

UNIVERSIDAD DE EXTREMADURA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



Tesis Doctoral

“Preconcepciones y errores conceptuales
en Óptica. Propuesta y validación de un
modelo de enseñanza basado en la
Teoría de la Elaboración de
Reigeluth y Stein”

*Memoria presentada para optar al grado de
Doctor en Ciencias Físicas por*

Julia Gil Llinás

Badajoz 2003

Edita: Universidad de Extremadura

Servicio de Publicaciones

c/ Pizarro, 8

Cáceres 10071

Correo e.: publicac@unex.es

<http://www.pcid.es/public.htm>

Dña. M^a Isabel Suero López, Profesora Titular de Universidad del Área de Óptica en el Departamento de Física de la Universidad de Extremadura y D. Ángel Luis Pérez Rodríguez, Profesor Titular de Universidad del Área de Óptica en el Departamento de Física de la Universidad de Extremadura

INFORMAN

Que la presente memoria **“Preconcepciones y errores conceptuales en Óptica. Propuesta y validación de un modelo de enseñanza basado en la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein”**, ha sido realizada por Julia Gil Llinás bajo nuestra dirección, en el Departamento de Física de la Universidad de Extremadura.

Y para que conste, en cumplimiento de la legislación vigente, firmamos el presente, a 7 Abril de dos mil tres.

Fdo. M^a Isabel Suero López.

Fdo. Ángel Luis Pérez Rodríguez.

Agradecimientos:

Mi más sincero agradecimiento:

A los Dres. Dña. M^a Isabel Suero López y D. Ángel Luis Pérez Rodríguez, Directores de este trabajo, por sus orientaciones, dedicación y amistad. Sin su ayuda este trabajo nunca hubiera llegado a su fin.

Al Dr. D. Manuel Montanero Morán, por iniciar esta difícil pero apasionante línea de investigación, por su ayuda, por sus críticas siempre tan provechosas y por darme la oportunidad de reflexionar con él sobre estos temas.

Al Dr. D. Manuel Montanero Fernández, que nos ayuda a entender las teorías psicológicas y pedagógicas, tan importantes en este trabajo.

A mis compañeros, Paqui, Paco y Pedro, por su interés, apoyo y compañía.

A mis compañeros del Centro Universitario de Mérida, especialmente a D. Emilio Hernández por su incomparable ayuda en el análisis estadístico de los datos y a la Dra. Dña. Carmen Pro, por sus palabras de ánimo en los momentos difíciles. No quiero olvidarme de D. Antonio Castillo, Director de este Centro, por las facilidades que siempre me ha dado para realizar este trabajo.

A los compañeros del Departamento de Óptica de la Universidad de Granada, por sus aportaciones y consejos.

Al Dr. D. Alejandro Martín, Director de este Departamento, por facilitar la elaboración de esta Tesis.

Por supuesto, agradezco la colaboración prestada por los profesores de Enseñanza Secundaria, Dña. Laura Morala, D. Silverio Vega, D. Juan Fernández, D. Casildo Grandioso, D. Francisco Solano, D. Manuel Montanero y Dña. Rosa M^a Ortiz, y a sus alumnos, gracias a ellos hemos podido validar la metodología explicada en este trabajo.

A mi hermana Susana, por su apoyo y ayuda incondicional.

A todos los compañeros del Departamento de Física y a todos aquellos que han mostrado su interés y me han animado a llevar este trabajo a buen término.

*A mis hijos Alberto, Francisco, Guillermo y Julia,
a Wally,
por su cariño y comprensión.*

Índice

Índice de tablas.....	1
Índice de figuras.....	3
Introducción.....	5

I. Parte Teórica

Capítulo 1. La Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein. Propuesta de modificación para la enseñanza de la Física

1.1. Antecedentes y presupuestos de la Teoría de la Elaboración.....	13
1.2. El diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje desde la Teoría de la Elaboración	19
1.3. Componentes críticos del contenido organizador y prerrequisitos de aprendizaje. Nuevas aportaciones.....	28
1.4. Propuesta de modificación para la enseñanza de la Física.....	36

Capítulo 2.- Relevancia de las teorías implícitas en la secuencia elaborativa

2.1. Introducción.....	41
2.2. Análisis del marco teórico que explica el origen de las teorías implícitas y su tratamiento.....	43
2.2.1. <i>¿Por qué tienen los alumnos preconcepciones?</i>	43
2.2.2. <i>¿Cuál es su origen?</i>	47
2.2.3. <i>¿Qué características presentan?</i>	53
2.2.4. <i>¿Cómo se organizan?</i>	56
2.2.5. <i>¿Cómo conocerlas?</i>	59
2.2.6. <i>¿Qué estrategias pueden seguirse para lograr el cambio conceptual?</i>	61

