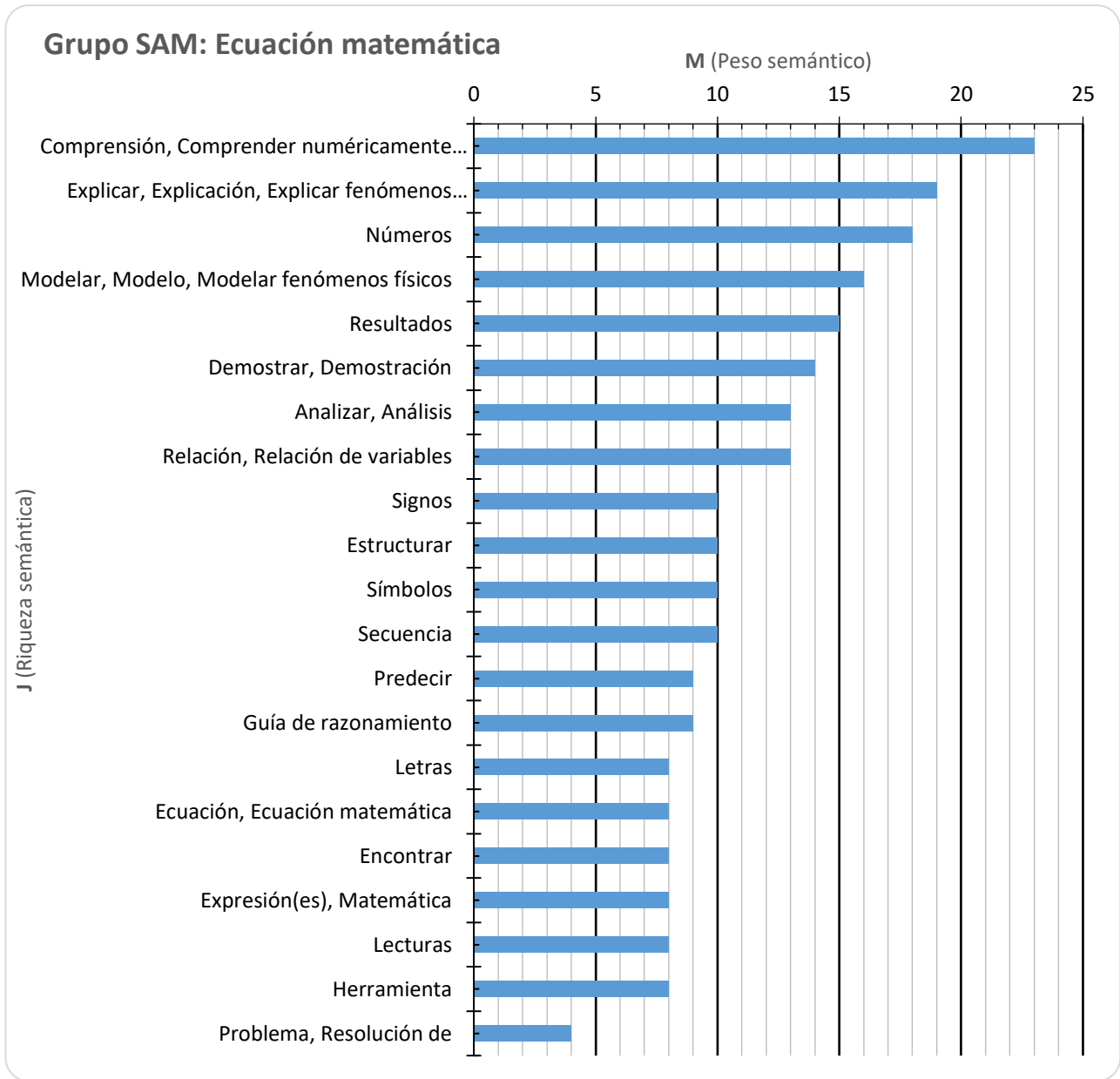
Expertos.



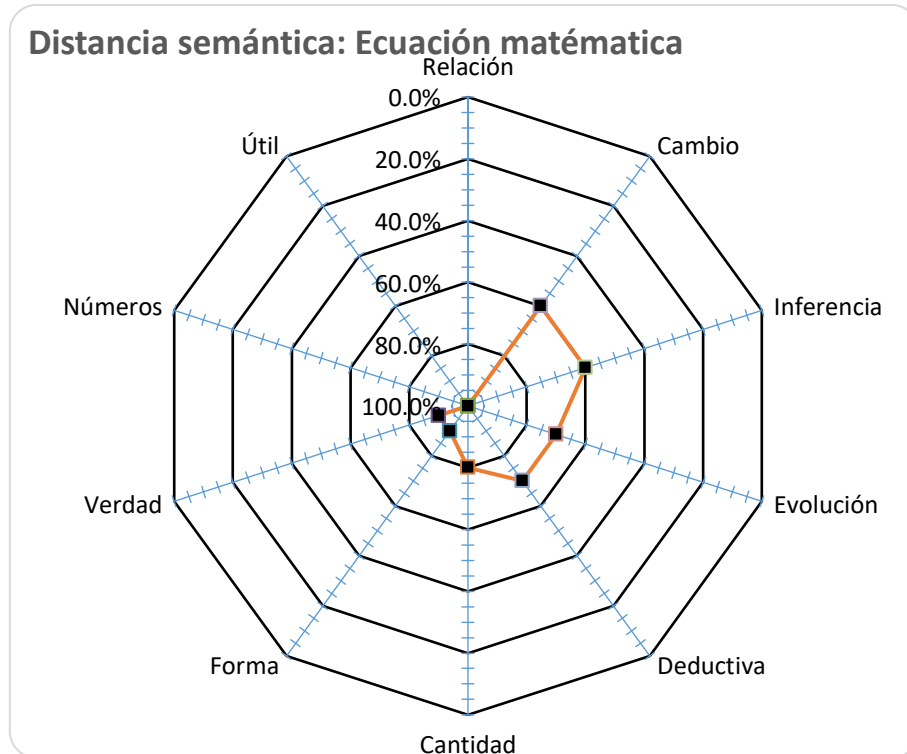
Estudiantes de la Licenciatura en Física.



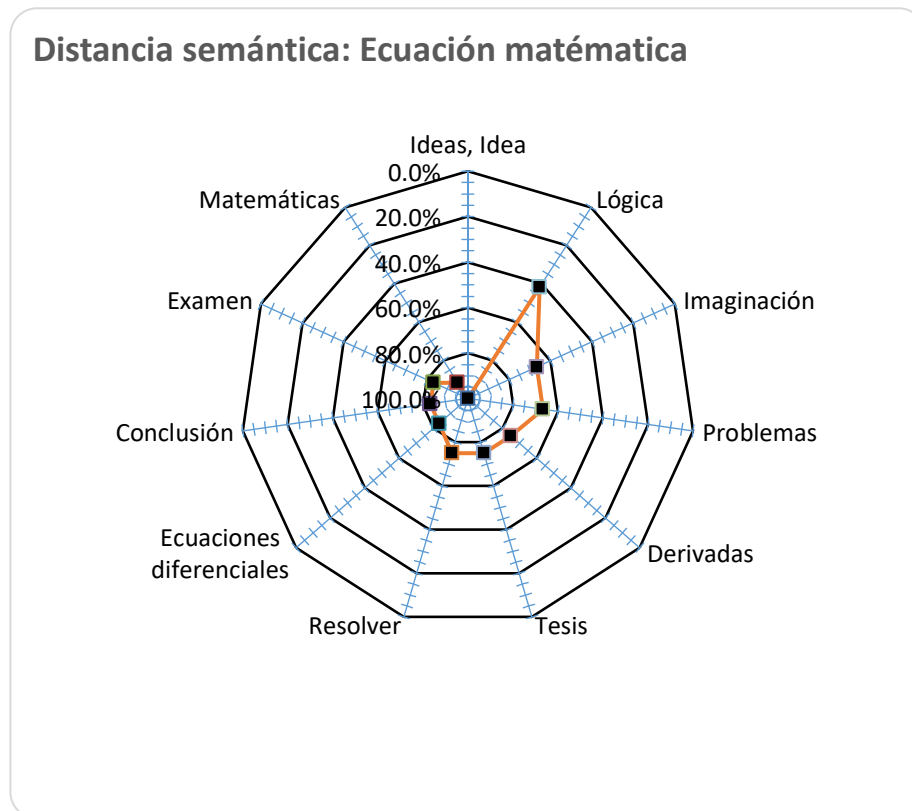
Profesores.



Expertos.

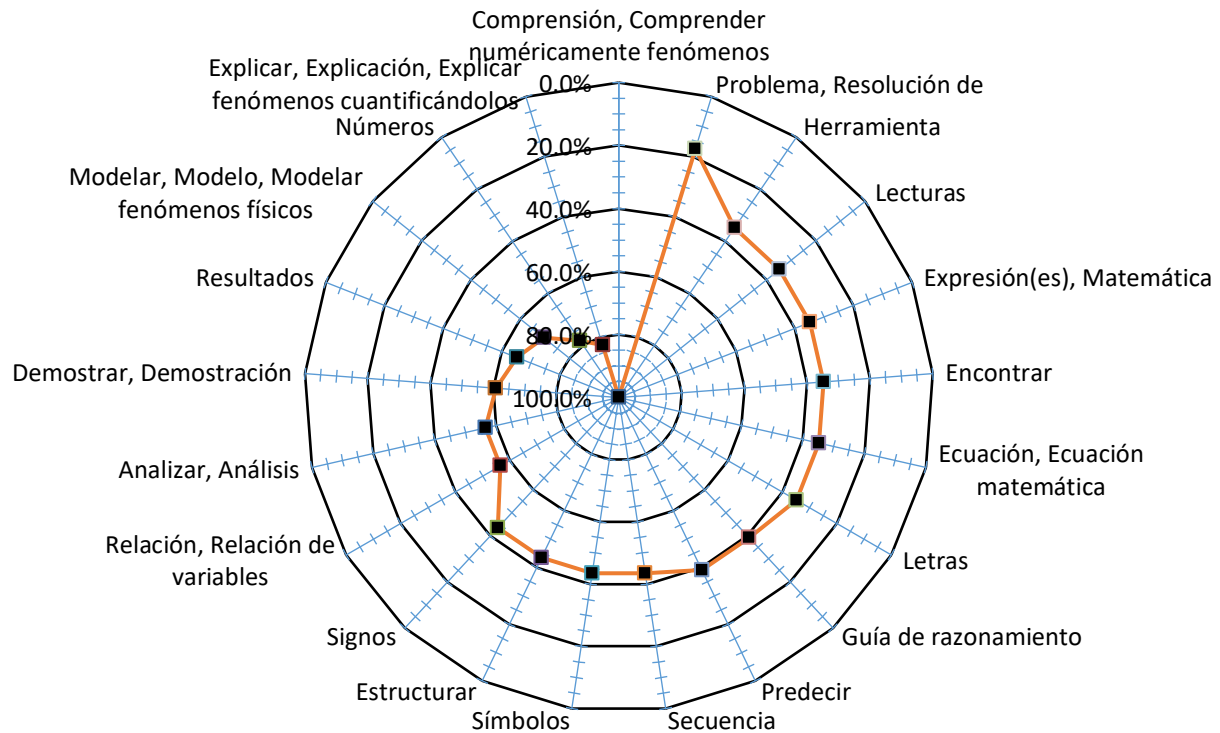


Estudiantes de la Licenciatura en Física.



Profesores.

Distancia semántica: Ecuación matemática



Cuestionarios auxiliares no. 6 y 7.

Con relación a las preguntas orientadoras, que corresponden a los cuestionarios 6 y 7, se aprecia que los Profesores se inclinan por lo operativo matemático, resaltando en sus respuestas la identificación de variables, la relación de proporcionalidad, pero marcando diferencias entre Fórmula física y Ecuación matemática, sin resaltar alguna semejanza o idea de un modelo que sean equivalentes (Hecht, 1987; Camacho, 1994; Hewitt, 2007). Una diferencia entre los estudiantes de la Licenciatura de Física y los Expertos, es que los primeros consideran que la diferencia entre la fórmula física y la Ecuación matemática es “un disfraz” de la primera, pero que son equivalentes, en contraposición de los Expertos, los cuales indican y precisan son “la misma cosa”, equivalentes en sus propiedades matemáticas y valores.

➤ **Física (significado de la).**

El significado de mayor valor de los Profesores en su núcleo semántico, es uno y está relacionado con Ciencia (M=37 y FMG=100%), y no se encuentra en concordancia con los Expertos, donde se tienen cuatro definidoras para esta palabra detonante, las cuales son: Filosofía, Forma-Materia (M=10 y FMG=100%), Realidad y Contenido (M=9 y FMG=90.0%), que alude a cuestiones epistemológicas de la ciencia. En relación con los Estudiantes de la licenciatura de Física, hay un referente directo, ya que la definidora es única y es Ciencia (M=16 y FMG=100%), igual a la de los Profesores. Se tiene o se aprecia un consenso de $Q_{ex}=41.1\%$ con los Expertos, ya que comparten cinco conceptos como palabras definidoras idénticas, y de $Q_{es}=21.1\%$ con los Estudiantes de licenciatura de Física, aproximadamente la mitad en relación con los Expertos. Por parte de los Expertos, se tiene que el núcleo de la red recae sobre cuatro conceptos, dos relacionado con la epistemología de la ciencia en general (Filosófico y Realidad) y dos con relación a su objeto de estudio de la Física (Forma-Materia, Contenido), que conforman entre el FMG=100% al FMG=90.0% de la distancia semántica. Además, que tienen poca dispersión los términos ($G = 0.4$) en comparación con los Profesores ($G = 1.6$) y los Estudiantes de la Licenciatura de Física ($G=1.0$).

En el grupo SAM de los Profesores, se encuentran palabras que relacionan al concepto Física con conceptos teóricos de la asignatura como son: Ley, Naturaleza, Teorías, Comprobación, Demostración y Medio ambiente. Aunque cabe hacer la observación que también aparecen conceptos físicos, tales como Energía, Magnitudes, Movimiento y Materia, pero no con relación a lo operativo o con relación a la Matemática. Pero si tiene en su núcleo referencia al concepto Explicación, palabra detonante que forma parte del objeto de estudio. Resalta una referencia a la Tecnología, con M=19, FMG=51.4% y una frecuencia absoluta de $F_a=2$, que representa el 28.6% de la frecuencia relativa.

Con respecto a las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico o grupo SAM, en los Expertos no existe algún salto pronunciado igual o mayor a 2 unidades, sino que se observa una tendencia suave, sin cambios abruptos entre ellos, mientras que en los Profesores tres saltos muy pronunciados, (dos de 9 unidades y otro de 4 unidades, con M=37 a M=28, otro con M=28 a M=19, y por último otro de M=15 a M=11), los restantes, son otros de mayor suavidad, de una unidad de diferencia, dándole suavidad a la curva de tendencia. Para el caso de los Estudiantes de Licenciatura de Física, se observa un solo salto, de 6 unidades, desde M=16 a M=10.

Por último, con respecto a la distancia semántica, se observa en la gráfica de los Expertos distancias más cortas, lo que da la apariencia de un gráfico con valores muy juntos, que oscilan en un intervalo de 100% al 60%, mientras que en los Profesores se aprecia un gráfico con una gran distancia semántica entre las definidoras, variando el intervalo entre el 100% al 20%, que también se diferencia de la de los Estudiantes de Licenciatura de Física, cuyos valores oscilan en una franja de FMG=100% al FMG=60.0%.

Expertos.

Grupo SAM: Física				N = 3		
Palabras definidoras		M	G	FMG	Fa	Fr
1	Filosófico	10	0	100.0%	1	33.3%
2	Forma, Materia	10	0	100.0%	1	33.3%
3	Realidad	9	1	90.0%	1	33.3%
4	Contenido	9	0	90.0%	1	33.3%
5	Fundamental	8	1	80.0%	1	33.3%
6	Apariencia	8	0	80.0%	1	33.3%
7	Leyes	7	1	70.0%	1	33.3%
8	Esencia	7	0	70.0%	1	33.3%
9	Naturaleza	6	1	60.0%	2	66.7%
10	Teórica	6	0	60.0%	1	33.3%
11	Explicación	6	0	60.0%	1	33.3%
						0.0%
J =		11	0.4		12	0.60
B =		19				
J/B =		57.9%				

Estudiantes de la Licenciatura en Física.

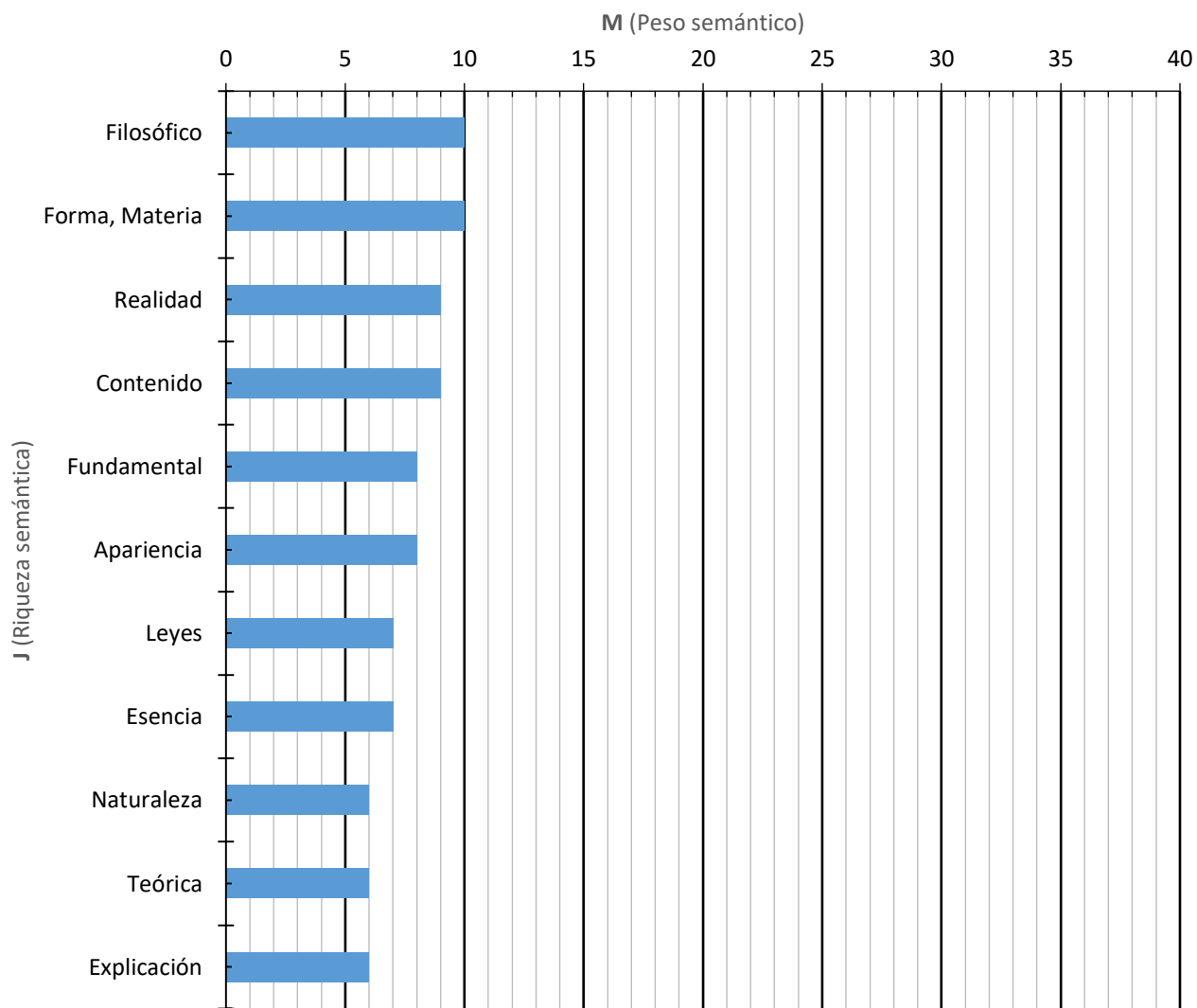
Grupo SAM: Física					N = 3		
Palabras definidoras		M	G	FMG	C _{ex}	Fa	Fr
1	Ciencia	16	0	100.0%	0	3	100.0%
2	Cantidades	10	6	62.5%	0	1	33.3%
3	Revistas	10	0	62.5%	0	1	33.3%
4	Química	9	1	56.3%	0	1	33.3%
5	Viento	9	0	56.3%	0	1	33.3%
6	Conocimiento	9	0	56.3%	0	1	33.3%
7	Maestro (Doctor)	8	1	50.0%	0	1	33.3%
8	Astronomía	8	0	50.0%	0	1	33.3%
9	Descripción	8	0	50.0%	0	1	33.3%
10	Natural, Naturaleza	7	1	43.8%	9	2	66.7%
11	Matemáticas	6	1	37.5%	0	2	66.7%
J =		11	1.0		9	15	50.0%
B =		26					
J/B =		42.3%					
Q =		9					

Profesores.