Capítulo 3. Los fenómenos físicos como contenido organizador. Mapas tridimensionales

3.1. Relevancia de la percepción de los fenómenos para el aprendizaje de la Física.....	67
3.2. Mapas de fenómenos y mapas tridimensionales.....	72
3.2.1. <i>Mapas conceptuales</i>	72
3.2.1.1. <i>Características</i>	73
3.2.1.2. <i>Elaboración</i>	75
3.2.1.3. <i>Uso</i>	76
3.2.2. <i>Mapas tridimensionales</i>	79
3.3. El epítome como descripción y análisis inicial de fenómenos. Estrategias didácticas.....	83
3.4. La interferencia de las teorías espontáneas en la explicación causal básica.....	90

II. Parte experimental

Capítulo 4. Determinación de teorías implícitas en Óptica

4.1. Introducción.....	93
------------------------	----

4.2. Puesta a punto de una herramienta diagnóstica para la detección de preconcepciones en Óptica.....	95
4.2.1. <i>Diseño experimental</i>	95
4.2.2. <i>Población</i>	99
4.2.3. <i>Tratamiento estadístico</i>	101
4.3. Estudio de la evolución de las preconcepciones en Óptica que muestran los estudiantes en todos los niveles de enseñanza.	103
4.3.1. <i>Resultados</i>	103
4.3.2. <i>Análisis estadístico de resultados y de los comentarios realizados por los alumnos</i>	105
Capítulo 5. Elaboración de mapas conceptuales en Óptica	
5.1. Introducción.....	115
5.2. Mapas conceptuales elaborados por alumnos.....	116
5.2.1. <i>Mapa conceptual sobre el “medio”</i>	117
5.2.2. <i>Mapa conceptual sobre “la refracción y la reflexión I”</i>	118
5.2.3. <i>Mapa conceptual sobre “la reflexión”</i>	119
5.2.4. <i>Mapa conceptual sobre “la refracción”</i>	120
5.2.5. <i>Mapa conceptual sobre “la refracción y la reflexión II”</i>	121
5.2.6. <i>Mapa conceptual sobre “la refracción y la reflexión III”</i>	122
5.2.7. <i>Mapa conceptual sobre “la refracción y la reflexión IV”</i>	123
Capítulo 6. Macrosecuencia de Óptica	
6.1. Componentes de una macrosecuencia elaborativa.....	125
6.2. Macrosecuencia de Óptica.....	130

III. Parte de práctica del aula

Capítulo 7. Diseño de secuencias de aprendizaje en la práctica del aula. Ejemplificación de una unidad didáctica de Óptica

7.1. Importancia de las unidades didácticas.....	165
7.2. Unidad didáctica de Óptica.....	169
7.2.1. <i>Análisis previo</i>	171

7.2.2. <i>Análisis de la estructura lógica (Análisis de contenido)</i>	174
7.2.3. <i>Objetivos didácticos</i>	180
7.2.4. <i>Selección y secuenciación de contenidos</i>	187
7.2.5. <i>Niveles de Elaboración</i>	190
7.2.6. <i>Diseño del Tercer Nivel de Elaboración</i>	195
7.2.7. <i>Evaluación</i>	261
7.2.8. <i>Bibliografía</i>	267
Capítulo 8.- Valoración de la eficacia de la unidad didáctica de Óptica	
8.1. <i>Diseño de la investigación</i>	269
8.2. <i>Resultados</i>	274
8.3. <i>Conclusiones de esta valoración</i>	293
Conclusiones	296
Bibliografía	300
Anexos	
Anexo I. <i>Test previos</i>	318
Anexo II. <i>Test de preconcepciones</i>	335
Anexo III. <i>Resultados de los alumnos del Centro Universitario de Mérida</i> ...	337
Anexo IV. <i>Pruebas pretest y postest</i>	345
Anexo V. <i>Resultados de las pruebas pretest y postest</i>	361
Anexo VI. <i>Informes</i>	399
Anexo VII. <i>Glosario de términos</i>	403