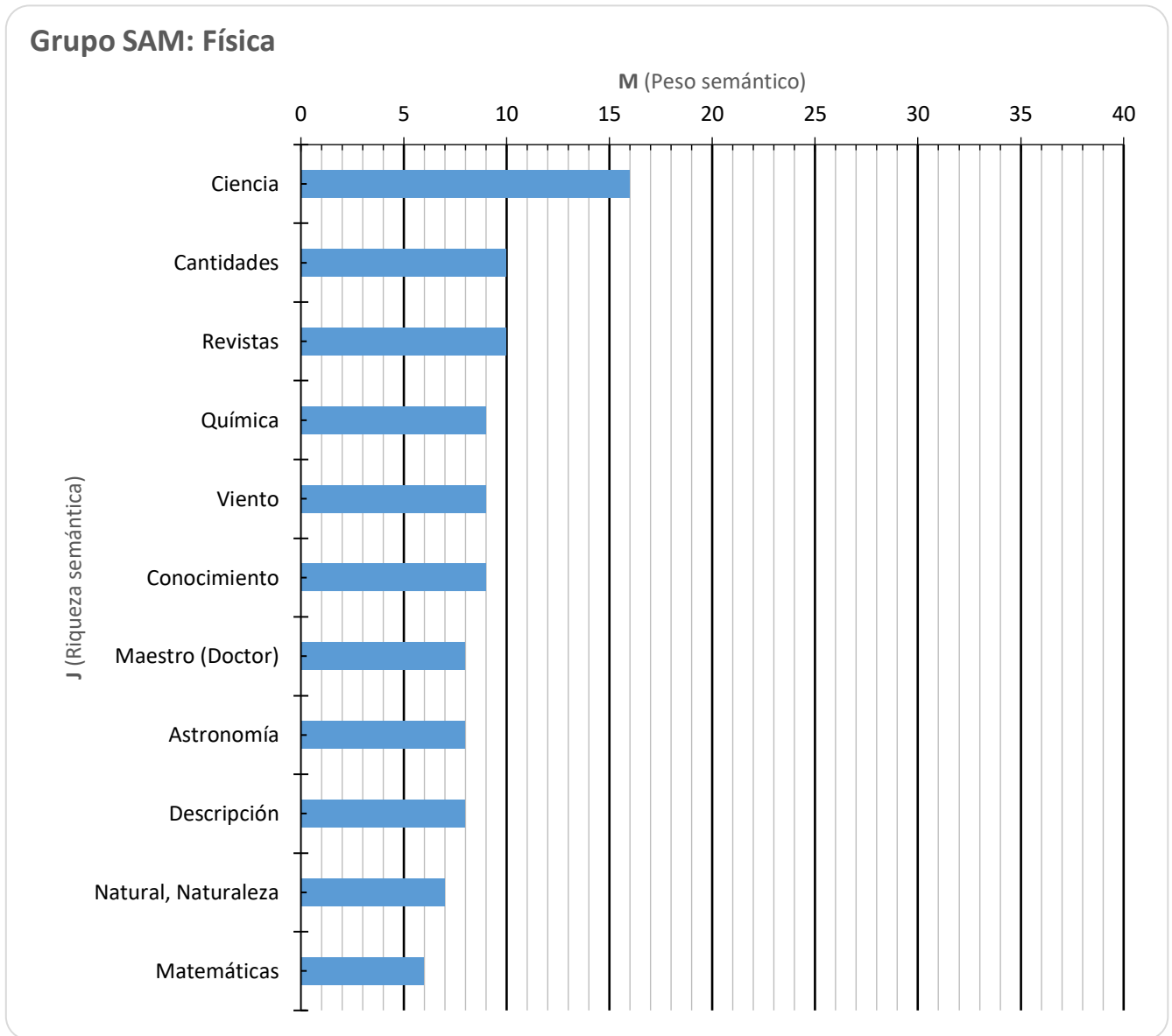
Parámetros: Física							N = 7	
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr
1	Ciencia	37	0	100.0%	0	10	5	71.4%
2	Explicación(es), Variables, Fenómenos naturales, Hechos físicos	28	9	75.7%	7	0	5	71.4%
3	Leyes, Ley	19	9	51.4%	9	0	3	42.9%
4	Tecnología, Guía	19	0	51.4%	0	0	2	28.6%
5	Energía	17	2	45.9%	0	0	2	28.6%
6	Naturaleza, Descripción de la, Estudio de la, Natural	16	1	43.2%	9	9	5	71.4%
7	Fenómenos	15	1	40.5%	0	0	4	57.1%
8	Magnitudes	11	4	29.7%	0	0	2	28.6%
9	Transformación	10	1	27.0%	0	0	1	14.3%
10	Demuestra	9	1	24.3%	0	0	1	14.3%
11	Construcciones mentales	9	0	24.3%	0	0	1	14.3%
12	Comprobación	9	0	24.3%	0	0	1	14.3%
13	Inferencia, fenómenos físicos	9	0	24.3%	0	0	1	14.3%
14	Movimiento	8	1	21.6%	0	0	1	14.3%
15	Materia	8	0	21.6%	5	0	1	14.3%
16	Aplicación	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
17	Disciplina	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
18	Teorías	8	0	21.6%	7	0	1	14.3%
19	Consecuencias, hechos físicos	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
20	Entorno, Medio ambiente	7	1	18.9%	0	0	2	28.6%
J =		20	1.6		37	19	41	57.7%
B =		50						
J/B =		40.0%						
Qex =		37						
Qes =		17						

Expertos.

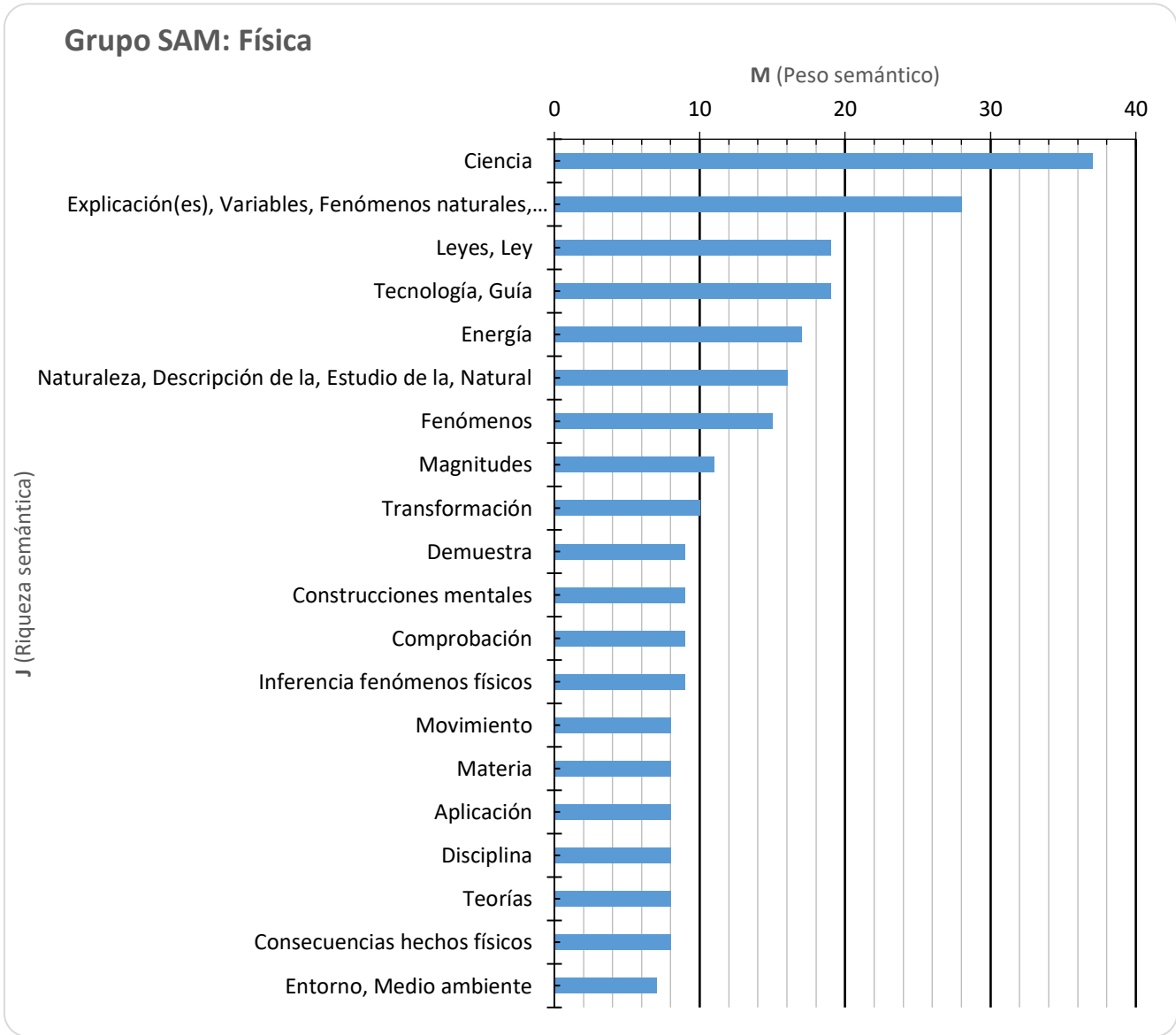
Grupo SAM: Física



Estudiantes de la Licenciatura en Física.

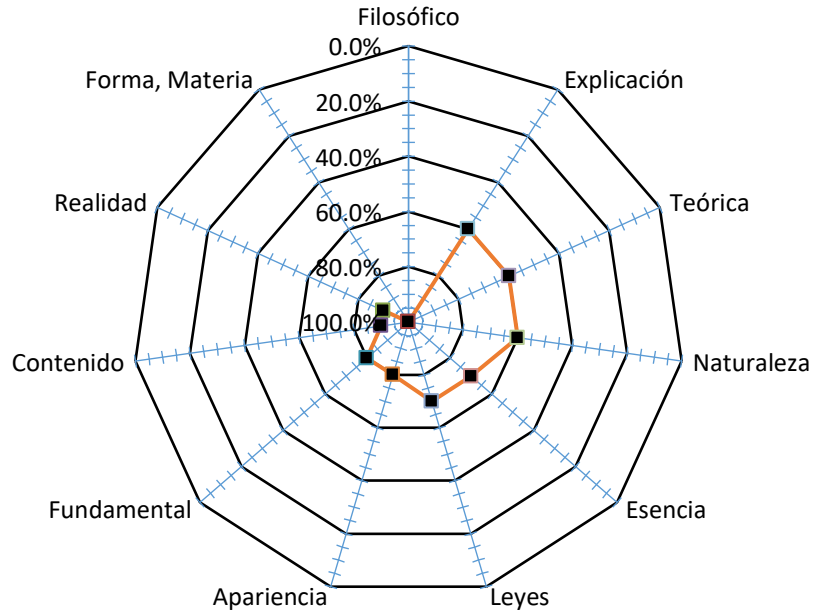


Profesores.



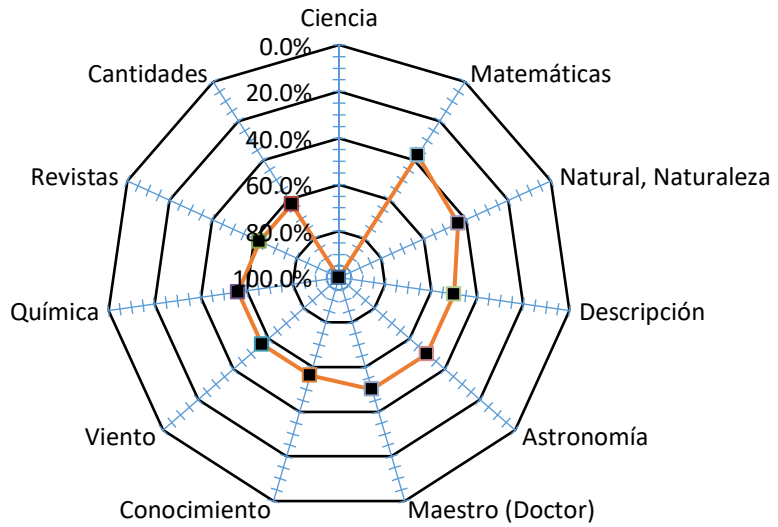
Expertos.

Distancia semántica: Física



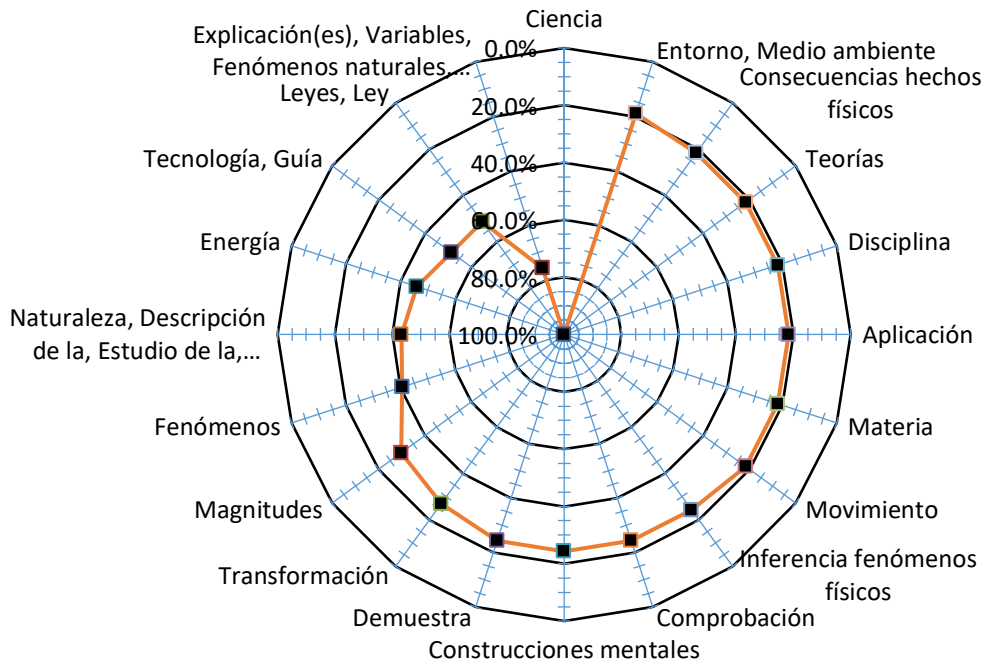
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Distancia semántica: Física



Profesores.

Distancia semántica: Física



➤ **Matemática (significado de la).**

El significado de mayor valor en el grupo SAM de los Profesores, es una palabra definidora y está relacionado con Número, Números o Estudio de los números, con una $M=28$, y consecuentemente una $FMG=100\%$. Comparando con los Expertos, se observa que no hay concordancia, y donde se tiene una definidora, la cual es Relación-Relaciones ($M=10$ y $FMG=100\%$), que alude a cuestiones epistemológicas de la Matemática. En relación con los Estudiantes de la licenciatura de Física, hay un referente con dos palabras definidoras, que son Lógica y Ecuaciones, con una $M=15$, $FMG=100\%$ y $M=14$; $FMG=93.3\%$ respectivamente. Prosiguiendo con la comparación de los núcleos de las redes semánticas o grupo SAM de los Profesores con los Expertos, no se hallan conceptos que tengan semejanzas, pero con los Estudiantes de la licenciatura de Física se tienen cuatro palabras definidoras con las que concuerdan, siendo su índice de consenso $G = 37.8\%$, y de $G=0.0\%$ con los Expertos. En relación con la dispersión, los tres guardan semejanza, con valores de $G=1.3$ para los Profesores, de $G=1.4$ para los Expertos y de $G=0.8$ para los Estudiantes de la Licenciatura de Física.

Por parte, los Profesores tienen en su grupo SAM, dos palabras (Argumentación y Explicación) relacionadas con otras palabras definidoras; siete definidoras o conceptos que se relacionan con lo operativo de la Matemática (División, Multiplicar, Operación básica, Proporcional, Herramienta, Fórmula y Ecuación), y 5 con relación a la lógica, modelaje y razonamiento. Con los Expertos, se tiene que el núcleo de la red recae sobre un concepto principalmente relacionado con la epistemología de la Matemática (Relación), pero el resto de palabras definidoras (9) se encuentran en relación con la estructura de la Matemática, y se refieren a lo que es Teoremas, Orden, Conjeturas, resolución, Generalidad, entre otras. Con respecto a los Estudiantes de la Licenciatura de Física, además de concordar en cuatro definidoras, las restantes son de sentido plural, ya que tanto se refieren a las propiedades de la Matemáticas (Coherencia, Deducciones, Demostraciones) como a cuestiones escolares (Examen) o de aplicación (Tecnología).

Con respecto a las gráficas del grupo SAM, donde se muestran la relación entre las definidoras y su peso semántico o grupo SAM, en los Expertos existe un salto pronunciado (6 unidades, la diferencia entre $M=16$ y $M=10$), siendo el resto de una tendencia suave, sin cambios abruptos entre ellos (saltos menores a 2 unidades). Mientras que, en los Profesores, se observan cuatro saltos muy pronunciados, (de cinco, cuatro y tres unidades, de $M=28$ a $M=21$, de $M=21$ a $M=18$, de $M=18$ a $M=15$ y de $M=15$ a $M=11$), unido con otros tres de mayor suavidad (de una unidad de diferencia) dándole a la curva de tendencia una suavidad hasta donde termina. Entre los Estudiantes de la Licenciatura de Física, se aprecia solamente un salto de 4 unidades, entre $M=14$ a $M=10$, entre el segundo y tercer concepto.

Por último, con respecto a los gráficos de la distancia semántica, se observa en la gráfica de los Expertos distancias concentradas en la banda entre 100% y 35%, con la apariencia de un gráfico con valores muy uniformes, mientras que en los Profesores se aprecia un gráfico con una gran variación en la distancia semántica entre las definidoras, variando el intervalo entre el 100% al 10%, lo que semeja una franja con un gran grado de variación. Por su parte, los Estudiantes de la Licenciatura de Física, muestra un gráfico que varía en la franja entre $FMG=100\%$ a $FMG=45\%$.

Expertos.

Grupo SAM: Matemática (significado de la)					N = 3	
Palabras definidoras		M	G	FMG	Fa	Fr
1	Relación(es)	16	0	100.0%	2	66.7%
2	Resolución	10	6	62.5%	1	33.3%
3	Conjeturas	9	1	56.3%	1	33.3%
4	Problema	9	0	56.3%	1	33.3%
5	Teoremas	8	1	50.0%	1	33.3%
6	Generalidad	8	0	50.0%	1	33.3%
7	Red	7	1	43.8%	1	33.3%
8	Orden	7	0	43.8%	1	33.3%
9	Estructura	5	2	31.3%	2	66.7%
J =		9	1.4		11	55.0%
B =		18				
J/B =		50.0%				

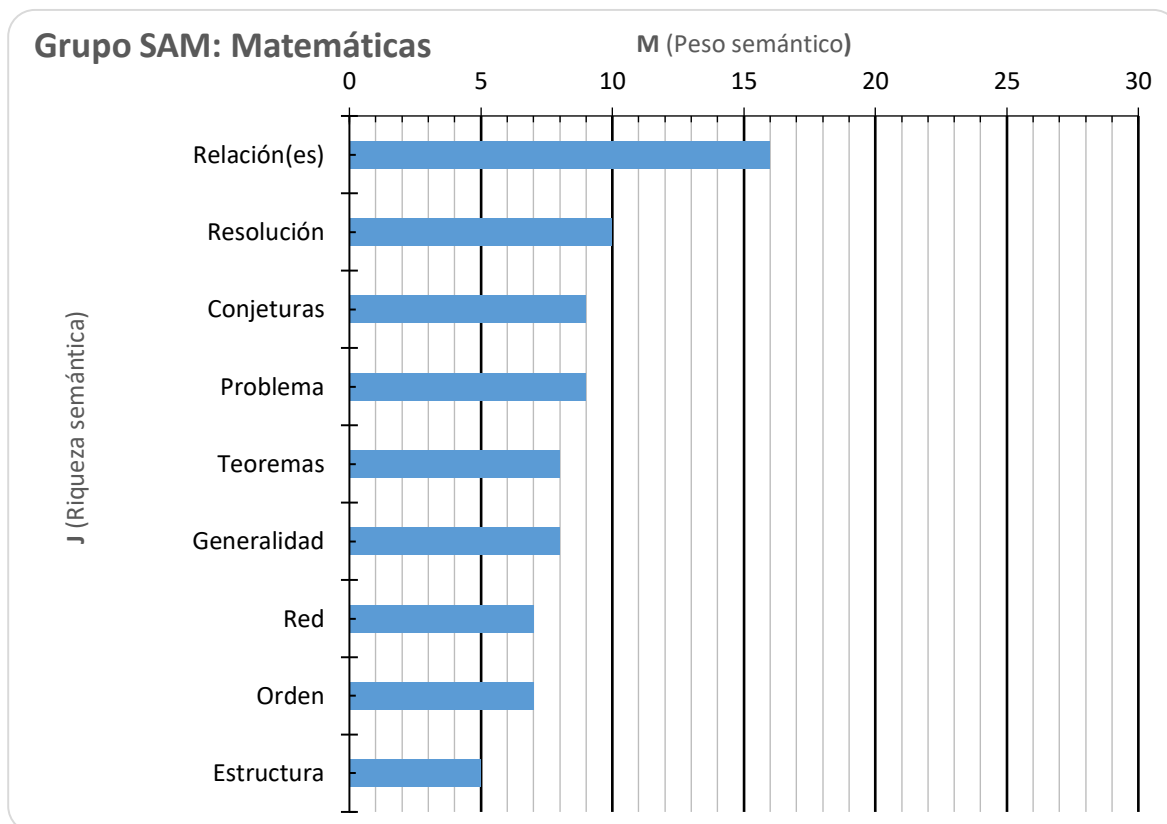
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Grupo SAM: Matemática (significado de la)					N = 3		
Palabras definidoras		M	G	FMG	C _{ex}	Fa	Fr
1	Lógica	15	0	100.0%	0	2	66.7%
2	Ecuaciones	14	1	93.3%	0	2	66.7%
3	Examen	10	4	66.7%	0	1	33.3%
4	Conclusiones	10	0	66.7%	0	1	33.3%
5	Diagnóstica	9	1	60.0%	0	1	33.3%
6	Demostraciones	9	0	60.0%	0	1	33.3%
7	Tecnología	8	1	53.3%	0	1	33.3%
8	Coherencia	8	0	53.3%	0	1	33.3%
9	Números	7	1	46.7%	0	1	33.3%
10	Deducciones	7	0	46.7%	0	1	33.3%
11	Abstracto	7	0	46.7%	0	1	33.3%
J =		11	0.8		0	13	43.3%
B =		28					
J/B =		39.3%					
Q =		0.0%					

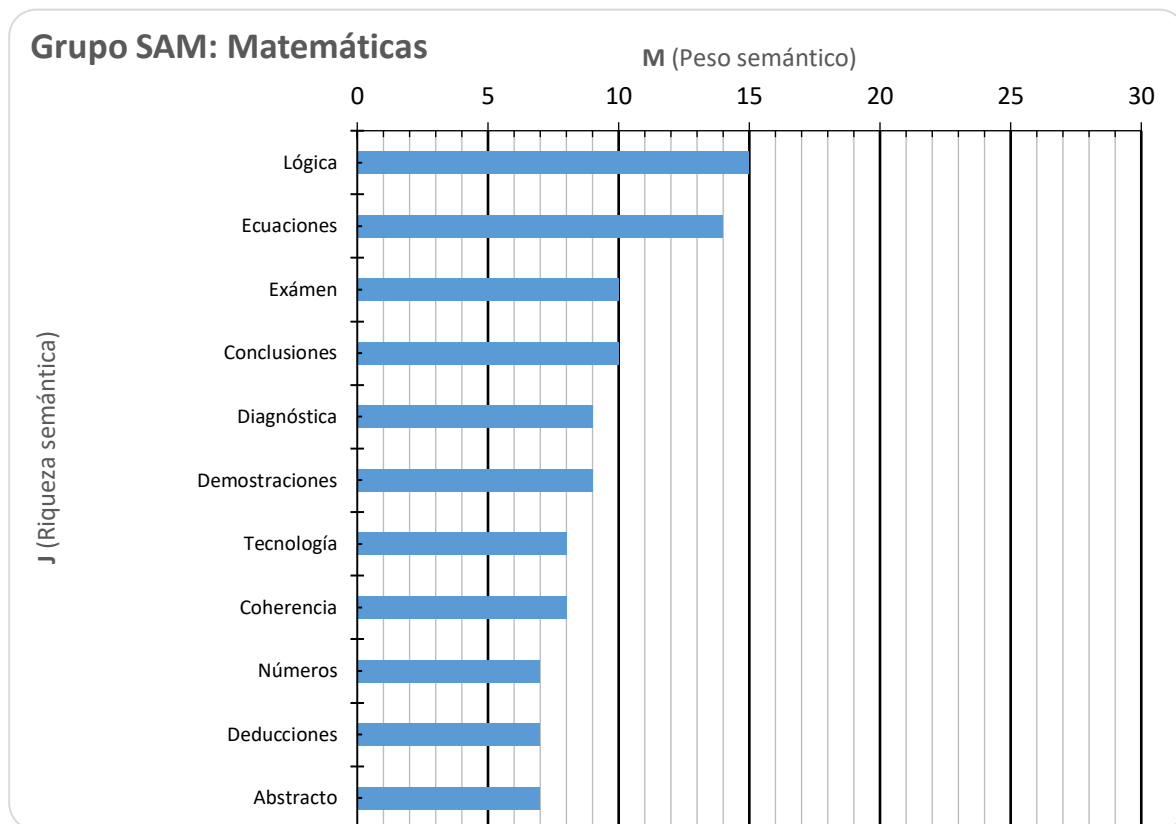
Profesores.

Parámetros: Matemática (significado de la)							N =	7
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr
1	Número(s), Estudio de,	28	0	100.0%	0	7	5	71.4%
2	Fórmulas	21	7	75.0%	0	0	3	42.9%
3	Ecuaciones	21	0	75.0%	0	9	2	28.6%
4	Argumentación estadística, Estadístico	18	3	64.3%	0	0	2	28.6%
5	Aplicar, Explicación	15	3	53.6%	0	0	3	42.9%
6	Razonamiento, Demostración, Raciocinio	11	4	39.3%	0	0	2	28.6%
7	Lógica(o)	11	0	39.3%	0	8	2	28.6%
8	Fundamental	10	1	35.7%	0	0	2	28.6%
9	Multiplicación, Multiplicar	10	0	35.7%	0	0	2	28.6%
10	Operación básica, Operaciones, Cálculos	10	0	35.7%	0	0	2	28.6%
11	Guía	10	0	35.7%	0	0	1	14.3%
12	Primordial	10	0	35.7%	0	0	1	14.3%
13	Apoyo intelectual	9	1	32.1%	0	0	1	14.3%
14	Proporcional	9	0	32.1%	0	0	1	14.3%
15	Básico	9	0	32.1%	0	0	1	14.3%
16	División	9	0	32.1%	0	0	1	14.3%
17	Comunicación	8	1	28.6%	0	0	1	14.3%
18	Herramienta	8	0	28.6%	0	0	1	14.3%
19	Modelizar fenómeno	8	0	28.6%	0	0	1	14.3%
20	Analítico	8	0	28.6%	0	0	1	14.3%
21	Ciencia	3	5	10.7%	0	0	2	28.6%
J =		21	13		0	24	37	56.1%
B =		50						
J/B =		42.0%				0.43	0.52	
Qex =		0.0%						
Qes =		37.8%						

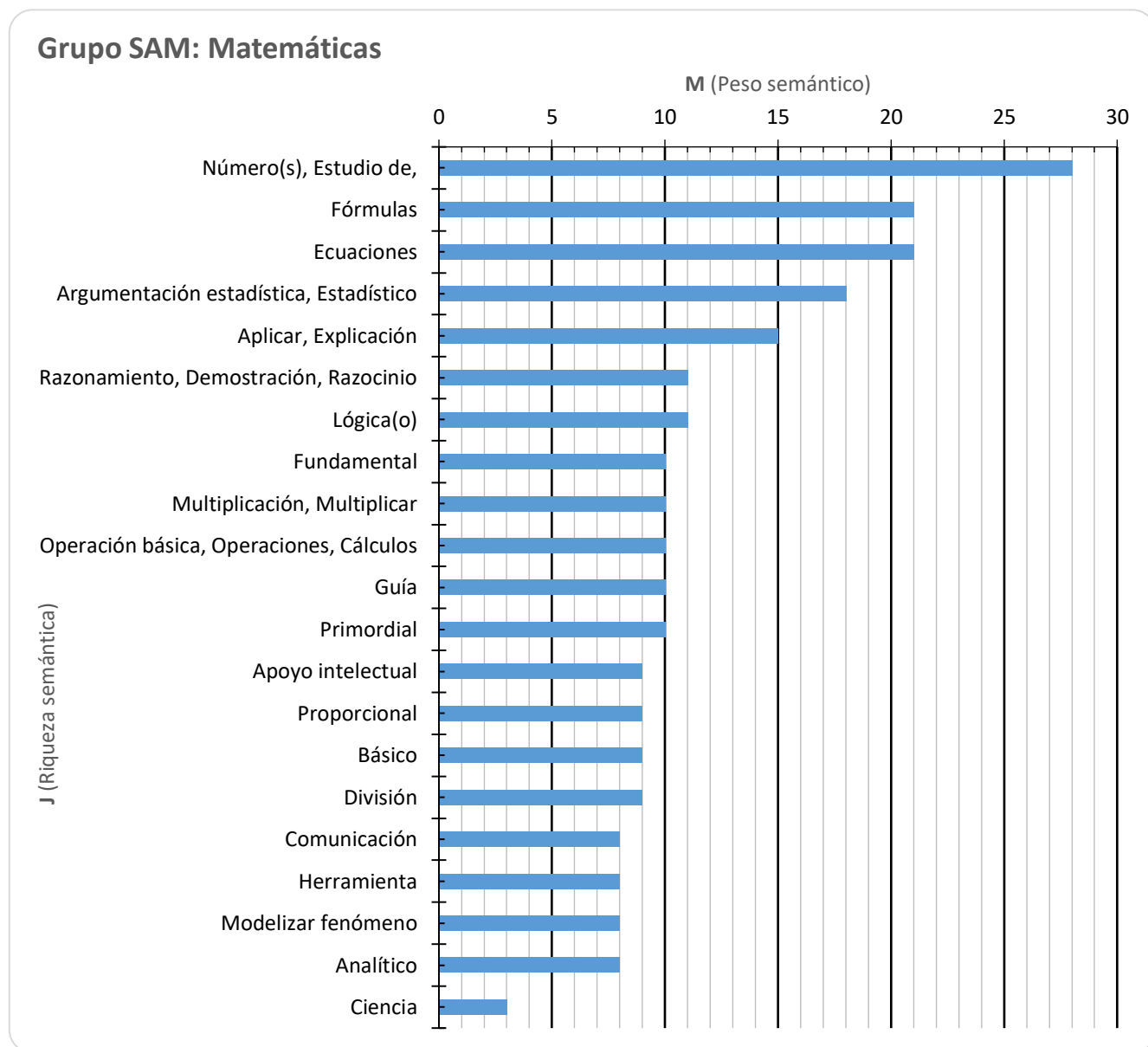
Expertos.



Estudiantes de la Licenciatura en Física.

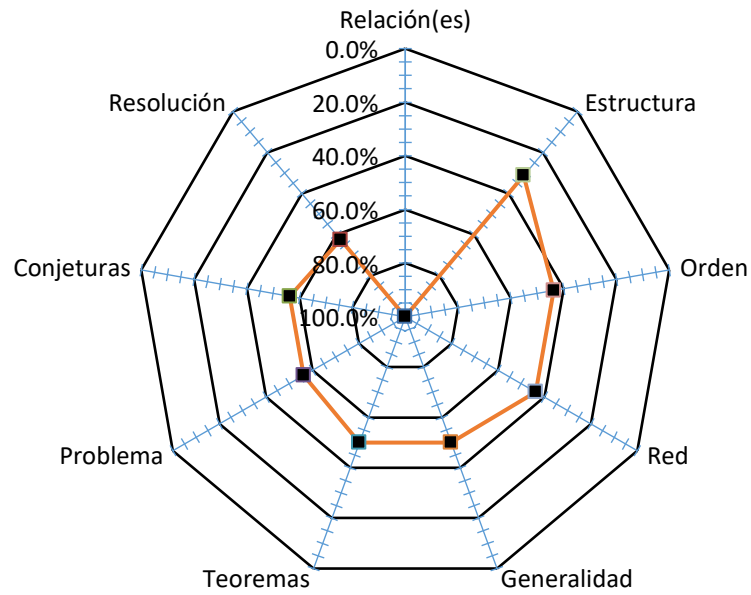


Profesores.



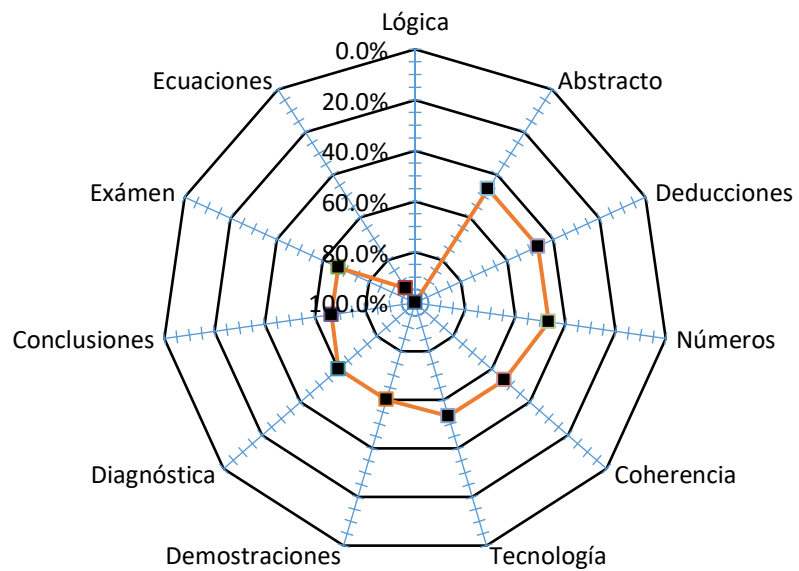
Expertos.

Distancia semántica: Matemáticas



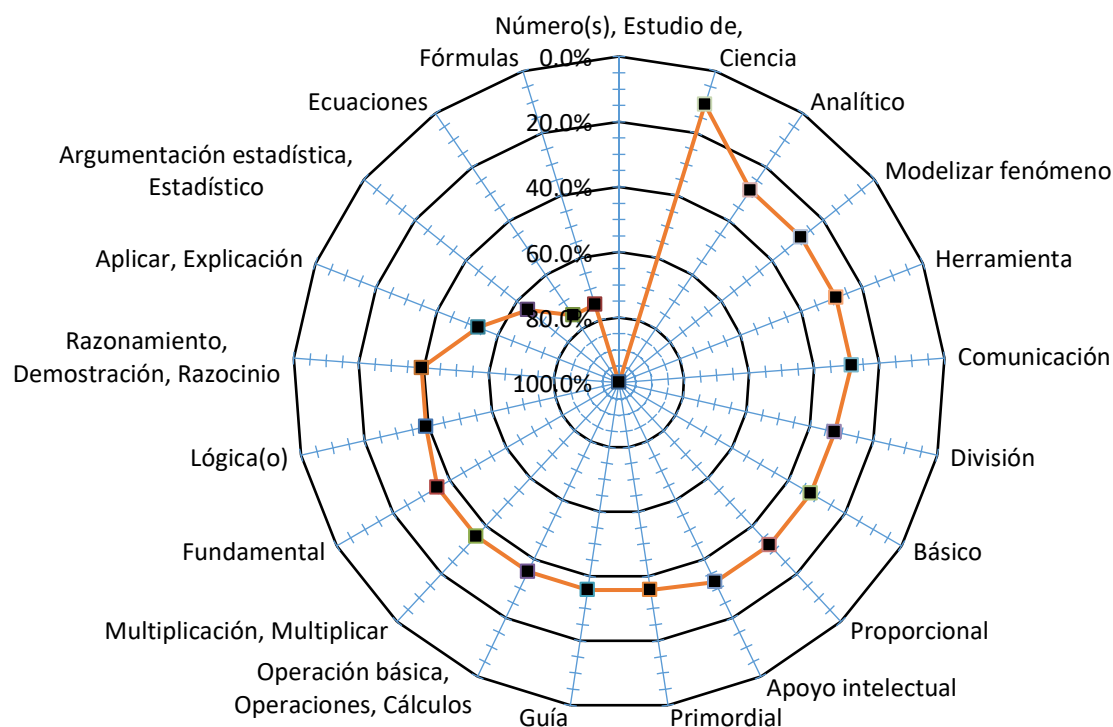
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Distancia semántica: Matemáticas



Profesores.

Distancia semántica: Matemática (significado de la)



Cuestionario auxiliar no. 3.

Con lo que respecta a la pregunta orientadora, se tiene que entre los profesores hay un predominio de conceptos relacionados con fórmulas, ecuaciones y operaciones matemáticas, ya sea para explicar o resolver problemas, transitando hacia conceptos relacionados con análisis, abstracción, relación entre conceptos y proporcionalidad. Dos profesores son los únicos que indican una relación con lo educativo, sobresaliendo que los alumnos que tienen éxito en Física, es porque comprenden la Matemática.

Por parte de los estudiantes de la Licenciatura de Física, la interrelación entre Física y Matemática va en relación con la “crear modelos para la interpretación de los fenómenos”, además que resalta que es posible la generalización de estos modelos a otros tipos de fenómenos, lo cual va con las propuestas de los autores de libros de Física (Hecht, 1998; Serway, 2008; SEP, 2001; Tippens, 2011)

➤ Predicción.

De la comparación de los núcleos de las redes semánticas o grupo SAM de los Profesores con los Expertos y los Estudiantes de la Licenciatura de Física, se observa que comparten los Profesores una palabra definidora (Futuro con $M=10$ y $FMG=71.4\%$) con los Expertos (Futuro con $M=10$ y $FMG=100\%$), y tres con los Estudiantes de la Licenciatura de Física (Futuro con $M=17$ y $FMG=100\%$). Estos últimos también comparten con los Profesores los conceptos de Argumentos y Analizar. Con lo que respecta a los valores de dispersión, los Profesores tienen una $G = 0.3$, contra la de los Expertos que es una $G = 0.4$, que son casi iguales, pero contrastan con la mayor dispersión en los Estudiantes de la Licenciatura de Física, donde llega a tener un valor casi del doble en comparación ($G = 1.0$).

Por parte de los Profesores, el núcleo de la red está representado por tres conceptos o palabras definidoras: Causa-Efecto o Causas-Consecuencias, Antes y Anticipar-Conocer, con valores de $M=14$ y dos valores de $M=13$, respectivamente. Los tres conceptos conforman del $FMG=100\%$ al $FMG=92.9\%$ del peso semántico y la distancia semántica. Por parte de los Expertos, se tiene que el núcleo de la red recae sobre cuatro conceptos, uno relacionado con el futuro directamente, como se comentó anteriormente, y dos con temas de la Matemática (Comprobación y Matemática), así como en lo operativa de la Física (Comprobación), y un último término que es el de Evolución, en relación al cambio que se percibe a través del tiempo. Las cuatro definidoras conforman entre el $M=10$ a la $M=9$ y $FMG=100\%$ a la $FMG=90.0\%$ del peso semántico y distancia semántica. Con referencia a los Estudiantes de la Licenciatura de Física, es solo un concepto (Futuro), que también tiene presencia en el grupo SAM de los Profesores y de los Expertos.

Cabe mencionar que en el grupo SAM de los Profesores, se encuentran palabras que se relacionan con conceptos del campo de la Física (Observar, Realidad, Modelo, Fenómeno, Hipotético, entre otros), y con la palabra detonante Argumentar y Análisis, pero ninguna con conceptos matemáticos u operativos de la Física, como son medición, experimentación, variables. Caso contrario en comparación con los núcleos de la red de los Expertos y los Estudiantes en Licenciatura en Física. Pero si se hallan conceptos relacionados con la realidad inmediata, tales como Vida, Duda, Evitar problemas, Expectativas, Prever, Antes, Guiarse, entre otras.

Con respecto a las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico o grupo SAM, en los Expertos no existe algún salto pronunciado o mayor a una unidad, sino que se observa una tendencia suave, sin cambios abruptos entre ellos (saltos iguales a una unidad), igual que en los Profesores predominando una curva de tendencia suave, aunque en esta última, se tiene partes p zonas de la curva con valores iguales. Estas dos gráficas contrastan con la de los Estudiantes de la Licenciatura de Física, ya que en esta gráfica aparecen tres saltos poco pronunciados, de tres a dos unidades de diferencia.