Índice de tablas

Tabla 1: Niveles educativos.....	9
Tabla 2: Modificaciones al modelo de Reigeluth.....	31
Tabla 3: Pasos a seguir en la confección del epítome.....	84
Tabla 4: Niveles educativos de ambos Sistemas de Enseñanza.....	100
Tabla 5: Distribución de la muestra de alumno.....	100
Tabla 6: Relación de Centros que forman parte de la muestra experimental.....	101
Tabla 7: Resultados de los alumnos del Sistema Educativo Tradicional.....	103
Tabla 8: Resultados de los alumnos del Nuevo Sistema Educativo.....	104
Tabla 9: Pasos a seguir para preparar una macrosecuencia instruccional.....	127
Tabla 10: Distribución de los grupos de alumnos que participaron en investigación.....	270
Tabla 11: Prueba de homogeneidad de varianzas pretest.....	276
Tabla 12: Resultados del ANOVA para la variable “teorías implícitas”.....	277
Tabla 13: Resultados del ANOVA para la “variable comprensión”.....	277
Tabla 14: Prueba Kruskal-Wallis para la “variable aplicación”.....	277

Tabla 15: Subconjuntos homogéneos para la variable aplicación.....	278
Tabla 16: Prueba de homogeneidad de varianza postest.....	281
Tabla 17: Resultados del análisis de varianza postest.....	281
Tabla 18: Resultados del análisis de varianza para dos grupos.....	282
Tabla 19: Resultados del análisis de varianza para los grupos 1,2 y 4.....	284
Tabla 20: Valores medios de las variables dependientes.....	285
Tabla 21: Diferencias entre las medias de los resultados pretest y postest.....	286
Tabla 22: Valores de la “Cantidad global de aprendizaje”.....	292

Índice de figuras

Figura 1: Mapa que representa la estructura lógica de la Teoría de la Elaboración.	18
Figura 2: Ejemplo para representar las estructuras del conocimiento.....	23
Figura 3: Justificación de la elección de los fenómenos físicos como contenido organizador.....	38
Figura 4: Dispersión de la luz a través de un prisma.....	48
Figura 5: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 1.....	106
Figura 6: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 2.....	107
Figura 7: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 3.....	108
Figura 8: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 4.....	108
Figura 9: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 5.....	110
Figura 10: Porcentaje de aciertos de los alumnos del Sistema Educativo Tradicional.....	111
Figura 11: Porcentaje de aciertos de los alumnos del Nuevo Sistema de Enseñanza.....	112
Figura 12: Componentes de una unidad didáctica.....	167

<i>Índice de figuras</i>	4
Figura 13: Gráfico probabilística normal pretest.....	276
Figura 14: Diagramas de cajas y extensión para la variable “aplicación”.....	279
Figura 15: Gráfico probabilística normal postest.....	280
Figura 16: Gráfico de cajas y extensión de los resultados postest de los cuatro grupos experimentales.....	283
Figura 17: Gráfico de caja para comparara la evolución de los resultados pretest y postest de los grupos 1, 2 y 3.....	289
Figura 18: Gráfico de caja para comparara la evolución de los resultados pretest y postest de los grupos 4, 5 y 6.....	290
Figura 19: Gráfico de caja para comparara la evolución de los resultados pretest y postest de los grupos 7 y 8.....	291

Introducción

En una sociedad científica y tecnológicamente desarrollada, la enseñanza de la Física debe ser de gran interés para todos los estudiantes, al permitirles comprender desde gran parte de los dispositivos cotidianos hasta el cosmos en su globalidad (Fernández-Rañada y col., 1993). Sin embargo, una mirada sobre el panorama de la enseñanza de la Física en España permite detectar una serie de problemas (Suárez, 2002), que son comunes a otros países de nuestro entorno, y que ponen en cuestión la eficacia de la enseñanza actual:

Se ha observado una disminución del interés hacia el aprendizaje de la ciencia a medida que los estudiantes promocionan a cursos superiores (Matthews, 1991; Solbes y Vilches, 1992) y existen errores conceptuales en los estudiantes (Hierrezuelo y Montero, 1989; Solbes, Calvo y Pomer, 1994; Marín, 2001; Linn, 2002; Leonard, Gerace y Dufresne, 2002) que permanecen a pesar de la enseñanza formal (Lawson, 1982; Posner y col, 1982; Sebastiá, 1984; Aguirre, 1985; Viennot y Saltiele, 1985; Giordan, 1985; Driver, 1986; Fernández, 1987;

Villavicencio, 1990; Mestre, 1991, 19994; McDermott y Redish, 1999; Alonso, 2001) por no citar otros problemas.