Por último, con respecto a la distancia semántica, se observa en la gráfica de los Expertos distancias más cortas, lo que da la apariencia de un gráfico con valores muy juntos, que oscilan en un intervalo de 100% al 60% , y en los Profesores se aprecia un gráfico con una gran distancia semántica entre las definidoras, variando el intervalo entre el 100% al 40% , pero sin saltos abruptos en la línea. Aquí también se tiene un contraste marcado con la gráfica de los Estudiantes de la Licenciatura de Física, en donde la franja de variabilidad es 100% al 40% , pero con quiebres marcados en la línea que une los conceptos.

Con referencia a la pregunta orientadora, el concepto detonante Predicción no se indicó directamente en las preguntas, sino que se exploró de manera indirecta, sobre todo al referirse a ésta como una cualidad de los seis conceptos detonantes anteriores, ya que lo que se persigue en el pensamiento físico, y científico en general, es la predicción de resultados o del comportamiento del fenómeno en estudio.

Expertos.

Grupo SAM: Predicción				N = 3		
Palabras definidoras	M	G	FMG	Fa	Fr	
1	Comprobación	10	0	100.0%	1	33.3%
2	Futuro	10	0	100.0%	1	33.3%
3	Matemática	9	1	90.0%	1	33.3%
4	Evolución	9	0	90.0%	1	33.3%
5	Extensión	8	1	80.0%	1	33.3%
6	Significado	8	0	80.0%	1	33.3%
7	Completar	7	1	70.0%	1	33.3%
8	Razón	7	0	70.0%	1	33.3%
9	Juicio	6	1	60.0%	1	33.3%
10	Esperanza	6	0	60.0%	1	33.3%
	J =	10	0.4		10	50.0%
	B =	20				
	J/B =	50.0%				

Estudiantes de la Licenciatura en Física.

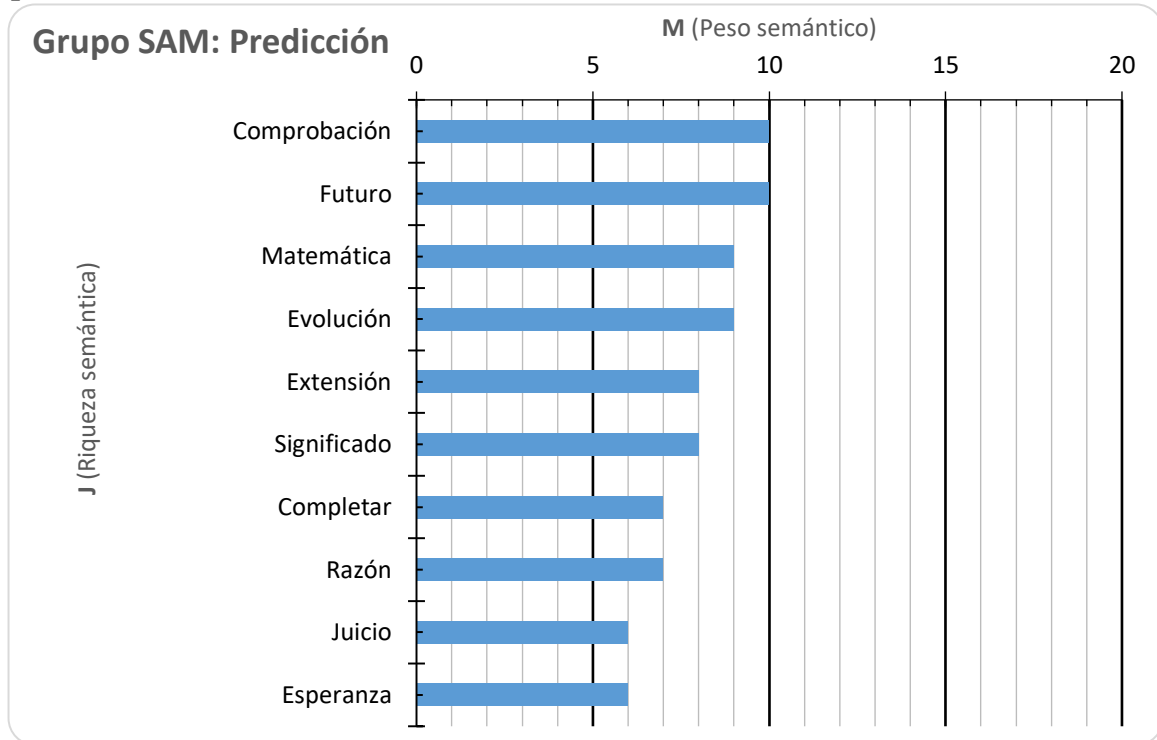
Grupo SAM: Predicción					N = 3		
Palabras definidoras	M	G	FMG	C _{ex}	Fa	Fr	
1	Futuro	17	0	100.0%	9	2	66.7%
2	Física	14	3	82.4%	0	2	66.7%
3	Matemáticas	12	2	70.6%	9	2	66.7%
4	Ejemplos	10	2	58.8%	0	1	33.3%
5	Adivinar	10	0	58.8%	0	1	33.3%
6	Deducir	9	1	52.9%	0	1	33.3%
7	Argumentos	8	1	47.1%	0	1	33.3%
8	Analizar	8	0	47.1%	0	1	33.3%
9	Concepto	7	1	41.2%	0	1	33.3%
10	Fórmulas	7	0	41.2%	0	1	33.3%
11	Interpretación	7	0	41.2%	0	1	33.3%
	J =	11	1.0		18	14	46.7%
	B =	27					
	J/B =	40.7%					
	Q =	18					

Profesores.

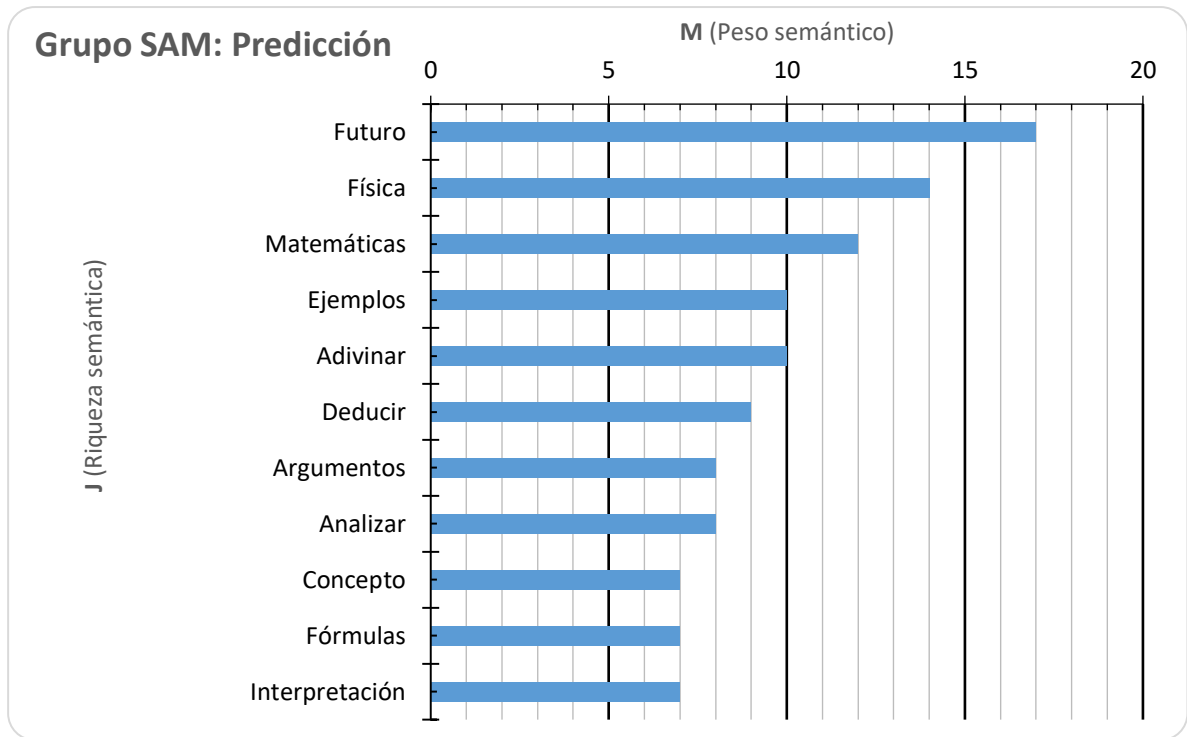
Parámetros: Predicción							N = 7	
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr
1	Causa-Efecto, Causas-Consecuencias	14	0	100.0%	0	0	2	28.6%
2	Antes	13	1	92.9%	0	0	2	28.6%
3	Anticipar, Conocer	13	0	92.9%	0	0	4	57.1%
4	Argumentar, Argumentar consecuencias	12	1	85.7%	0	9	2	28.6%
5	Realidad, Real	11	1	78.6%	0	0	2	28.6%
6	Prever	11	0	78.6%	0	0	2	28.6%
7	Suceso(s)	10	1	71.4%	0	0	2	28.6%
8	Expectativa	10	0	71.4%	0	0	1	14.3%
9	Analizar	10	0	71.4%	0	9	2	28.6%
10	Fenómenos	10	0	71.4%	0	0	1	14.3%
11	Futuro, Ver el	10	0	71.4%	7	6	3	42.9%
12	Construcción hipotética	10	0	71.4%	0	0	1	14.3%
13	Resultado	9	1	64.3%	0	0	2	28.6%
14	Obtener	9	0	64.3%	0	0	1	14.3%
15	Modelo	9	0	64.3%	0	0	1	14.3%
16	Estudio	9	0	64.3%	0	0	1	14.3%
17	Duda	8	1	57.1%	0	0	1	14.3%
18	Vida	8	0	57.1%	0	0	1	14.3%
19	Evitar problemas, Evitar	8	0	57.1%	0	0	2	28.6%
20	Guiarse	8	0	57.1%	0	0	1	14.3%
21	Ver consecuencias	8	0	57.1%	0	0	1	14.3%
22	Observación, Observar	6	0	42.9%	0	0	2	28.6%
J =		22	0.29		7	24	37	58.7%
B =		48						
J/B =		45.8%						
Qex =		7						
Qes =		24						

0.45 0.5

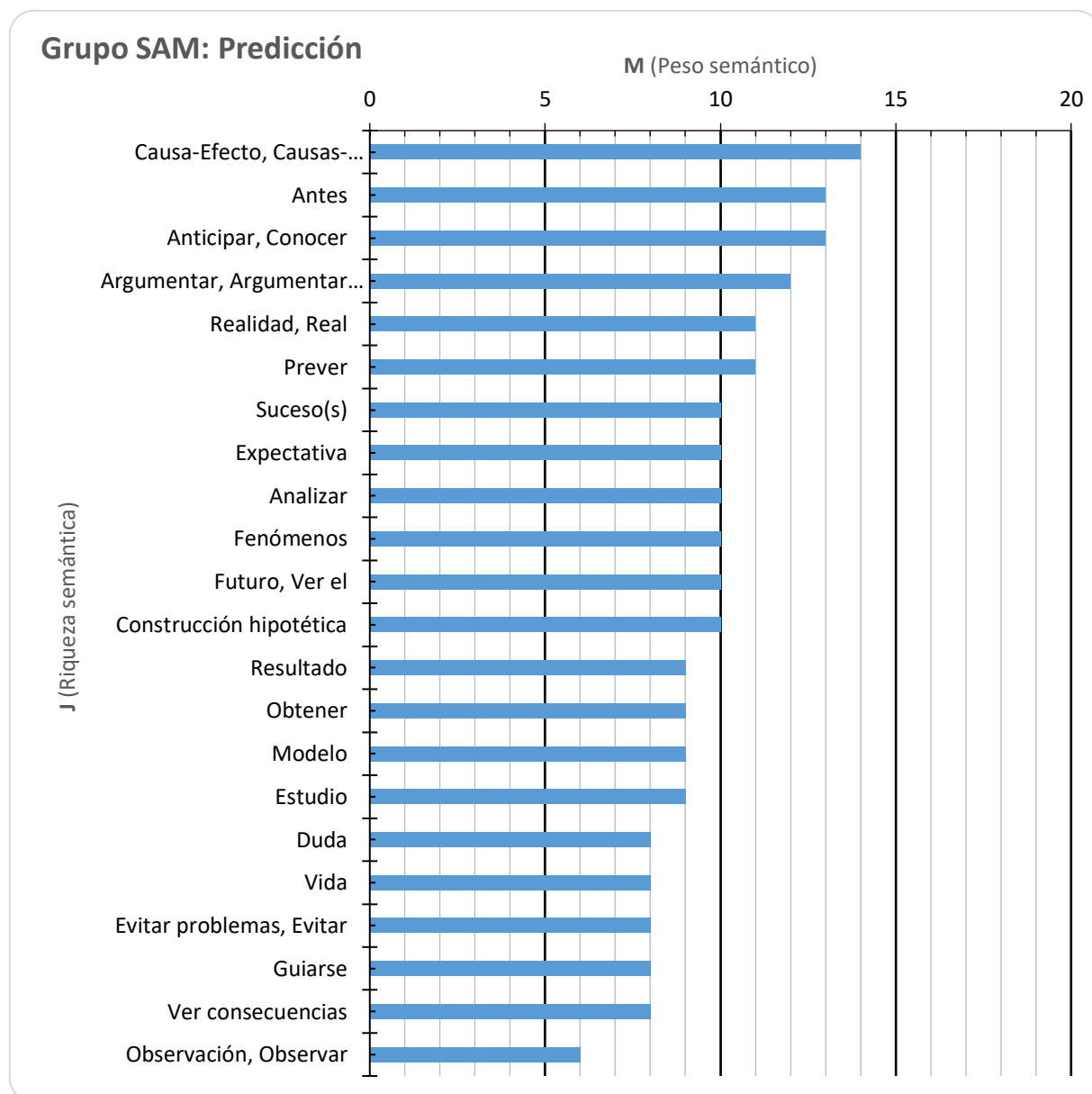
Expertos.



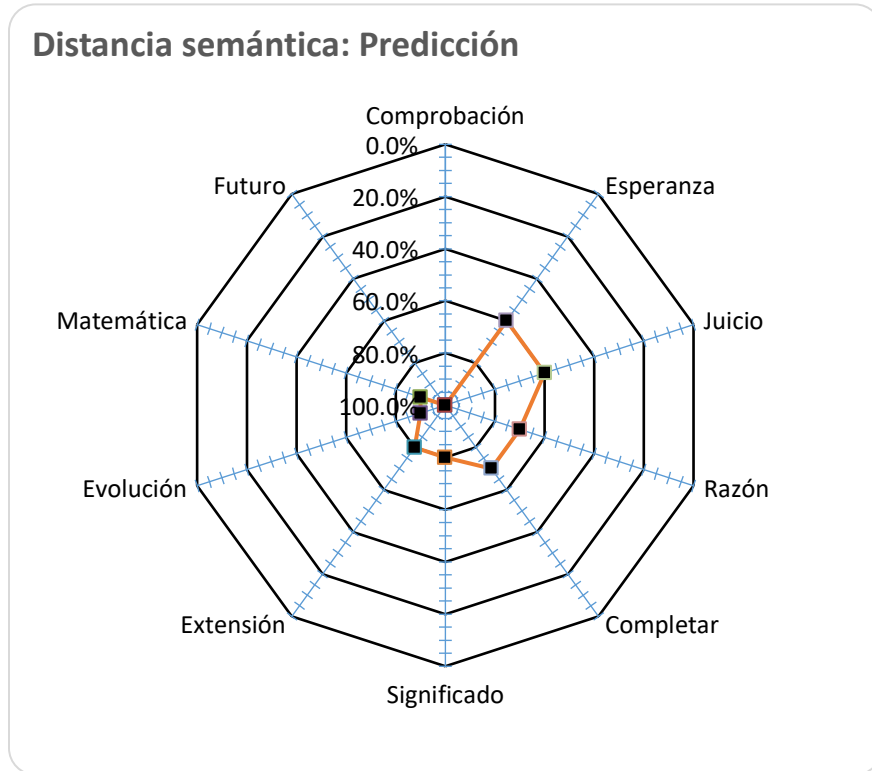
Estudiantes de la Licenciatura en Física.



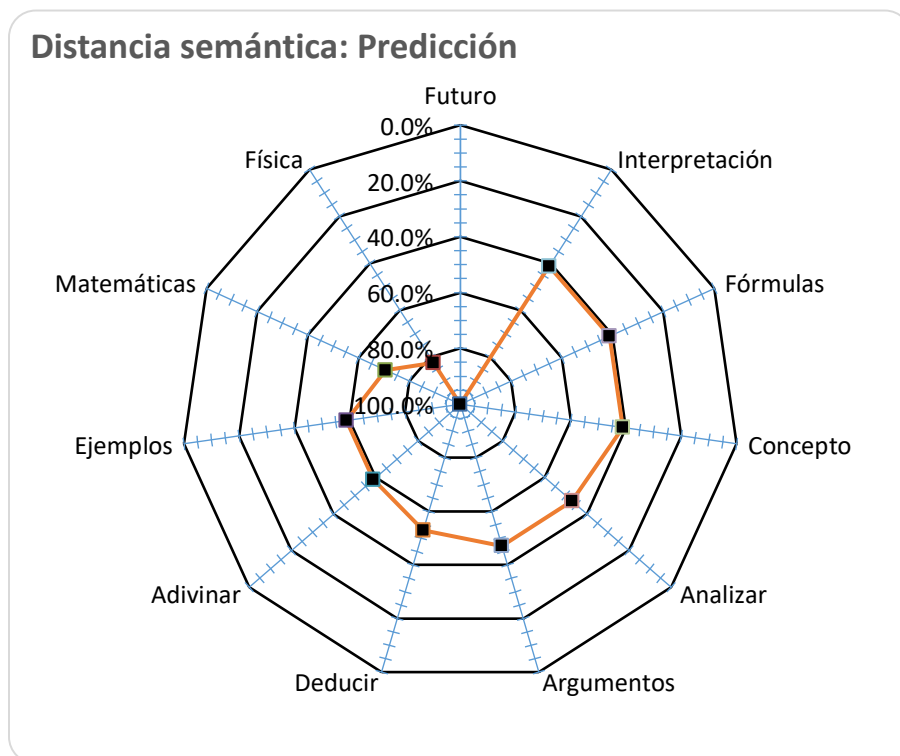
Profesores.



Expertos.

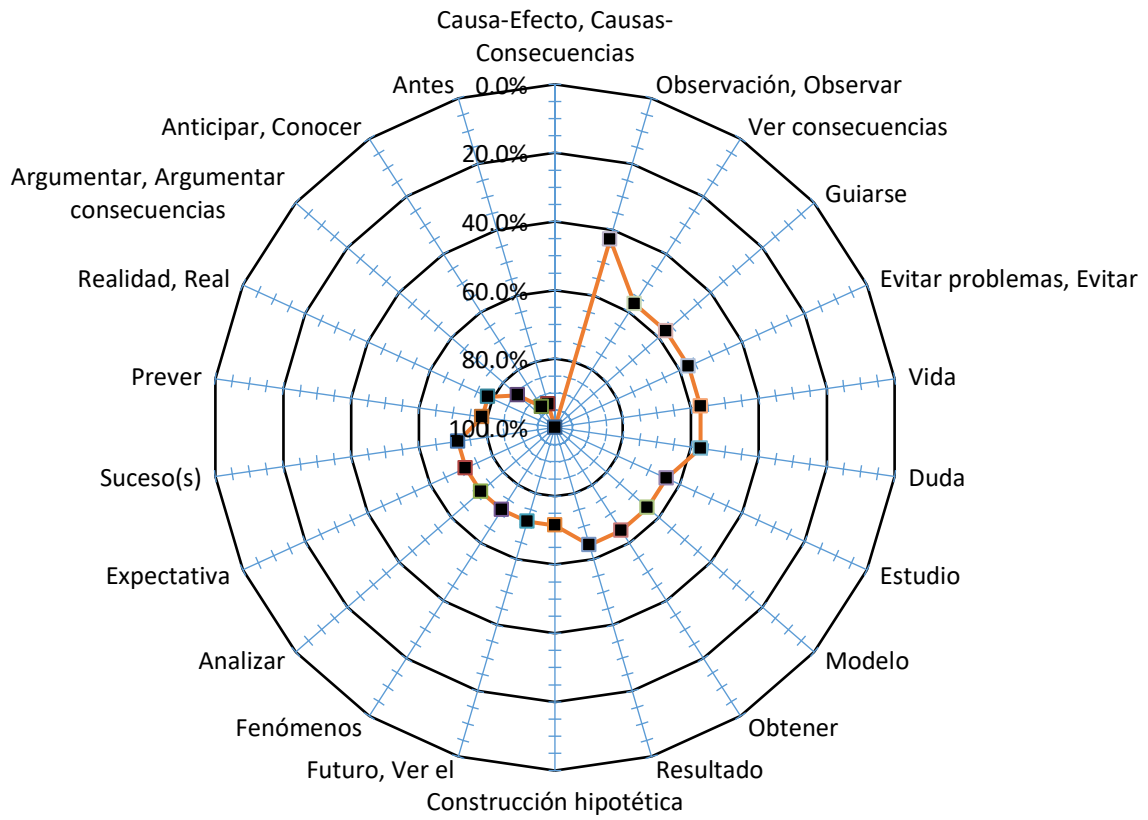


Estudiantes de la Licenciatura en Física.



Profesores.

Distancia semántica: Predicción



➤ Análisis.

Al comparar los núcleos de las redes semánticas o grupo SAM de los Profesores con los Expertos y los Estudiantes de la Licenciatura de Física, se observa que comparten los Profesores con los Expertos tres palabras definidoras: Pensar con una $M=37$ y una $FMG=100\%$, Sintetizar con una $M=22$ y una $FMG=59.5\%$ y Fenómeno con una $M=12$ y con una $FMG=32.4\%$, pero ninguna con los Estudiantes de la Licenciatura de Física, contrastando marcadamente los índices de consenso, variando los valores de $Q_{ex}=33.3\%$ en relación con los Estudiantes de la Licenciatura de Física, que tienen un $Q_{es}=0.0\%$. Con respecto a los valores de dispersión, los Profesores tienen un valor de $G = 1.8$, y los expertos de $G = 0.4$, mostrando una diferencia marcada, pero es también mayor la dispersión en los estudiantes de la Licenciatura de Física, que tienen una $G = 0.8$.

Por parte de los Profesores, el núcleo de la red está representado por un concepto o palabra definidora: Pensar-Reflexionar, con una $M=37$, la cual conforman el $FMG=100\%$ del peso semántico y la distancia semántica mayor. Por parte de los Expertos, se tiene que el núcleo de la red recae sobre seis conceptos, de los cuales, dos están relacionados directamente con los Profesores (Pensamiento y Síntesis, ambas con una $M=10$ y una $FMG=100\%$). Los seis conceptos conforman entre una $M=10$ y $FMG=100\%$ a una $M=9$ con una $FMG=90.0\%$ del peso semántico con una distancia semántica semejante. Con referencia a los Estudiantes de la Licenciatura de Física, es uno solo concepto (Ensayo, Ensayar con $M=16$ y una $FMG=100\%$), que no tiene presencia dentro del grupo SAM de los Profesores y de los Expertos.

Cabe mencionar que en el grupo SAM de los profesores, se encuentra dos palabras que se relacionan con las detonantes Argumentar y Análisis, pero ninguna con conceptos matemáticos u operativos de la asignatura, como son medición, experimentación, variables. Caso contrario en comparación con los núcleos de la red semántica de los Expertos y los Estudiantes en Licenciatura en Física.

Con respecto a las gráficas donde se muestra la relación entre las definidoras y su peso semántico o grupo SAM, en los Expertos no existe algún salto pronunciado o mayor a una unidad, sino que se observa una tendencia suave, sin cambios abruptos entre ellos (saltos iguales a una unidad), pero en los Profesores se presentan dos cambios abruptos, uno de 15 unidades (Pensar con una $M=37$ y $FMG=100\%$ con Sintetizar, Analítico sintético que tiene una $M=22$ y una $FMG=59.5\%$) y otro de seis unidades (Conclusión con una $M=19$ y una $FMG=51.4\%$ con Desmenuzar, Integrar, Dividir que tiene una $M=13$ y una $FMG=35.1\%$). El primer cambio es entre la palabra definidora principal y la que le sigue a continuación. El segundo cambio es entre la cuarta palabra y la quinta palabra definidora. Lo que continúa de la curva de tendencia, es de tendencia suave con saltos iguales a una unidad. Esta gráfica contrasta fuertemente con la de los Expertos y la de los Estudiantes de la Licenciatura de Física, ya que en ésta última aparece un solo salto pronunciado, de 4 unidades de diferencia.

Por último, con respecto a la distancia semántica, se observa en la gráfica de los expertos distancias más cortas, lo que da la apariencia de un gráfico con valores muy juntos, que oscilan en un intervalo de $FMG=100\%$ al $FMG=60\%$, y en los Profesores se aprecia un gráfico con una gran distancia semántica entre las definidoras, variando el intervalo entre el $FMG=100\%$ al $FMG=20\%$, pero con saltos abruptos en la línea. Aquí también se tiene un contraste marcado con la gráfica de los Estudiantes de licenciatura, en donde la franja de variabilidad es $FMG=100\%$ al $FMG=40\%$, pero con un quiebre marcado en la línea que une al primer y segundo conceptos.

Expertos.

Grupo SAM: Análisis					N = 3	
Palabras definidoras	M	G	FMG	Fa	Fr	
1 Pensar(miento)	10	0	100.0%	2	66.7%	
2 Condensar, Síntesis	10	0	100.0%	2	66.7%	
3 Excluir	10	0	100.0%	1	33.3%	
4 Esencias	10	0	100.0%	1	33.3%	
5 Cuidadosamente	9	1	90.0%	1	33.3%	
6 Fenómeno	9	0	90.0%	1	33.3%	
7 Etapa	8	1	80.0%	1	33.3%	
8 Deducir	7	1	70.0%	1	33.3%	
9 Cálculo	6	1	60.0%	1	33.3%	
10 Investigación	6	0	60.0%	1	33.3%	
					0.0%	
J =	10	0.4		12	60.0%	
B =	18					
J/B =	55.6%					

Estudiantes de la Licenciatura en Física.

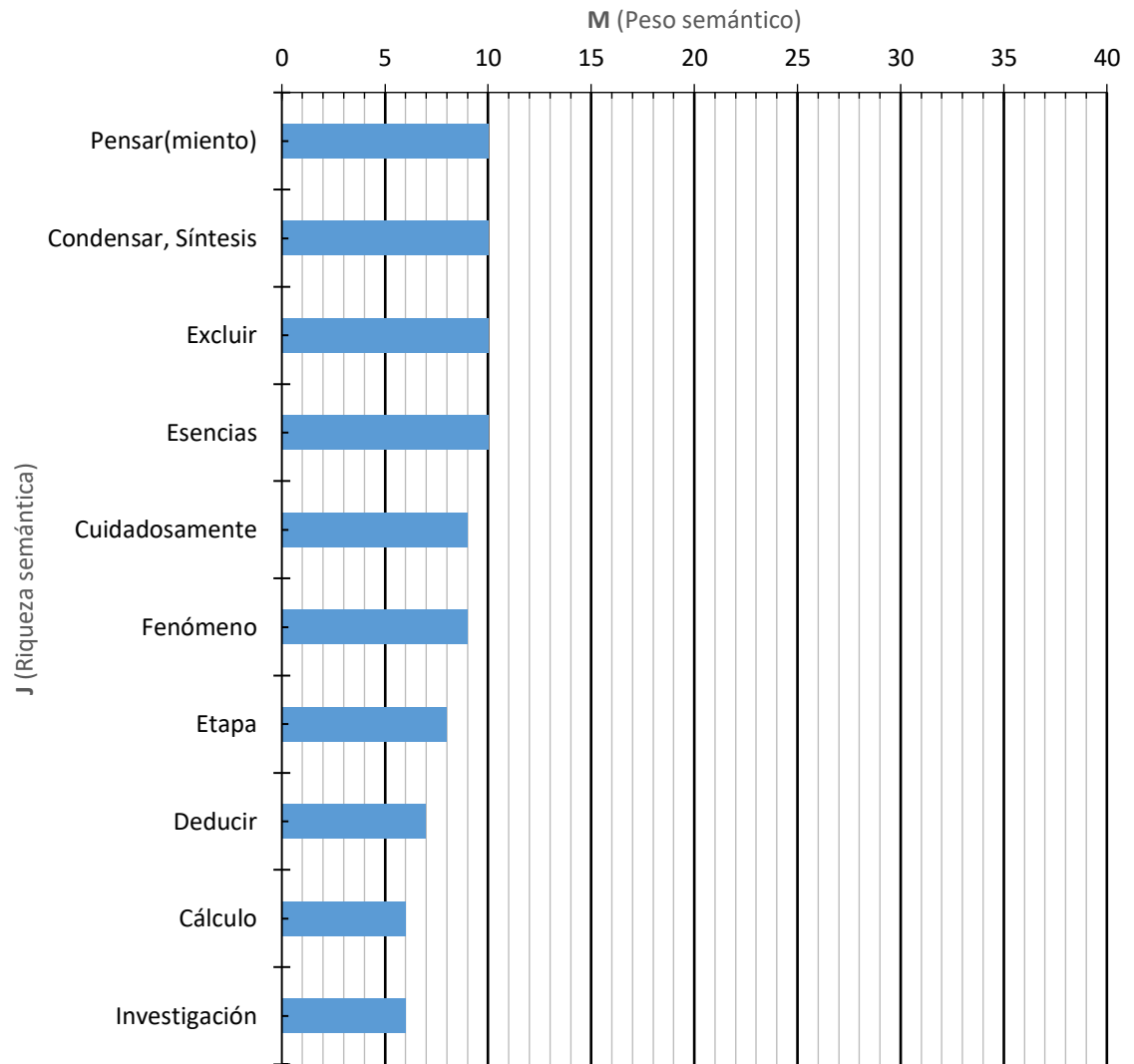
Grupo SAM: Análisis						N = 3	
Palabras definidoras	M	G	FMG	C _{ex}	Fa	Fr	
1 Ensayo, Ensayar	16	0	100.0%	0	2	66.7%	
2 Ideas	12	4	75.0%	0	2	66.7%	
3 Introducción	10	2	62.5%	0	1	33.3%	
4 Convencer	10	0	62.5%	0	1	33.3%	
5 Observación	10	0	62.5%	0	1	33.3%	
6 Física	9	1	56.3%	0	2	66.7%	
7 Explicar	9	0	56.3%	0	1	33.3%	
8 Lógica	9	0	56.3%	0	1	33.3%	
9 Experimentar	8	1	50.0%	0	1	33.3%	
10 Razonamiento, Razonar	7	1	43.8%	0	2	66.7%	
11 Preparación	7	0	43.8%	0	1	33.3%	
12 Matemáticas	7	0	43.8%	0	1	33.3%	
J =	12	0.8		0	16	53.3%	
B =	26						
J/B =	46.2%						
Q =	0						

Profesores.

Parámetros: Análisis							N = 7	
Palabras Definidoras (PD)		M	G	FMG	Cex	Ces	Fa	Fr
1	Pensar, Reflexionar	37	0	100.0%	10	0	6	85.7%
2	Sintetizar, Analítico-sintético	22	15	59.5%	10	0	4	57.1%
3	Resultado(s)	21	1	56.8%	0	0	3	42.9%
4	Conclusión	19	2	51.4%	0	0	2	28.6%
5	Desmenuzar, Integrar, Dividir, Partir	13	6	35.1%	0	0	3	42.9%
6	Fenómenos, Relacionar fenómenos	12	1	32.4%	10	0	2	28.6%
7	Estructurar	10	2	27.0%	0	0	1	14.3%
8	Descomponer, Partes	10	0	27.0%	0	0	2	28.6%
9	Modelar	10	0	27.0%	0	0	1	14.3%
10	Obtener	9	1	24.3%	0	0	1	14.3%
11	Demostrar	8	1	21.6%	0	0	1	14.3%
12	Métodos	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
13	Interacción	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
14	Problematizar	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
15	Argumentar	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
16	Localizar	8	0	21.6%	0	0	1	14.3%
17	Información	7	1	18.9%	0	0	2	28.6%
18	Comprobar, Comprobación	7	0	18.9%	0	0	2	28.6%
				0.0%				0.0%
	J =	18	1.76		30	0	35	51.5%
	B =	51						
	J/B =	35.3%						
	Qex =	30						
	Qes =	0						

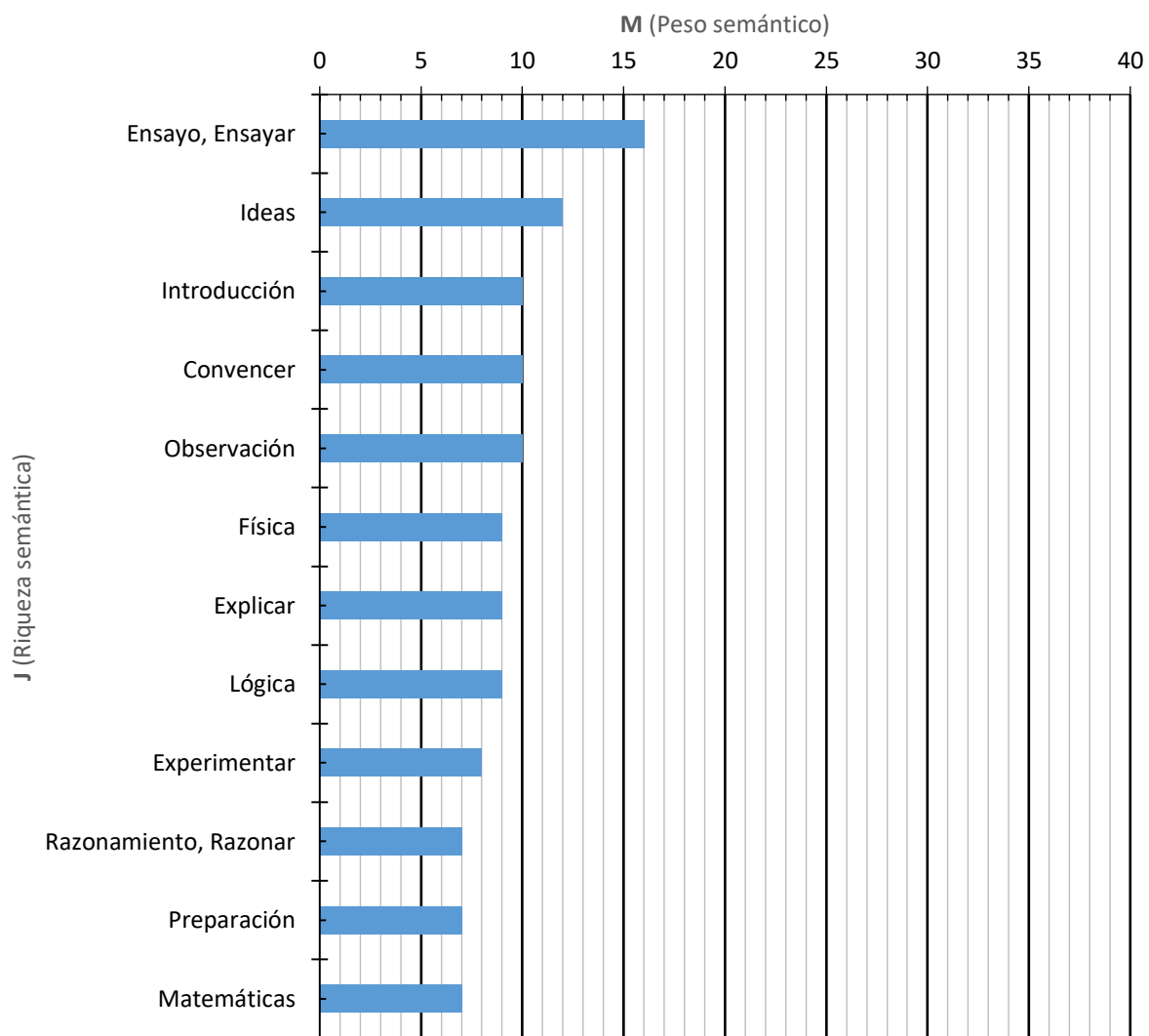
Expertos.

Grupo SAM: Análisis



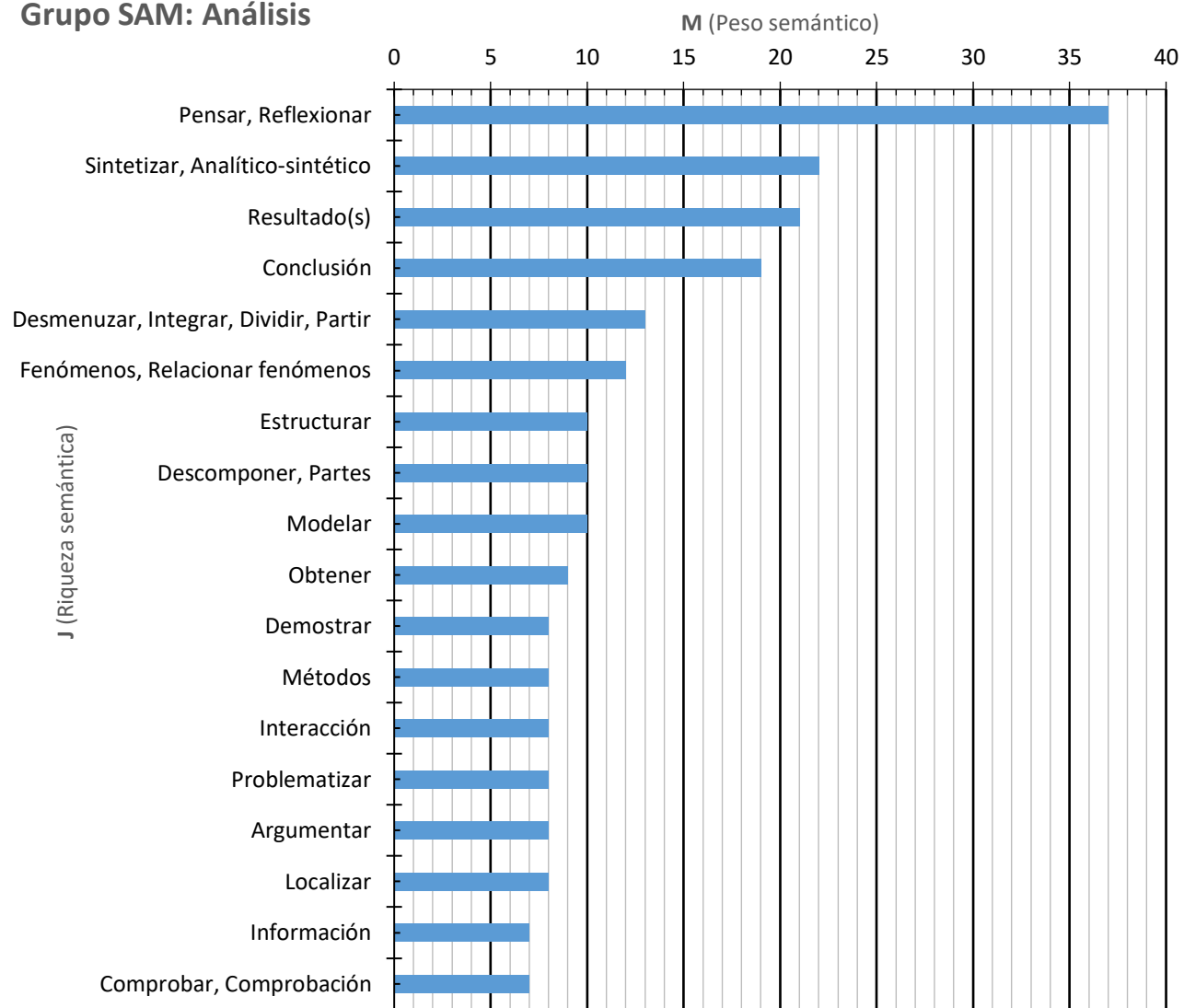
Estudiantes de la Licenciatura en Física.

Grupo SAM: Análisis

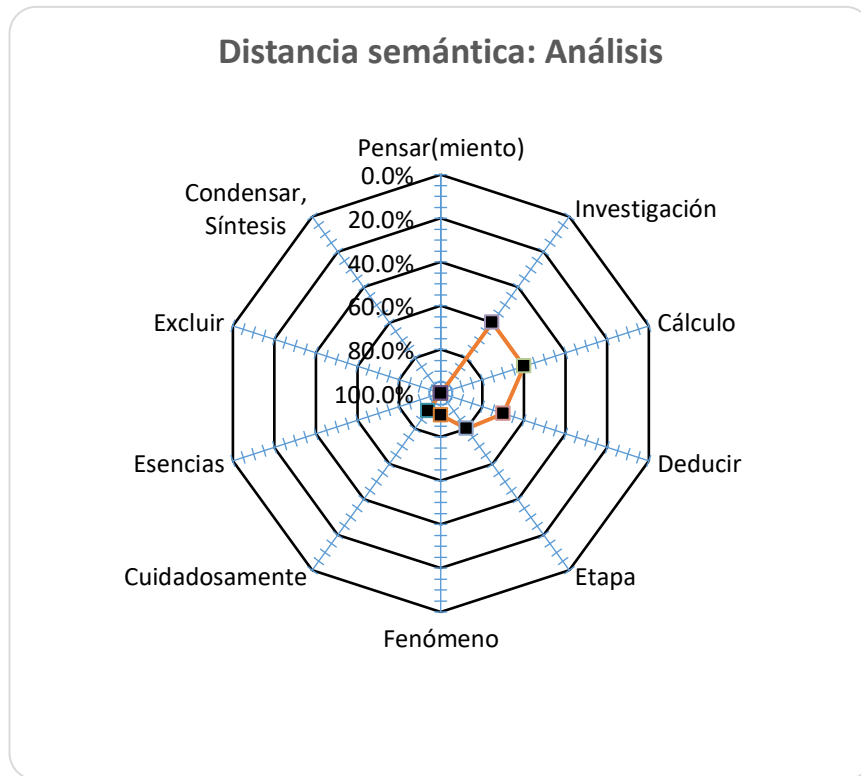


Profesores.