Aunque la Universidad parece ser el estamento más reacio a incorporar este tipo de innovaciones pedagógicas, existen indicios del nacimiento de un interés progresivo por las cuestiones de tipo didáctico (Solbes y Tarín, 1999; Jiménez-liso, 2002, Fernández y col., 2002), interés que compartimos como hemos puesto de manifiesto en nuestras investigaciones en este campo (Calvo y col., 1988, 1989, 1992a,b; Rubio y col, 1994, 1995; Suero y col., 1989, 1991a,b,c, 2001a,b, 2002a,b; Montanero y col 1991, 1999, 2002; Montanero, Pérez y Suero, 1995; 1996a,b; Pérez y col., 1998a,b,c,d,e, 1999a,b, 2000, 2001a,b, 2002a,b; Suero y Pérez, 1999, 2001; Solano y col., 2002; Gil y col., 2003). Creemos que se hace necesaria una revisión de la enseñanza de la Física: de sus objetivos, de sus contenidos, de sus métodos para enseñarla y para evaluarla.

Para mejorar esta problemática han aparecido diferentes teorías instruccionales, entre las que queremos resaltar: La Teoría de la Jerarquía del Aprendizaje de Gagnè (Gagnè, 1970), el “Curriculum en Espiral” de Bruner (Bruner, 1978), la corriente que da prioridad al proceso madurativo (Piaget, 1978), la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 1976), y la Teoría de la Elaboración (Reigeluth y Stein, 1983). Estas teorías facilitan la estructuración, organización y secuenciación de los contenidos que se van a enseñar y que proponen a los docentes elementos que favorecen el aprendizaje.

Entre las teorías anteriormente citadas, la última, la **Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein** reúne diversos aspectos de los otros modelos de instrucción, principalmente de Gagnè, Ausubel y Bruner, y en menor medida, de Piaget y de los enfoques de la Psicología del Procesamiento de la Información, con el objeto de desarrollar nuevas herramientas didácticas que faciliten al profesorado el diseño de macrosecuencias instruccionales. Sin embargo, a pesar de su innegable potencia teórica y su reconocida relevancia desde el **enfoque constructivista** en la Reforma Educativa (Coll, 1987), son muy pocos los trabajos dirigidos a valorar su eficacia en diferentes áreas de aprendizaje.

El objetivo global del trabajo de investigación que se presenta en esta Tesis Doctoral es el de realizar algunas aportaciones en este sentido en el campo de la Óptica.

En estudios anteriores, realizados por el Grupo de Investigación Orión, se ha elaborado y contrastado experimentalmente una propuesta de secuencia instruccional de contenidos de Mecánica mediante la aplicación de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein, complementada con otros elementos originales (Montanero, 1994).

Basándonos en los satisfactorios resultados obtenidos para la Mecánica, y puesto que son aún muy pocas las aplicaciones prácticas a la enseñanza de esta potente y bien fundamentada tecnología de la instrucción con las que en la actualidad contamos, en este trabajo hemos continuado profundizando en la especificidad de la Teoría de la Elaboración en otra rama de la Física como es la Óptica (poco estudiada hasta ahora en Educación Secundaria, pero que surge con fuerza, al aparecer como obligatoria en los currículos del nuevo Bachillerato) contribuyendo, por otra parte, a dotar al profesorado de esta asignatura de una metodología eficaz tanto para la secuenciación de los contenidos didácticos como para la elaboración de secuencias instruccionales. La investigación se plantea en los diferentes niveles de la Educación Secundaria, donde la Teoría de la Elaboración tiene una aplicación más directa.

La Teoría de la Elaboración se basa principalmente en establecer cómo organizar, secuenciar e impartir la enseñanza de unos contenidos determinados pertenecientes a un macronivel. Como en la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1976) se parte del análisis del contenido de las diferentes ramas de la materia, con sus núcleos conceptuales más significativos y su organización interna, es decir, lo que se ha dado en llamar estructura lógica de la materia, pero a diferencia de Ausubel, Reigeluth propone una secuencia en espiral a partir de un **epítome** que se va desarrollando en diferentes **niveles de elaboración**.

Como cada materia tiene unas características específicas las prescripciones generales de la Teoría de la Elaboración deben ser adaptadas a cada una, para

evitar ciertas inconsistencias en cuanto a aspectos del proceso de aprendizaje de los alumnos no tenidos en cuenta en dicha teoría. En el caso particular de la Física, la Teoría de la Elaboración no toma en cuenta, al menos, los siguientes aspectos, decisivos en el proceso de enseñanza-aprendizaje de esta disciplina:

- ✓ la importancia de los fenómenos en la Física y la necesidad de potenciar su desarrollo perceptivo.
- ✓ los aspectos epistemológicos y psicológicos que intervienen en la construcción del conocimiento científico, y
- ✓ la influencia de las teorías implícitas.

Desde esta perspectiva, hemos elaborado una propuesta de modificación, partiendo de la necesidad de que el aprendizaje se adecue desde el primer momento tanto a la percepción de los fenómenos físicos como a la propia experiencia previa del sujeto (incluida la existencia de las posibles teorías implícitas al respecto), y dirigida fundamentalmente a dar al **epítome** una nueva forma que, en consecuencia, también repercutirá en los **niveles de elaboración** subsiguientes.

En el trabajo que ahora presentamos se describen los resultados de esta investigación en tres partes: **teórica**, en los capítulos del 1 al 3, **experimental**, en los capítulos del 4 al 6 y **de práctica del aula**, en los capítulos del 7 al 8.

La parte teórica, corresponde a los tres primeros capítulos. En el **capítulo primero**, hemos realizado una síntesis del marco teórico en que se mueve la investigación: la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein. Partimos de los antecedentes inmediatos dentro del desarrollo de la Psicología de la Instrucción, para terminar justificando nuevas aportaciones a los elementos nucleares de la teoría y, especialmente, las modificaciones que su aplicación exige para una mayor eficacia en el ámbito de la Física.

En el **segundo** capítulo, se hace un análisis del marco teórico que explica el origen de las preconcepciones y su tratamiento, así como sus características y las estrategias que pueden seguirse para lograr un cambio conceptual.

En el **tercero**, se estudia la relevancia de la percepción de los fenómenos y se abordan nuevas estrategias, como los **mapas de expertos tridimensionales**, para la representación posterior del epítome a partir de los fenómenos físicos como contenido organizador. Se termina este capítulo reflexionando sobre la interferencia de las teorías implícitas en la **explicación causal básica**.

Para explicar cada uno de los contenidos, se ha procurado que todos los ejemplos que aparecen a lo largo de estos tres capítulos sean de Física y cuando ha sido posible, de Óptica.

La parte experimental se desarrolla en los tres capítulos siguientes. En el **capítulo 4** se elabora una herramienta para la detección de preconcepciones en Óptica, para lo que ha sido necesario elaborar 3 test previos al test base de nuestra investigación de 5 ítems que, junto con los 3 test mencionados anteriormente, se presenta en el Anexo I y II respectivamente, y se ha pasado a alumnos de los niveles educativos que aparece en la tabla 1, correspondientes a los dos Sistemas de Enseñanza que han coexistido en España:

Sistema Educativo Tradicional	Nuevo Sistema Educativo
Ciclo Medio (5º EGB)	Educación Primaria.
Ciclo Superior (8º EGB).	2º de ESO.
2º BUP	3º de ESO
3º BUP	4º de ESO.
COU.	1º Bachillerato.
1º Universidad	2º Bachillerato.
C.A.P.	1º Universidad

Tabla 1: Niveles educativos de ambos Sistemas de Enseñanza que han formado parte en la investigación.

Una vez detectadas algunas de estas preconcepciones, se hace un estudio de la evolución que de ellas muestran los estudiantes en todos los niveles de enseñanza.

En el **capítulo quinto** se presentan y se analizan los mapas conceptuales sobre los fenómenos de refracción y reflexión de la luz, elaborados por alumnos de 4º y 5º de la Licenciatura de Física y se pone de manifiesto cómo debido a la ausencia de un aprendizaje significativo, las preconcepciones erróneas persisten en los alumnos a pesar de su instrucción.

En el **capítulo sexto** mostramos los esquemas de la **macrosecuencia elaborativa** diseñada para la Óptica, de modo que se pueda visualizar con facilidad cada uno de los nuevos elementos considerados en los capítulos anteriores. Además se acompaña un CD-ROM que incluye los diferentes materiales didácticos elaborados para posibilitar su utilización interactiva por parte del profesor. Esta herramienta didáctica se complementa con la parte de práctica del aula de este trabajo.

En el **capítulo séptimo**, se presenta a modo de ejemplo una unidad didáctica comprendida en el marco de la macrosecuencia anterior. Se trata sobre todo de ilustrar el diseño, en el tercer nivel de concreción, de las actividades de enseñanza-aprendizaje mediante las cuales el profesor puede ya desarrollar la secuencia de contenidos en el aula.

Por último, en el **capítulo octavo** se describen los resultados obtenidos, en la valoración experimental de dicha unidad didáctica, en varios Institutos de la provincia de Badajoz. Se han propuesto nuevas variables dependientes y se han confeccionado diferentes instrumentos para evaluar la calidad de la instrucción en comparación con la obtenida con secuencias instruccionales tradicionales utilizadas por otros profesores en los grupos de control.

A continuación se presentan las conclusiones que se deducen de este trabajo y la reseña de la bibliografía que se ha utilizado en la realización del mismo.

Esta memoria finaliza con la presentación de siete anexos, en donde aparece:

Anexo I: Tres tests de Óptica que han sido elaborados para explorar las preconcepciones en esta rama de la Física.