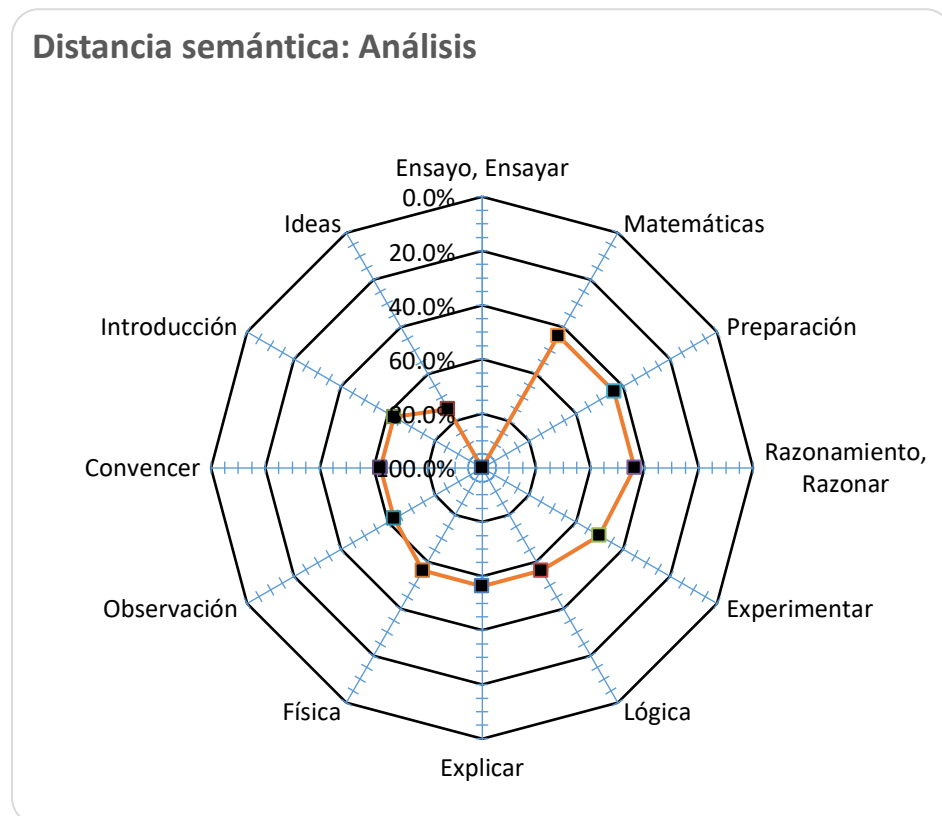
Grupo SAM: Análisis



Expertos.

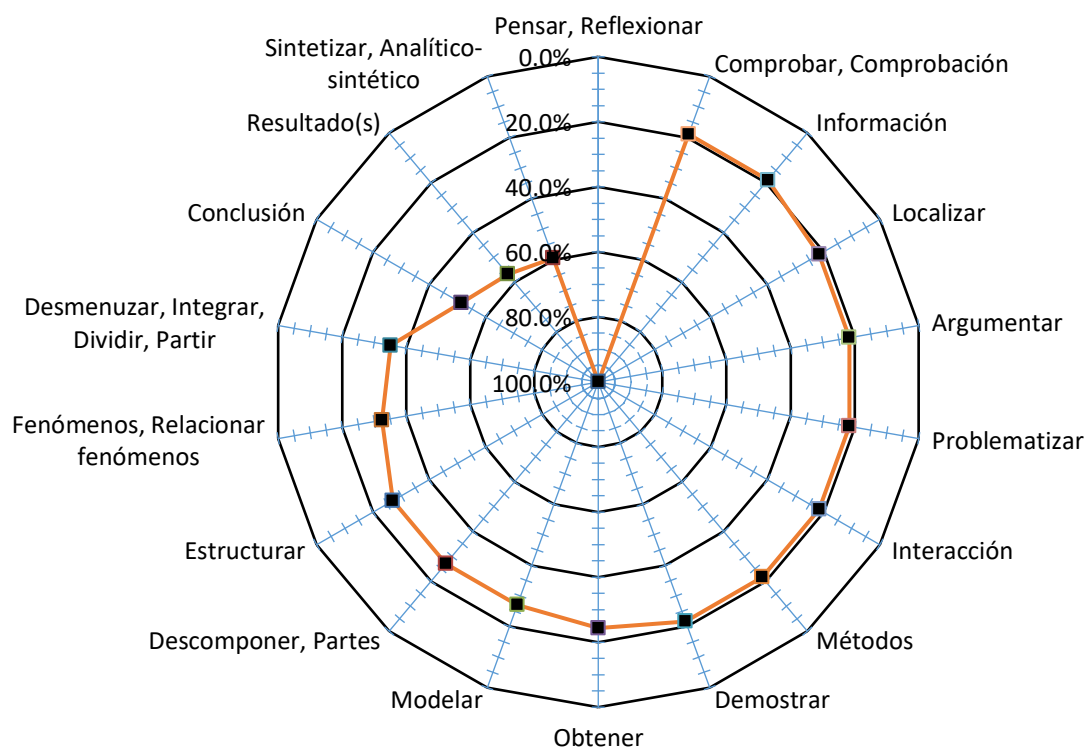


Estudiantes de la Licenciatura en Física.



Profesores.

Distancia semántica: Análisis



CAPÍTULO V. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.

1. Conclusiones.

Las conclusiones que se pueden comentar, son primer lugar, con referencia o sobre las representaciones conceptuales de los Profesores y su interrelación con y entre la Explicación física y la Argumentación física, haciendo la observación que las considera sinónimas, ya que en las dos redes semánticas obtenida de los profesores se observa una equivalencia de significado entre estos dos conceptos resaltados por los valores del parámetro “M”, como de su posición relativa dentro de la Tabla SAM. Al contrastarse con las demás redes semánticas pertenecientes a la de los expertos y a la de los estudiantes de la licenciatura de Física, las diferencias que surgen en la comparación con la red semántica de los expertos, es que éstos las consideran referenciadas a sí mismas, pero sin que las interrelacione entre sí o que las considere equivalentes; y en el caso de los estudiantes de la licenciatura de Física, la interrelación se da solamente en el sentido de la Explicación física hacia la Argumentación física, pero no en sentido contrario, lo que podría interpretarse como el indicio de las características de la construcción de un pensamiento formal como en los expertos donde se refleja una Física con mayor grado de abstracción, pero partiendo de un pensamiento intermedio en los estudiantes de la licenciatura, lo que podría ubicarse en la transición entre una Física Aristotélica y una Física Newtoniana. Y, por último, la red semántica de los docentes, que se ubicaría entre un pensamiento físico más cercano a una Física Aristotélica o Física Espontánea.

Como segunda conclusión, se relacionan con los propios conceptos físicos o científicos (11 en total de 22), y conceptos físicos específicos (7), y solamente con uno matemático, el cual está relacionado con el manejo gráfico de los datos (1), no con el manejo de variables o expresiones matemáticas con las propiedades funcionales o de dependencia de las ecuaciones.

A partir de la segunda definidora se observa una variación conceptual marcada, ya que se incluyen conceptos físicos (Fuerza, Peso, Inercia, Movimiento), conceptos teóricos (Hipótesis, Teoría) como conceptos fenomenológicos (Fuerza corporal, Cotidiano) en los conceptos indicados para este concepto, deduciéndose en que esta palabra detonadora está relacionada con aspectos fenomenológicos o muy ligadas a las percepciones que se tienen a través de los sentidos. De la comparación de los núcleos de las redes semánticas o grupos SAM de los Expertos con los Profesores, se encuentran diferencias marcadas, ya que en el grupo SAM de los Expertos, no hay referencias a conceptos físicos y tampoco matemáticos, sino que se refieren a procesos mentales, y solamente uno matemático muy comentado en la literatura: Truco, ajuste o normalización de las expresiones matemáticas para que se ajusten a una representación de un modelo físico (Hecht, 1987) y ya unido desde la parte teórica de la Física. En el caso de los Estudiantes de la licenciatura de Física, con base en la comparación de los grupos SAM respectivos, hay una tendencia hacia el pensamiento de los expertos, pero se siguen notando más semejanzas con los Profesores.

Por otro lado, con base en la comparación del núcleo de la red semántica de los Profesores con los Expertos y los Estudiantes de la Licenciatura de Física, se observan dos conceptos comunes con los expertos (Explicación y Fórmula), lo que genera un consenso de $Q_{ex}=6.7\%$, que contraste marcadamente con la de los Estudiantes de Licenciatura de Física, donde se encuentran tres conceptos comunes (Expresión, Pensamiento e Ideas) dando un consenso del $Q_{es}=22.2\%$, aproximadamente tres veces y media en relación con los Expertos, lo que apoya la idea de una mayor interrelación, es decir, una estructura semántica semejante entre estos dos grupos (Profesores y Estudiantes de la Licenciatura de Física), pero a su vez, una gran diferencia entre el

pensamiento que prevalece entre los Expertos, lo que en términos de didáctica, la construcción que se lleva a cabo sobre una argumentación física está más relacionada con procesos de abstracción de la persona, que en procesos de enseñanza-aprendizaje que se dan en el mismo.

Además, se puede comentar, que la Explicación física, en su estructura semántica del profesor que imparte la asignatura, muestra conexiones hacia la construcción de un concepto importante en la ciencia, el cual es el llamado Modelo, lo cual está fuertemente interrelacionado por la distancia semántica que presenta, en comparación con los demás conceptos o palabras aportadas, tal y como nos muestra la tabla SAM de dicha palabra detonadora, pero no interrelaciona este concepto con la construcción de modelo funcional (Camacho, 2001; Cantoral, 2001), lo que implica que el proceso de fisicización tal como se propone en la figura II.3, se completa, quedando el proceso trunco o en la etapa de la cuantificación, lo que se ha denominado como *El Praediciere* como esquema (Cantoral, 2001), donde se caracteriza por ser una etapa operativa (medir, registrar, observar, anotar, entre otras), más que de análisis o de abstracción, es decir, lejos de la etapa de la construcción de modelos funcionales, tal y como se puede concluir de las respuestas obtenidas en los cuestionarios auxiliares 6 y 7.

En contraste, se tiene que para la Argumentación física, hay una relación explícita con respecto a cuatro palabras detonantes —Explicación, Analizar, Predicción y Argumentación física—, en ese orden de aparición en la tabla del grupo SAM de la palabra detonante Argumentación física, lo que es indicativo que hay una diferencia de 44.5%, resultado de $FMG=72.1\%$ a $FMG=27.6\%$, lo que representa un poco más del 40% en distancia conceptual, interpretándose que la argumentación física es una explicación apoyada en un análisis, más que una predicción sobre el acontecer de algún proceso físico.

Otras palabras detonadoras que complementan las representaciones de los profesores, son las relativas a Fórmula física, la cual se considera entre los expertos y estudiantes de la licenciatura relacionada con conceptos matemáticos (Ecuación, Dependencia), lo que implica un pensamiento dado a lo funcional, y en cierta forma, representado como $f(x) \approx$ fenómeno físico (Camacho, 1994), reafirmando una idea construida sobre la interrelación matemática (10 conceptos de 25 del Grupo SAM).

Estas relaciones se hacen más notorias al analizar los grafos que representan a cada una de las redes semánticas de los Profesores, los Expertos y los Estudiantes de la Licenciatura de Física. Así se tiene en las figuras V.1, V.2 y V.3 la representación de estas relaciones gráficas, apreciándose lo que se comentaba anteriormente, que los conceptos de Explicación física y Argumentación física, en los Profesores tienen una interconexión más densa (22 enlaces), en comparación con los Expertos (6 enlaces), y que además que las representaciones conceptuales de los Profesores se encuentran concentradas en el aspecto matemático, con poca interrelación con los aspectos físicos, tales como la Explicación física y la Fórmula física, características que también se aprecian en los cuestionarios de las preguntas orientadoras (Cuestionarios 6 y 7).

Con relación a las preguntas planteadas, tenemos que, en referencia a las representaciones conceptuales sobre la interrelación entre la Física y la Matemática, según se observa en el gráfico de la figura V.1, se tiene ninguna relación entre Física y Matemática como ciencias (preguntas i.1 y i.2).

En referencia a las preguntas sobre la construcción de la explicación física y argumentación física (preguntas ii.1), se tiene que estos dos conceptos se hallan interrelacionados como sinónimos, no se hace una distinción entre ellos, y sus diferencias, en que por Explicación Física, solamente se relaciona con Fórmula física, Ecuación matemática y Física, pero a pesar que se da la relación con la ecuación, no se vincula con el concepto de Matemática. El otro concepto con que se relaciona es con el de Análisis, pero no considera el de Predicción, con el cual está unido. Por otra parte, el concepto de Argumentación física, se halla en mayor interrelación Matemática, Predicción, Análisis, y se tiene también como auto referencia, pero no se relaciona con Fórmula física, Ecuación matemática y Física.

Por último, sobre la pregunta iii.1, se observa que la Fórmula física no está relacionada con los conceptos de Predicción y Análisis, lo cual contrasta con el concepto de Ecuación matemática, aún y cuando este último, si se relaciona con la Predicción y con el Análisis, lo que aporta una base para considerar que el Profesor de Ciencias II (énfasis en Física) no considera equivalente la Fórmula física a la Ecuación matemática, lo cual restringe en su significado y alcance, en contraste de la amplitud de relaciones que le asigna a la Ecuación matemática.

En conclusión, se tiene que el profesor que imparta Ciencias II (énfasis en Física), no ha construido una estructura cognitiva que refleje una conceptualización de una Física Newtoniana, lo cual sería consecuencia de transformar las estructuras cognitivas que están relacionadas con un pensamiento físico espontáneo o semejante a una Física Aristotélica. en la cual se apoye contem-ple en sus programas de estudios, tanto de la Normal de Maestros, así como cuando sean egre-sados de otros sistemas educativos, tales como licenciaturas en ingeniería, contenidos como los que se tienen presentes en los planes de estudio de la Licenciatura en Física, con el propósito de desarrollar un pensamiento físico que se aproxima a una física Newtoniana, en primera instancia, y lo deseable, a los conceptos que se encuentran contenidos en la Física Moderna.

Estas representaciones conceptuales son el tamiz primero por el cual se lleva a cabo la trans-formación de un objeto que es parte de un conocimiento sabio hacia un objeto de enseñanza (o transposición didáctica), pero al llevarse a cabo dicha construcción y transformación, lleva con-sigo características de las representaciones conceptuales ligadas a una Física Aristotélica, lo cual está en contraposición con los planteamientos de un pensamiento científico, tal como se plantea en los contenidos curriculares.

Considero que estas construcciones basadas en las representaciones conceptuales caracteri-zadas por una Física Aristotélica, son uno de los obstáculos epistemológicos principales para lograr los propósitos del Plan y Programa de Estudio elaborados con las reformas educativas de 1993, 2006 y 2011.

También es de resaltarse, que el proceso de enseñanza-aprendizaje está condicionado por los productos de esta transposición didáctica, ya que los resultados de este proceso están enfo-cados y regidos por las características de una Física Aristotélica, dando una explicación física y una argumentación física sin una base de evidencias observacionales y experimentales, no de conceptos físicos comprendidos correctamente, sin un tratamiento lógico-matemático y sin una consideración de las relaciones de causalidad contrastadas y compatibles con un conocimiento científico aceptado (Bunge, 2006).

Resumen de parámetros																						
Palabras detonantes o definidoras		Profesores							Expertos						Estudiantes de la Licenciatura							
		J	M	G	B	J/B	Q _{ex}	Q _{es}	Fr	J	M	G	B	J/B	Fr	J	M	G	B	J/B	Q _{ex}	Fr
1	Explicación física	22	10.7	1.0	56	39.3%	0.0%	16.7%	44.8%	10	8.1	0.4	18	55.6%	60.0%	13	10.4	0.9	23	56.5%	0.0%	66.7%
2	Argumentación física	23	11.1	1.0	50	46.0%	6.7%	22.2%	59.7%	10	8.2	0.3	18	55.6%	60.0%	11	10.0	0.9	24	45.8%	0.0%	56.7%
3	Fórmula física	25	10.1	0.5	54	46.3%	10.0%	22.2%	58.0%	10	8.5	0.8	18	55.6%	60.0%	11	9.3	1.0	25	44.0%	8.9%	53.3%
4	Ecuación matemática	21	11.5	0.8	47	44.7%	20.0%	15.6%	61.2%	10	8.2	0.4	19	52.6%	55.0%	11	9.2	0.7	27	40.7%	0.0%	46.7%
5	Física (significado de la)	20	13.2	1.6	50	40.0%	41.1%	21.1%	57.7%	11	7.8	0.4	19	57.9%	60.0%	11	9.1	1.0	26	42.3%	10.0%	50.0%
6	Matemática (significado de la)	21	11.7	1.3	50	42.0%	0.0%	37.8%	56.1%	9	8.8	1.4	18	50.0%	55.0%	11	9.5	0.8	28	39.3%	0.0%	43.3%
7	Predicción	22	9.8	0.3	48	45.8%	7.8%	26.7%	58.7%	10	8.0	0.4	20	50.0%	50.0%	11	9.9	1.0	27	40.7%	20.0%	46.7%
8	Análisis	18	12.5	1.8	51	35.3%	33.3%	0.0%	51.5%	10	8.5	0.4	18	55.6%	60.0%	12	9.5	0.8	26	46.2%	0.0%	53.3%

Tabla V.I. Resumen de los resultados obtenidos para cada definidora y los valores de sus parámetros.

Nomenclatura.

- J: Número total de definidoras o conceptos que forma el núcleo o grupo SAM.
- M: Peso semántica de cada una de las definidoras (promedio de todos los pesos semánticos de una definidora)
- G: Valor de la dispersión de las palabras definidoras.
- B: Total de palabras definidoras dadas para cada una de las palabras detonantes o conceptos.
- J/B: Razón entre total de definidoras y el total de palabras dadas para cierta palabra o concepto detonante.
- Q_{ex}: Consenso con el grupo SAM de los expertos.
- Q_{es}: Consenso con el grupo SAM de los estudiantes de licenciatura de Física.
- Fr: Frecuencia relativa en relación con el número de definidoras y el número de participantes en cada grupo, ya fuera de expertos, estudiantes en licenciatura de Física o profesores.

Palabras detonantes o definidoras		Red semántica																								Totales		
		Profesores								Expertos								Estudiantes de la Licenciatura										
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8			
Explicación física	1		1	1	1	1	1			1	1											1			1	5	2	2
Argumentación física	2	1	1				1	1	1									1		1					1	5	0	3
Fórmula física	3																									0	0	0
Ecuación matemática	4			1	1			1			1	1								1	1			1		3	2	3
Física (significado de la)	5																							1	1	0	0	2
Matemática (significado de la)	6			1	1									1		1			1	1	1			1	1	2	2	5
Predicción	7		1		1															1						2	0	1
Análisis	8	1			1		1	1	1															1		5	0	1
		2	3	3	5	1	4	2	2	1	2	1	0	1	0	1	0	1	1	4	2	1	1	4	3			

Tabla V.2. Resumen de los resultados obtenidos para cada red semántica o Grupo SAM.