Anexo II: El test de 5 ítems utilizado para valorar la evolución de las preconcepciones en Óptica, en todos los niveles del Sistema Educativo.

Anexo III: Los resultados obtenidos con alumnos del Centro Universitario de Mérida.

Anexo IV: Las seis pruebas objetivas, 3 pretest y 3 posttest, que se han utilizado para evaluar la unidad didáctica de Óptica.

Anexo V: Los resultados obtenidos, pretest y posttest, de las pruebas objetivas mencionadas anteriormente.

Anexo VI: El informe, de una profesora que participó de oyente en la experimentación de la unidad didáctica de Óptica, sobre el desarrollo de la misma.

Anexo VII: Por orden alfabético, una breve descripción de conceptos psicológicos básicos, relacionados con el trabajo que aquí se presenta.

Capítulo 1

La Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein. Propuesta de modificación para la enseñanza de la Física

1.1. Antecedentes y presupuestos de la Teoría de la Elaboración.

Uno de los problemas con los que se encuentran los docentes habitualmente es cómo seleccionar, estructurar y secuenciar los contenidos de enseñanza de la forma más eficaz para asegurar el aprendizaje de los alumnos. Ante esta compleja cuestión, la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein (1983) supone una de las aportaciones más significativas de la Psicología de la Instrucción a la Reforma Educativa (Coll, 1987). Sin embargo, su difusión ha sido escasa, especialmente en lo que se refiere a su aplicación a la Didáctica de la

Ciencia. En este estudio se pretende plantear una propuesta de modificación de la Teoría de la Elaboración en dicho ámbito, así como analizar varias aplicaciones fundamentales para el diseño de secuencias instruccionales con los contenidos de Física (concretando este estudio a los contenidos de la Óptica Geométrica) en la Educación Secundaria.

Tradicionalmente, desde la Psicología de la Instrucción, se encuentran dos vías posibles para organizar cualquier secuencia de enseñanza/aprendizaje:

- a partir del análisis interno del contenido a enseñar, o bien,
- a partir del análisis de las tareas que se pretende que el alumno sepa realizar al final del proceso.

La primera alternativa presentada es defendida por Ausubel a partir de su Teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1976). Desde un enfoque constructivista, esta teoría se sustenta sobre la idea de que la organización de los contenidos específicos de una materia cualquiera (estructura lógica) difiere sustancialmente de la organización de los mismos en la estructura mental de los conocimientos del alumno (estructura psicológica) en los sucesivos momentos del proceso de aprendizaje. De ahí que el eje vertebrador de toda secuencia de aprendizaje debe ir dirigido en último término a la transformación progresiva de esa estructura psicológica de los conocimientos del alumno, de manera que éste pueda asimilar los contenidos y relaciones lógicas implícitas en una disciplina, hasta que consiga la construcción mental de aquella estructura lógica.

Para llegar a alcanzar un aprendizaje significativo el alumno sólo aprenderá en la medida en que relaciona esos nuevos conocimientos con lo que él ya sabe, esa labor de transformación debe concretarse al menos en tres momentos:

a) Identificar los elementos fundamentales de la estructura lógica del contenido, que nos proporcione un modelo para saber cuál ha de ser el estado final de los conocimientos del alumno. Para ello el profesor puede utilizar diversas técnicas, siendo una de las más importantes el **mapa conceptual**.

b) Establecer una relación (organizador previo) entre esos nuevos

contenidos ya explicitados y los **conocimientos previos** del alumno. El profesor debe dedicar un gran esfuerzo a detectar y activar (a través de analogías, evocaciones, actividades experienciales...) el conocimiento previo que considere necesario para cada nuevo aprendizaje.

c) Organizar una jerarquía conceptual, es decir, un camino didáctico que descienda desde los conceptos más generales a los más específicos. Para lo cual, el profesor deberá alternar procesos de análisis y síntesis, que faciliten que la estructura psicológica del alumno vaya ganando progresivamente en relaciones y detalles.

Esto nos indica que las limitaciones del análisis de Ausubel se deben a su carácter excesivamente teórico y orientado a la enseñanza de contenidos sólo conceptuales. Probablemente tenga que ver con eso la escasez de estudios que supongan una aplicación de estas estrategias a contenidos curriculares concretos (Montanero y Montanero Fdez., 1995).

Sin embargo, la segunda opción, el análisis de tareas, parte más bien de las destrezas ejecutivas que requiere un aprendizaje. De manera que, para Gagnè (1970), la jerarquía de aprendizaje ha de ser en realidad ascendente, desde las habilidades más básicas hasta las estrategias más complejas (que requieren primero un buen dominio de las anteriores). Así, por ejemplo, la enseñanza de los procedimientos para operar con sistemas de ecuaciones en el Segundo ciclo de la E.S.O., exigiría que el profesor se asegure, antes que nada, que el alumno domina las operaciones de cálculo más básicas (con fracciones, potencias, raíces,...); posteriormente, las operaciones con ecuaciones muy simples y con una sola incógnita; y así sucesivamente, hasta llegar a dominar las diferentes estrategias de resolución por sustitución, igualación y reducción, pasando por tantas otras habilidades previas como el análisis de tareas que el experto explicita. El mal aprendizaje de cualquiera de estas tareas condicionará el de las subsiguientes.

A menudo una gran parte de los docentes parecen no tener en cuenta en su metodología didáctica conclusiones tan obvias como éstas. Sin embargo, una vez más el mayor problema estriba en la focalización de esta teoría sobre un sólo tipo

de contenidos (en este caso de tipo procedimental) que revisiones posteriores, desde una perspectiva cognitiva (Landa, 1987; Merrill, 1987), tampoco han superado por completo.

Teniendo en cuenta estas dos alternativas para secuenciar, aparentemente tan contrapuestas (a partir de un análisis del contenido conceptual o de un análisis de las tareas a dominar por el alumno) se han propuesto otras alternativas. De entre ellas, la vía más sólida es quizás la que defiende Reigeluth en su **Teoría de la Elaboración** (Reigeluth y Stein, 1983). Se trata de un enfoque menos conocido pero que la Reforma Educativa del sistema educativo español (Coll, 1987) respalda claramente para la Educación Secundaria, y que, además de asumir y conciliar los enfoques anteriores, consigue una dimensión mucho más operativa.

La aparente antítesis que aparece entre la propuesta descendente de Ausubel y la ascendente de Gagnè no resulta tan radical para Reigeluth. Como se ha dicho, el análisis de tareas prescribe que todo proceso de enseñanza debe comenzar por aquellas habilidades más básicas y simples que son prerrequisito del aprendizaje de las siguientes. Ausubel por otro lado, propone empezar por los conceptos más generales hacia los más específicos y detallados. Sin embargo, la generalidad o inclusividad de un concepto, es decir, su aplicación a un mayor número de casos concretos, no supone necesariamente una mayor abstracción. Como se analiza detenidamente en este capítulo, Reigeluth propone la superación de estas supuestas contradicciones mediante un método de secuenciación que marque una vía de lo general a lo detallado, al mismo tiempo que de lo simple a lo complejo.

Ahora bien, para Reigeluth el descenso que supone toda esa elaboración detallada de los contenidos generales debe alternarse con frecuentes subidas. De modo que se asegure la reformulación de las ideas iniciales con la riqueza que han ganado, así como la consolidación de las relaciones significativas entre unas y otras en la mente del alumno. Se trata de una especie de proceso cíclico en espiral, semejante a como opera el mecanismo del zoom de una cámara, combinando diversos procesos y estrategias de aprendizaje:

- a) De tipo *experiencial* (especialmente en las primeras presentaciones de las ideas generales).
- b) Con estrategias de *subordinación* semántica entre las ideas de un nivel y el superior.
- c) Junto con la *coordinación* también entre las ideas de un mismo nivel.
- d) Que se integran entre sí y con otras superiores (*supraordenación*) enriqueciendo las relaciones de aquellas ideas más amplias.

La Teoría de la Elaboración no defiende la enseñanza de un solo tipo de contenido. Pero, eso sí, es muy importante que el profesor se plantee previamente cuál de esos tipos (un concepto, un principio, un procedimiento general...) va a ser el eje que vertebré todo el proceso de aprendizaje, de forma que los demás se engarzen como contenidos de apoyo del mismo. Esta decisión condicionará totalmente todo el diseño didáctico, y es, junto con la técnica de elaboración en zoom, probablemente la aportación más interesante de Reigeluth.

Los anteriores presupuestos teóricos se articulan y operativizan en una estrategia didáctica concreta para secuenciar contenidos, que como se puede observar está lejos del enfoque que había planteado Ausubel. En el mapa conceptual que se presenta en la figura. 1 (Pérez y col., 1998a) se han resumido sinópticamente todos esos elementos. Sirva también como ejemplo del uso de una técnica para representar la estructura lógica de un contenido, en este caso el de la propia Teoría de la Elaboración.

Concluyendo, lo que más interesa, desde el punto de vista de la Psicología de la Instrucción, es la consideración de cuatro tipos de instrumentos didácticos que facilitan la secuenciación y el aprendizaje de los contenidos: los **epítomes**, los **niveles de elaboración**, los **prerrequisitos de aprendizaje** y las **estrategias de apoyo**.