Red semántica de los Profesores

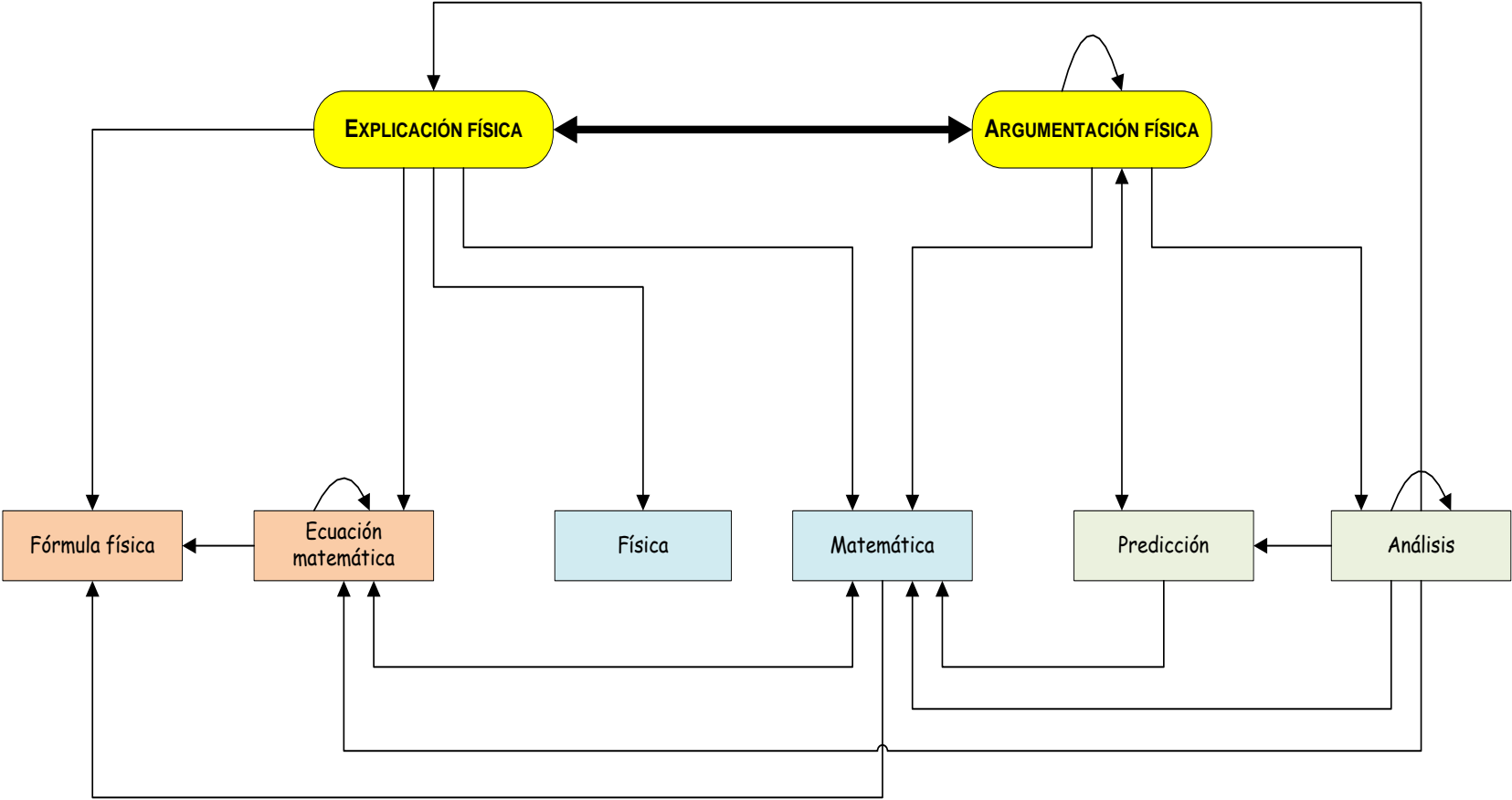


Figura V.1.

Red semántica de los Expertos

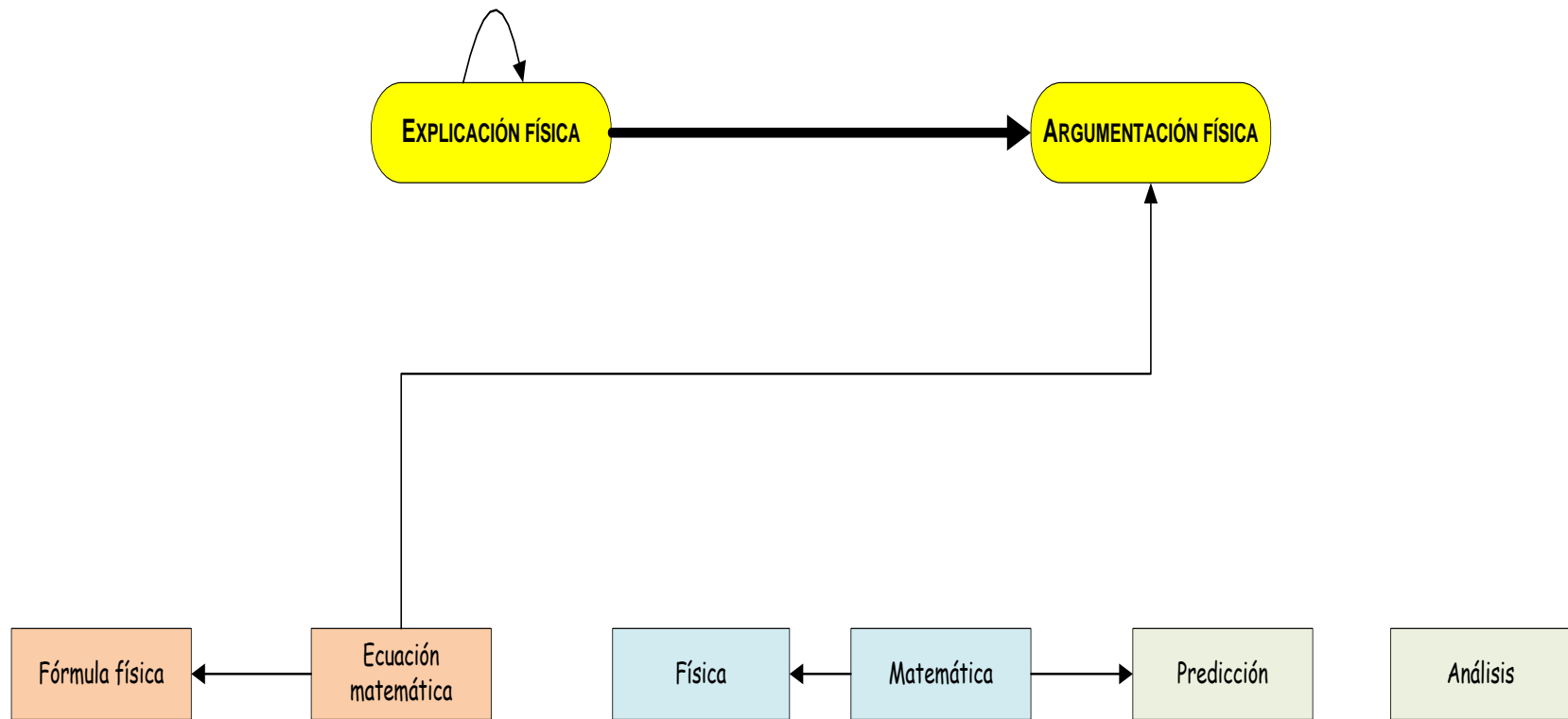


Figura V.2.

2. Recomendaciones.

Entre las recomendaciones, se tendrían las que permitan profundizar y entender las representaciones conceptuales del profesor que imparte la asignatura de Ciencias II (énfasis en Física), ya que éstas son la base tanto de la información que se vierte en el proceso de enseñanza-aprendizaje, como en las actitudes y habilidades que el mismo profesor ha desarrollado para impartir la asignatura, y ante todo, considerando que el docente que se quiere en las escuelas es aquel que logre alcanzar los propósitos que plantea el programa de estudios del 2011, todo lo cual se halla interrelacionado con el desarrollo de competencias científicas. Además, de buscar como propósito que el profesor de esta asignatura, construya un pensamiento que sea lo más cercano o semejante al modelo de la Física Newtoniana o Clásica, en donde se tiene que la Explicación y la Argumentación física tenga la estructura de un modelo funcional de la Física, el cual sirva como guía de pensamiento en el análisis del entorno a los que se ven sujetos los tanto profesores como estudiantes, y en general, una población inmersa en una sociedad del conocimiento. Es también importante esta consideración, ya que un pensamiento cercano a la Física Newtoniana, es el basamento sobre el cual se construye la visión de la Física Moderna, que es la que permite entender y comprender los alcances de mucha de la tecnología que actualmente su utiliza, tanto en los aspectos referentes a la mejora de una calidad de vida al prevenir o curar enfermedades, como de los efectos que tiene sobre el humano y el medio ambiente en general.

Otra recomendación de importancia, y que puede ser base para investigaciones futuras, es la de explorar las representaciones conceptuales a partir de preguntas como las siguientes: ¿Los profesores en formación tienen en el aula actitudes más tradicionales que las detectadas en sus creencias en comparación con profesores con mayor experiencia? (Mellado, 1996; Pavón, 1996), la cual llevaría a la recolección de información que aportaría bases para una reflexión y autocrítica del mismo profesor en la evolución de su desempeño profesional y en las transformaciones que van teniendo sus representaciones conceptuales con respecto a la Física como asignatura escolar que enseña.

Otras preguntas sugeridas (las cuales también se pueden considerar o desarrollar como objeto de estudio de alguna otra investigación) serían las tres preguntas para el profesor que se halle en cualquier etapa de su desarrollo profesional, con la intención de explicitar sus creencias didácticas habituales o pensamiento espontáneo desde la planeación, durante y al terminar cierto parte del proceso de enseñanza-aprendizaje: *¿Qué cosa harías?* *¿Por qué lo harías?* y *¿podrías hacerlo de otra manera?* (Mellado, 1996; Pavón, 1996), manteniendo la postura o bajo análisis desde la planeación, el desarrollo y evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje en Ciencias II (énfasis en Física).

Entre otras acciones, también se insiste que se formen grupos de estudio o discusión entre los mismos profesores, dándose una oportunidad para el acompañamiento, por un lado, y por otro el aprendizaje del trabajo en equipo y el desarrollo de la confianza entre los mismos, lo cual, sería reflejado como complementos de las competencias que se consideran como propósitos dentro del mismo plan y programa de estudios, dándose así, una retroalimentación desde la experiencia propia hacia la enseñanza y aprendizaje en el aula o del PEA.

De aquí se parte que, una recomendación de mayor relevancia es la de propiciar un ambiente de aprendizaje en donde los profesores construyan y desarrollen esa ruta que los lleve a construirse un pensamiento, en este caso en particular, que vaya desde una Física Aristotélica hacia una Física Newtoniana o Clásica, y sea el soporte a su vez, para una construcción de una Física Moderna.

Pero, ante todo, no perder de vista, que para introducir en el PEA un pensamiento científico como propósito, es requisito indispensable que, entre los componentes educativos, y principalmente en el Profesor, se tenga que el pensamiento científico sea parte de sus representaciones conceptuales y de esta forma, parte de su visión de cómo se interpreta la naturaleza y cómo se

vive en forma de mayor plenitud, dando un paso a la erradicación de la desinformación principalmente, bajo la visión de un escepticismo informado y autocrítico.

Bibliografía.

- ALDAZ, Hernández Isaías (1992)**, "*Algunas actividades de los Mixes de Cacalotepec relacionadas con las Matemáticas. Un acercamiento a su cultura*". Tesis de Licenciatura. CINVESTAV, México, pp. 41-57.
- ÁLVAREZ-Suárez Pedro; CEPERO-Espinosa Sergio; ARCE, Constantino y PERALES-Palacios Francisco Javier (2013)**. "*Posibilidades del escalamiento subjetivo como técnica del análisis del pensamiento espontáneo de profesorado de ciencias en formación*". Vol. 17, No. 2 (mayo-agosto. 2013). Profesorado. Revista de currículum y formación del profesorado. ISSN: 1138-414X (edición papel). ISSN 1989-639X (edición electrónica). <http://www.ugr.es/~recfpro/rev172COL77.pdf>. Recuperado el 24/Nov/2014.
- ÁLVAREZ-GAYOU, Jurgenson Juan Luis (2003)**. "*Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*". Barcelona, España: Editorial Paidós, S.A. ISBN: 698-853-516-8.
- ASHTON, T. S. (1994)** "*La Revolución Industrial*". Colección Breviarios, Fondo de Cultura Económica. ISBN: 978-968-16-0323-6.
- AUSUBEL, David P., NOVAK, Joseph y NANESIAN, Helen (1983)**. "*Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*". 2da. Edición (reimp. 2001). México: Editorial Trillas, S.A. de C.V. ISBN: 968-24-1334-6.
- BACHELARD, Gastón (2000)**. "*La formación del espíritu científico*". Vigésimotercera edición en español. México: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. ISBN: 968-23-1731-2.
- BARRÓN, Tirado Concepción (2015)**. "Concepciones epistemológicas y práctica docente. Una revisión". México: Revista de Docencia Universitaria (REDU) Vol. 13, enero-abril 2015, pp. 35-56. ISSN: 1887-4592.
- BAUTISTA, Ramos Raymundo, MARTÍNEZ Enríquez, J. Rafael, y MIRAMONTES Pedro (coordinadores) (2004)**. "*Las matemáticas y su entorno*". México: Siglo Veintiuno Editores, S.A. de C.V. ISBN: 968-23-2517-X
- BISHOP, Alan J. (1999)**. "*Enculturación matemática. La educación matemática desde una perspectiva cultural*". Colección Temas de educación. Barcelona, España: Ediciones Paidós Ibérica, S.A., pp. 239. ISBN: 84-493-0720-1.
- BONILLA, Pedroza María Xóchitl (2009)**. "*Las actividades didácticas bajo la posible influencia de las concepciones epistemológicas y de aprendizaje de los docentes en ciencias*". Primera edición. México: Universidad Pedagógica Mexicana (UPN). ISBN: 978-607-413-043-0.
- BUNGE, Mario (2006)** "*Epistemología*". México: Siglo XXI Editores.
- CALERO, Pérez Mavilo (2008)**. "*Constructivismo pedagógico. Teorías y aplicaciones básicas*". México: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V. ISBN: 978-970-15-1386-6.
- CAMACHO, Ríos Alberto (1994)**. " *$f(x) \approx$ fenómeno físico*". Notas de clase. Instituto Tecnológico de Chihuahua II, Chihuahua. México: Educación Matemática, Vol. 6, No. 1, abril 1994, pp. 79-90. GEI.
- CANDELA, Antonia (1999)**. "*Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*". Primera edición. México: Editorial Paidós Mexicana, S. A. ISBN: 968-853-424-2.
- CANTORAL, Uriza Ricardo (2001)**, "*Matemática Educativa. Un estudio de la formación social de la Analiticidad*". México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V., ISBN: 970-625-331-9.
- CARRETERO, Mario (1993)**. "*Constructivismo y Educación*". Primera Edición. Zaragoza, España: Aiqué Didáctica. Edelvides. ISBN: 950-701-262-1.
- CARRETERO, Mario (1996)**. "*Construir y enseñar. Las Ciencias Experimentales*". Primera Edición. Argentina: Aiqué Grupo Editor, S.A. ISBN: 950-701-339-3.

- CARRIÓN, Miranda Vicente y ARRIETA Vera Jaime (1998)**, *“La modelación de fenómenos como proceso de matematización para la formación, tratamiento y conversión de representaciones en diferentes sistemas semióticos”*. Didáctica. Investigaciones en Matemáticas Educativa. México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V.
- CASTORINA, José Antonio y BARREIRO, Alicia (2014)**. *“Las representaciones sociales y prácticas en la Psicogénesis del conocimiento social”*. Colección: Nuevos enfoque en Educación. Buenos Aires, Argentina. Miño y Dávila Editores. ISBN: 978-84-15295-55-6.
- DE LA PEÑA, Luis (coord.); CAMPOS, Ignacio; COCHO, Germinal; CÓRDOVA, José Luis; GARCÍA, Rolando; GÓMEZ, Lara Jacobo, et al. (1998)** *“Ciencias de la materia. Génesis y evolución de sus conceptos fundamentales”*. Primera edición. México: Siglo XXI Editores, S.A. De C.V. en coedición con la UNAM. ISBN: 968-23-2162-X.
- DELVAL, Juan (2013)**. *“El aprendizaje y la enseñanza de las ciencias experimentales y sociales”*. México: Siglos XXI Editores. ISBN: 978-607-03-0499-6.
- DOMÍNGUEZ, María Alejandra y STIPCICH María Silvia (2009)** *“Una propuesta didáctica para negociar significados acerca del concepto de energía”*. Rev. Eureka Enseñanza y Divulgación de la Ciencia, 2010, 7(1), pp. 75-92. Experiencias, recursos y otros trabajos. Buenos Aires, Argentina: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas. NIECyC. (Recibido en marzo de 2009, aceptado en julio de 2009)
- DRIVER, Rosalind; SQUIRES Ann; RUSHWORTH Peter y WOOD-ROBINSON Valerie (2000)**. *“Dando sentido a la ciencia en secundaria. Investigaciones sobre las ideas de los niños”*. Primera edición SEP/Visor. Biblioteca para la actualización del maestro. SEP. México: Secretaría de Educación Pública. ISBN: 970-18-5113-7.
- ESPINOZA, Ana; CASAMAJOR, Adriana y EAGLE, Pitton (2009)**. *“Enseñar a leer textos de ciencias”*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Paidós. ISBN: 978-950-12-1517-5.
- EUSTACHE, Francis y DESGRANGES, Béatrice (2014)**. *“Hacia un modelo unificado de la memoria”*. Mente y Cerebro, Cuadernos, 3º cuatrimestre de 2014, Núm. 9. Barcelona, España: Prensa Científica, S.A. ISSN: 2253-959X.
- FERNÁNDEZ-RAÑADA, Antonio (2000)** *“De las matemáticas, la física y los físicos”*. España: Revista española de Física, 14(5) 47-48, 2000.
- FLORES, Camacho Fernando (Coord.) (2012)**, *“La enseñanza de la ciencia en la educación básica en México”*. Primera edición. México: Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE). ISBN: 978-607-7675-39.6
- FONT, Vicenç y GODINO, Juan D. (2006)**. *“La noción de configuración epistémica como herramienta de análisis de textos matemáticos: su uso en la formación de profesores”*. Educ. Mat. Sao Paulo, Vol. 8, No. 1, pp. 67-98. Consultado y recuperado el 14/octubre/2014 de: <http://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/download/538/430>
- GALLEGO, Torres Adriana Patricia y ROCHA, Salamanca Pedro (2012)**. *“De las concepciones docentes a las representaciones sociales sobre el cambio climático”*. Revista "Ciencia Escolar (CiEs): Enseñanza y modelización". Vol. 2/Nº 1/2012. Chile: Escuela de Pedagogía en Biología y Ciencias. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad Central de Chile. ISSN: 0719-1189. Página: www.revistacienciaescolar.cl
- GARCÍA, Cabrero Benilde y JIMÉNEZ, Vidal Susana (1996)**. *“Redes semánticas de los conceptos de presión y flotación en estudiantes de bachillerato”*. Investigación. Revista Mexicana de Investigación Educativa (RMIE), julio-diciembre 1996, Vol. 1, Núm. 2, pp. 343-36. México. Consultado el 22 de agosto del 2014 en: <http://www.comie.org.mx/v1/revista/portal.php?criterio=ART00197&idm=es&sec=SC03&sub=SBB>

- GARCÍA, Cruz Juan Antonio (2011).** *“La didáctica de las Matemáticas: Una visión general”*. Red Telemática Educativa Europea. Organización de los Estados Iberoamericanos (OEI). Consultado el 14/enero/2014 en:
www.gobiernodecanarias.org/educacion/rtee/didmat.doc
<http://nti.educa.rcanaria.es/rtee/rtee.htm>
<http://www.oei.es/noticias/spip.php?article9218>
- GREENE, Brian N. (2016).** *“El universo elegante. Supercuerdas, dimensiones ocultas y la búsqueda de una teoría final”*. México: Ediciones Culturales Paidós, S.A. de C.V. ISBN: 978-84-08-00701-2, www.paidos.com.mx
- GIBBS, W. Wayt, FOX Douglas (2000),** *“Enseñanza de las ciencias”*, Investigación y Ciencia, edición española de *Scientific American*, ejemplar marzo del 2000, pp. 76-81.
- GIL, Daniel; CARRASCOSA Jaime; FURIÓ Carlos y MARTÍNEZ-Torregrosa Joaquín (1999).** *“La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria” (Planteamientos didácticos generales y ejemplos de aplicación en las ciencias físico-químicas)*. Primera reimpresión 1999. Barcelona, España: Multimedia, Libros y Comunicaciones S. A. de C. V. ISBN: 84-85840-10-0.
- GÓMEZ, Mendoza Miguel Ángel (2005).** *“La transposición didáctica: Historia de un concepto”*. Revista Latinoamericana de Estudios Educativos. Volumen 1. Julio-diciembre 2005, pp. 83-115.
- GONZÁLEZ, Juan C. (2006).** *“Perspectivas contemporáneas sobre la cognición: categorización, percepción y conceptualización”*. México: Siglo XXI Editores, S.A. de C.V. Universidad Autónoma de Morelos. ISBN: 968-23-2670-2.
- HECHT, Eugene (1987),** *“Física en perspectiva”*. E.U.A.: Editorial Addison-Wesley Iberoamericana, S.A. Wilmington, Delaware. ISBN: 0-201-64015-5.
- HERNÁNDEZ, Gonzáles Joaquín (1991),** *“La enseñanza de las ciencias naturales: entre una (re)descripción de la experiencia cotidiana y una resignificación del conocimiento escolar”*. Tesis DIE 9. México:
- HERNÁNDEZ, Rojas Gerardo (2012).** *“Paradigmas en psicología de la educación”*. Décima reimpresión. México: Ediciones Culturales Paidós, S.A. de C.V. ISBN: 978-968-853-383-3.
- HEWITT, Paul G. (2007),** *“FÍSICA Conceptual”*. Décima edición. México: Pearson Educación, pp. 824. ISBN: 978-970-26-0795-3.
- HINOJOSA, Rivero Guillermo (2008).** *“El tratamiento estadístico de las redes semánticas naturales”*. Revista Internacional de Ciencia Sociales y Humanidades. SOCIOTAM. Vol. XVIII, Núm. 1-2008, pp. 133-154. REDALyC. México: Universidad Autónoma de Tamaulipas. ISSN (Versión impresa): 1405-3543. Consultado el 13/marzo/2015 en:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=65411190007>
- JARA, Salvador (2005).** *“Investigación en la enseñanza de la Física”*. México: Revista Electrónica Sinéctica (en línea), núm. 27, agosto, 2005. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente. ISSN (Versión electrónica): 1665-109X. Recuperado de:
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99815895002>.
- KLINE, Morris (1985).** *“Matemáticas. La pérdida de la certidumbre”*. Primera edición en español. México: Siglo Veintiuno Editores, S.A. de C.V. ISBN: 968-23-1939-0.
- LARA-BARRAGÁN, Antonio (1995),** *“La enseñanza de la Física a nivel superior”*, Cuadernos de Difusión Científica. Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. ISBN: 968-895-629-5.
- LEDERMAN, León y TERESI, Dick (2013).** *“La partícula divina. El universo es la respuesta, ¿cuál es la pregunta?”*. México: Ediciones culturales Paidós, S.A. de C.V., bajo el sello de

- editorial de BOOKET. ISBN: 978-607-9202-76-7.
- MARTÍNEZ, Sergio F. (2001)** *“De los efectos a las causas. Sobre la historia de los patrones de explicación científica”*. Reimpresión 2001. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). México: Ediciones Paidós Ibérica, S.A. ISBN: 968-853-360-2.
- MORÍN, Edgar (2007)**, *“Introducción al pensamiento complejo”*. Novena reimpresión. Barcelona, España: Gedisa Editorial, www.gedisa.com. ISBN: 978-84-7432-518-8.
- MOCHÓN, Cohen Simón y ROJANO Cevallos Ma. Teresa (1998)**, *“La modelación a nivel secundaria: puente entre las matemáticas y las ciencias”*. Didáctica. Investigaciones en Matemática Educativa. México: Grupo Editorial Iberoamérica, S.A. de C.V.
- OGBORN, Jon; KREES Gunther; MARTINS Isabel y McGILLICUDDY Kieran (1996)**. *“Formas de explicar. La enseñanza de las ciencias en Secundaria”*. Aula XXI/Santillana. España: Santillana, S.A. ISBN: 84-294-5827-1.
- PATY, Michel (2006)**. *“Einstein y el rol de las matemáticas en la física”*. Praxis filosófica, Nueva serie. No. 22, Ene-Jun/2006, pp. 5-27. Universidad el Valle. Escuela de Filosofía. ISSN: 0120-4686.
- PENROSE, Roger (2007)**. *“El camino a la realidad. Una guía completa de las leyes del universo”*. Barcelona, España: Random House Mondadori, S.A. ISBN: 978-970-780-262-9.
- PIAGET, Jean y GARCÍA, Rolando (2008)**. *“Psicogénesis e Historia de la Ciencia”*, Undécima edición. México: Editorial Siglo XXI. ISBN: 978-968-23-1156-7.
- POZO, Municio Juan Ignacio (1994)**. *“Aprendizaje de la ciencia y pensamiento casual”*. Segunda edición. Vol. XXX, colección Aprendizaje. Madrid, España: Visor distribuciones. ISBN: 84-7774-430-0.
- POZO, Municio Juan Ignacio y FLORES Fernando (coord.) (2007)**. *“Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia”*. Volumen CLII de la Colección Aprendizaje. Cátedra UNESCO. Madrid, España: A. Machado Libros, S.A. ISBN: 978-84-7774-152-7.
- POZO, Municio Juan Ignacio, GÓMEZ Crespo Miguel Ángel (2001)**. *“Aprender y enseñar ciencia”*. Colección: Pedagogía, Manuales. Madrid, España: Ediciones Morata, S.L., pp. 331. ISBN: 84-7112-440-8.
- REYES, L. (1993)**. *“Las redes semánticas naturales, su conceptualización y su utilización en la construcción de instrumentos”*. Revista de Psicología Social y Personalidad, Vol. IX, No. 1, pp. 81-97.
- RODRÍGUEZ, Gómez Gregorio, GIL, Flores Javier y GARCÍA, Jiménez Eduardo (1999)**. *“Metodología de la investigación cualitativa”*. Segunda Edición. Málaga, España: Ediciones Aljibe, S.L., www.edicionesaljibe.com. ISBN: 84-87767-56-7.
- RODRÍGUEZ, Pineda Diana Patricia y LÓPEZ, y Mota Ángel D. (2006)**. *“¿Cómo se articulan las concepciones epistemológicas y de aprendizaje con la práctica docente en el aula? Tres estudios de caso de profesores de secundaria”*. México: Revista Mexicana de Investigación Educativa (REMIE). Octubre-diciembre 2006, vol. 11, Núm. 31, pp. 1307-1335. Consultado en internet el 10/octubre/2014 en: <http://www.comie.org.mx/documentos/rmie/v11/n31/pdf/rmiev11n31scB02n06es.pdf>.
- ROLKE, Bettina (2003)** *“Procesamiento inconsciente de la información”*. No. 5, octubre del 2003. Revista Mente y Cerebro, publicación de Investigación y Ciencia. Barcelona, España: Prensa Científica S.A. ISSN: 1695-0887
- ROONEY, Anne (2013)** *“La historia de la Física. De la filosofía natural al enigma de la materia oscura”*. México: Grupo Editorial Tomo, S.A. de C.V. ISBN-13: 978-607-415-473-3. <http://www.grupotomo.com.mx>.
- SEP (1993)**, *“Plan y programas de estudio. Educación Básica. Secundaria”*. Primera reimpresión 1997. México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito (CONALITEG). ISBN: 968-29-6598-5.

- SEP (1996)**, “*La enseñanza de la Física en la escuela secundaria. Lecturas*”. México: SEP, Programa Nacional de Actualización Permanente (ProNAP). ISBN: 968-29-9457-8.
- SEP (1997)**, “*Matemáticas. Libro para el maestro. Educación Secundaria*”. México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito.
- SEP (2000c)**, “*Física. Trabajemos algunos contenidos de los programas de estudio. Secundaria*”. Talleres Generales de Actualización (TGA). SEP-ProNAP. Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito, México.
- SEP (2001)**, “*Física. Libro para el maestro. Educación Secundaria*”. Tercera edición revisada, 2001 (ciclo escolar 2001-2002). México: Comisión Nacional de Libros de Texto Gratuito. Secretaría de Educación Pública (SEP). ISBN: 970-18-6170-1.
- SEP (2001a)**. “*Ciencia: conocimiento para todos*”. Segunda reimpresión. Biblioteca para la Actualización del Maestro. México: Secretaría de Educación Pública (SEP). ISBN: 978-607-467-197-1.
- SEP (2006)**. “*Ciencias. Educación básica. Secundaria. Programa de Estudio 2006*”. Segunda reimpresión 2008. México: Secretaría de Educación Pública (SEP). ISBN: 978-968-9076-07-0.
- SEP (2011)**. “*Programas de estudio 2011. Guía para el maestro. Educación Básica. Secundaria. Ciencias*”. Primera Edición. México: Secretaría de Educación Pública (SEP). ISBN: 970-18-0530-5.
- SERWAY, Raymond A. y JEWETT, John W. Jr. (2008)**, “*Física para ciencias e ingeniería*”. Séptima edición. México: Ed. Cengage Learning Editores, S.A. de C.V., Volumen I. ISBN-13: 978-607-481-375-9.
- SNEIDER, Cary I. (2010)**. “*Tierra, Luna y estrellas*”. Guía para el maestro 2010, reimpresión y revisión. Serie GEMS. Berkeley, California: Universidad de California, Berkeley. ISBN: 978-0-924886-05-8.
- SOLARTE, María Claudia (2006)**. “*Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica.*” En: Revista ierRed: Revista Electrónica de la Red de Investigación Educativa (en línea). Vol. 1, No. 4 (enero-junio de 2006). (Fecha de consulta: 24 de agosto del 2014.) Disponible en Internet: <<http://revista.iered.org>>. ISSN 1794-8061.
- TIPPENS, Paul E. (2011)**. “*Física. Conceptos y aplicaciones*”. Séptima edición en español. México: McGraw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. ISBN-13: 978-10-6260-4.
- TRIGUEROS, Gaisman María (2006)** “*Ideas acerca del movimiento del péndulo*”. Revista Mexicana de Investigación Educativa (RMIE). Sección temática Educación en ciencias Naturales, octubre-diciembre 2006, Vol. 11, Núm. 31, pp. 12071240. ISSN: 1405-6666.
- VALDEZ, M. J. L. (1998)**. “Las redes semánticas naturales: usos y aplicaciones en psicología social”. Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- VERA, Noriega José Ángel; PIMENTEL, Carlos Eduardo; BATISTA de Albuquerque Francisco José (2005)**. “*Redes Semánticas: Aspectos teóricos, técnicos, metodológicos y analíticos*”. Revista Ra Ximhai, septiembre-diciembre, Año/Vol. 1, número 003. México: Universidad Autónoma Indígena de México. ISSN (versión impresa):1665-0441.
- VIVAS, Jorge Ricardo, COMESAÑA, Ana y VIVAS, Leticia Yanina (2007)**. “*Evaluación de las redes semánticas de conceptos académicos en estudiantes universitarios*”. Facultad de Psicología de la Universidad Nacional de Mar del Plata. Psico-USF, Vol. 12, No. 1, pp. 111-119, jan./jun. 2007. Consultado en internet el 10/octubre/2014 en: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?pid=S1413-82712007000100013&script=sci_arttext
- VIVAS, Jorge (Comp.) (2009)**. “*Evaluación de redes semánticas. Instrumentos y aplicaciones*”. Mar

- del Plata, Argentina: Editorial de la Universidad Nacional de Mar del Plata (EUDEM). ISBN: 978-987-1371-46-4.
- VIVAS, Jorge (s/a).** *“Análisis de Redes Semánticas aplicadas a contenidos académicos. Métodos e instrumentos”*. Argentina: Grupo de Psicología cognitiva y Educacional. Facultad de Psicología. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- WAGNER, Wolfgang y FLORES-PALACIOS, Fátima (2010).** *“Apuntes sobre la epistemología de las representaciones sociales”*. Ensayo. México: Educación Matemática, Vol. 22, núm. 2, agosto del 2010, pp. 139-162.
- WEISSMAN, Hilda, Comp. (1997).** *“Didáctica de las Ciencias Naturales. Aportes y reflexiones”*. Compilación. Coordinación del proyecto de didácticas especiales. 5° reimpresión. Argentina: Paidós Educador. ISBN: 950-12-2113-X.
- ZERMEÑO, Flores Ana I.; ARELLANO, Ceballos Aideé C. y RAMÍREZ, Vázquez Vanessa A. (2005).** *“Redes Semánticas Naturales: Técnica para representar los significados que de los jóvenes tienen sobre la televisión, internet y expectativas de vida”*. Estudio sobre las Culturas Contemporáneas, diciembre, año/vol. XI, número 022. Colima, México: Universidad de Colima, pp. 305-334. Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (RedALyC). ISSN: 1405-2210. Consultado el: 05/mar/2015 en: http://bvirtual.ucol.mx/descargables/669_redes_semanticas_naturales.pdf

Anexos.

Formatos de los cuestionarios utilizados.

Nombre _____

Fecha _____

Cuestionario 1

Estimado profesor.

Por medio del presente, se te pide que tengas la amabilidad de indicar diez como mínimo o más sustantivos, adjetivos, verbos o adverbios que relaciones con los siguientes conceptos. Lo que se te pide que consideres, es que no debes utilizar artículos (el, la, los, las, un uno); preposiciones (a, ante, bajo, contra con, hacia, mediante, etc.) o conjunciones (y, o, pero, dado que, etc.) en tus respuestas.

1. Explicación física.

2. Argumentación física.

3. Fórmula física.

4. Ecuación matemática.

5. Física.

6. Matemáticas.

7. Predicción.

8. Análisis.

Nombre _____

Fecha _____

Cuestionario 2

Estimado profesor.

Con base en la información o respuestas indicadas anteriormente, se te pide que tengas la amabilidad de indicar o clasificar en una escala de uno (menos importante) a diez (la de mayor importancia) todas las respuestas por renglón que hallas indicado.

Explicación física.

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

6 _____
7 _____
8 _____
9 _____
10 _____

Argumentación física.

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

6 _____
7 _____
8 _____
9 _____
10 _____

Fórmula física.

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

6 _____
7 _____
8 _____
9 _____
10 _____

Ecuación matemática.

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

6 _____
7 _____
8 _____
9 _____
10 _____

Física.

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

6 _____
7 _____
8 _____
9 _____
10 _____

Matemáticas.

1 _____
2 _____
3 _____
4 _____
5 _____

6 _____
7 _____
8 _____
9 _____
10 _____

Predicción.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____

- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____

Análisis.

- 1 _____
- 2 _____
- 3 _____
- 4 _____
- 5 _____

- 6 _____
- 7 _____
- 8 _____
- 9 _____
- 10 _____

¿CUÁLES SON TUS IDEAS ACERCA DE LA TIERRA?

691ª. Pregunta:

¿Por qué es plana la Tierra en el dibujo #1 y redonda en el dibujo #2?
(Encierre la letra con un círculo con la mejor respuesta).



1



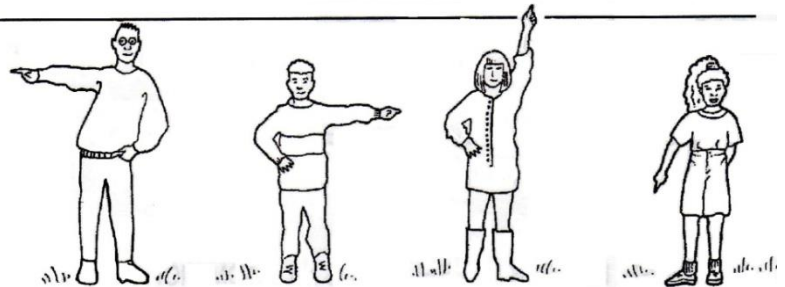
2



- A. Son Tierras diferentes.
- B. La Tierra es redonda como una pelota, pero la gente vive en la parte plana del centro.
- C. La Tierra es redonda como una pelota, pero tiene lugares planos sobre ella.
- D. La Tierra es redonda como una pelota, pero se ve plano porque vemos solamente una pequeña parte de ella o de la pelota.
- E. La Tierra es redonda como un plato o disco, así que parece redonda cuando se le mira desde arriba y plana cuando estás sobre ella.

2ª. Pregunta:

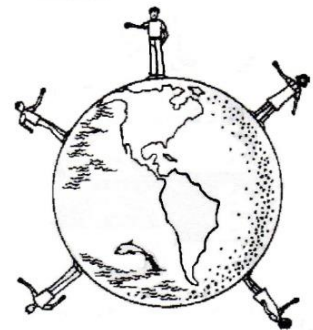
Supón o imagina que la Tierra es de vidrio y puedes mirar a través de ella. ¿En cuál dirección mirarías en línea recta, para ver la gente en países distantes como China y la India?



- A. ¿Hacia el oeste?
- B. ¿Hacia el este?
- C. ¿Hacia arriba?
- D. ¿Hacia abajo?

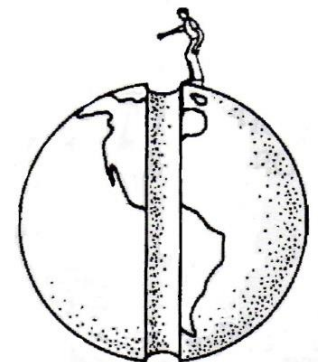
3ª. Pregunta:

Este dibujo muestra algunas personas gigantes o amplificadas dejando caer piedras en varios lugares alrededor de la Tierra. Muestra lo que le pasa a cada piedra, dibujando una línea que muestra el camino completo de cada piedra cuando se le deja caer, y termina la línea en el lugar donde pienses que la piedra finalmente va a parar, desde la mano de la persona hasta donde se detiene.



4ª. Pregunta:

Supón o imagínate que hay un túnel a través de la Tierra, que fue excavado de polo a polo. Imagina que una persona sostiene una piedra encima de la apertura en el Polo Norte. Muestra que pasa con la piedra cuando se le deja caer, dibujando una línea desde la mano de la persona que deja caer la piedra hasta el lugar en donde la piedra cae o llega finalmente.



Modificado y adaptado del ejemplar *Learning 86*, derechos reservados 1986. *Springhouse Corporation*.

Nombre _____

Fecha _____

Cuestionario 5

Estimado profesor.

Se pide que tengas la amabilidad de responder las siguientes preguntas, en la forma más amplia y completa. Considera que tus respuestas sean claras, y si es necesario, puedes utilizar el reverso de la hoja o solicitar las que consideres necesarias.

1. De las anteriores preguntas sobre "Cuáles son tus ideas acerca de la Tierra", ¿cuáles consideras que podrías explicarlas y argumentarlas con ayuda de las matemáticas?

Y ¿por qué?

2. De las anteriores preguntas sobre "Cuáles son tus ideas acerca de la Tierra", ¿cuáles consideras que se dan con una explicación o una argumentación con base en alguna fórmula física?

Y ¿por qué?

3. ¿Cuáles serían las fórmulas físicas que puedes utilizar para proporcionar una argumentación y explicación a las preguntas anteriores?

Y ¿por qué?

4. Indica tus comentarios, observaciones o sugerencias sobre el cuestionario "Cuáles son tus ideas acerca de la Tierra" o de este.

Cuestionario 6

Estimado profesor.

Se pide que tengas la amabilidad de responder las siguientes preguntas, en forma amplia y completa. Considera que tus respuestas sean claras, y si es necesario, puedes utilizar el reverso de la hoja o solicitar las que consideres necesarias.

- 1.1. **Cuándo ves una fórmula, por ejemplo, $v^2 = v_0^2 - 2a \cdot (x - x_0)$ o cualquier otra que consideras (escríbela por favor), ¿Qué piensas que representa o significa?**

- 1.2. **Cuando ves una ecuación, por ejemplo, $y^2 - y_0^2 = -2k \cdot (x - x_0)$ o cualquier otra, (escríbela por favor), ¿Qué piensas que representa o significa?**

- 1.3. **¿Cuál es tu opinión de que en la Física se manejen sus términos o conceptos, como son aceleración, movimiento, trabajo, energía, etc., por medio de representaciones matemáticas?**

- 1.4. **Indica ejemplos donde se exprese algún concepto físico con ayuda de expresiones matemáticas, identificando cada una de las partes que constituyen las expresiones que indicas.**

- 1.5. **Qué entiendes cuando se dice que dos cantidades o variables son "directamente proporcionales". Indica algún ejemplo.**

- 1.6. **Qué entiendes cuando se dice que dos cantidades o variables son "inversamente proporcionales". Indica algún ejemplo**

- 1.7. **¿Qué gráfica corresponde a la expresión directamente proporcional y cual a la expresión inversamente proporcional? (Si se necesita espacio, lo puedes dibujar en la parte posterior de la hoja).**

Cuestionario 7

2.1. Indica que semejanzas que encuentras entre las expresiones dadas en cada uno de los incisos siguientes:

a) $y = mx + b$ γ ${}^{\circ}F = \frac{9}{5}{}^{\circ}C + 32$

b) $\frac{x \cdot y}{z} = 6.2 \cdot k \cdot z_0$ γ $\frac{pV}{T} = \frac{p_0V_0}{T_0}$

c) $y = \frac{1}{k} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t}$ γ $C = \frac{\Delta Q}{m \cdot \Delta t}$

2.2. De las expresiones dadas en el inciso anterior, elige las que quieras e indica lo siguiente de cada una de las que hayas elegido:

- ¿Encuentras alguna relación o dependencia de los valores numéricos entre las diferentes letras que forman la expresión?

- ¿Qué forma tendría la gráfica de cada una de las expresiones que hayas seleccionado?

- ¿Qué relación existe entre las diferentes letras que forman las expresiones? Por ejemplo, si algún valor de una depende el valor de la otra, o si se conoce el valor de alguna es posible deducir el valor de las otras, etc.

- ¿Piensas que las expresiones indicadas te ayudan a resolver problemas de Matemáticas o de Física? Indica la razón de tu respuesta.