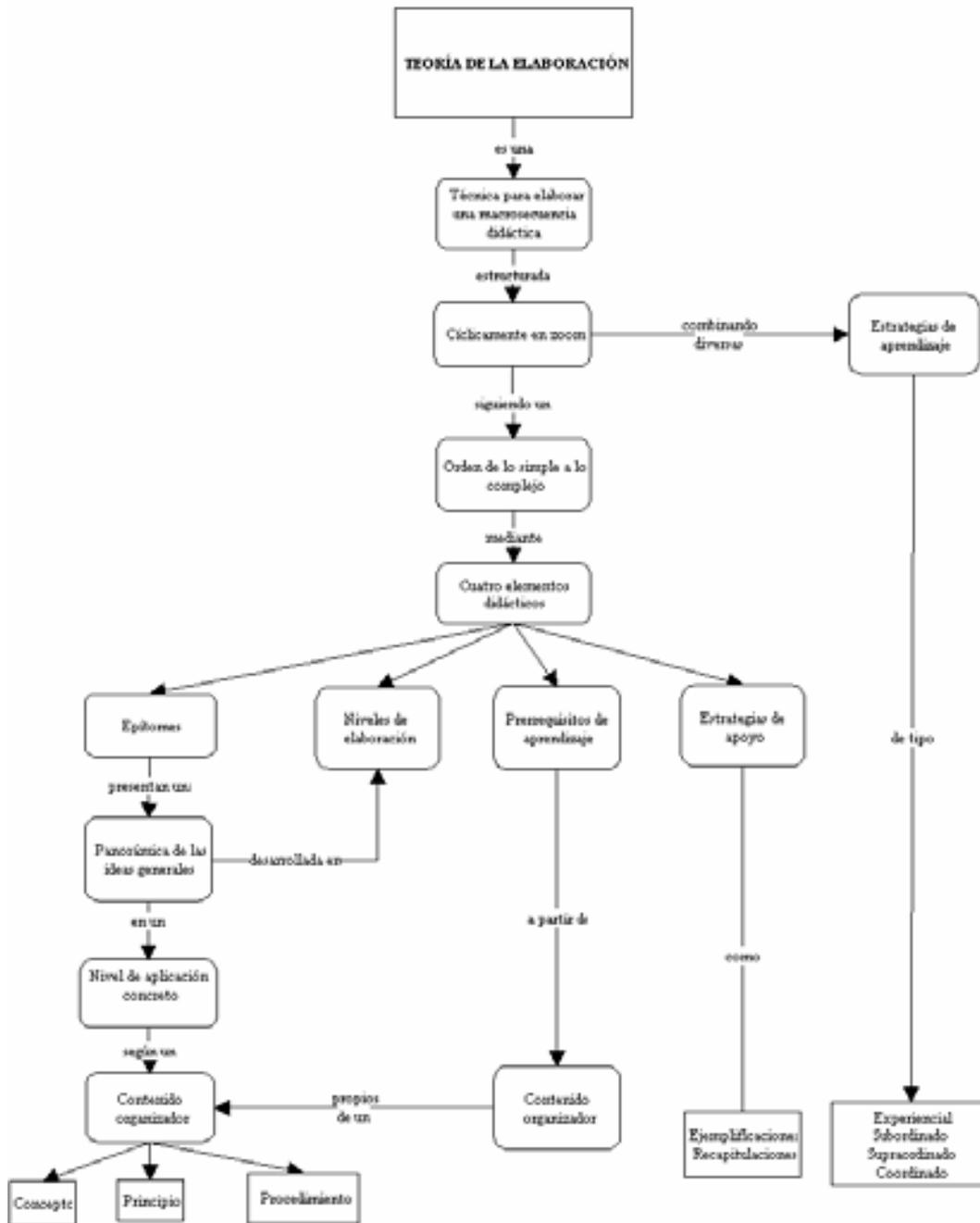


Fig. 1: Mapa conceptual que representa la estructura lógica de la Teoría de la Elaboración

1.2. El diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje desde la Teoría de la Elaboración.

El desarrollo de cualquier secuencia de enseñanza-aprendizaje comienza por un **epítome inicial** que es una primera visión panorámica de los contenidos más generales que posteriormente se pretende desarrollar con detalle. Sería algo así, siguiendo con la analogía fotográfica, como la utilización del gran angular de la cámara. En el epítome se sintetizan aquellas ideas más generales en un mismo nivel, que se retomarán y consolidarán cada vez que se profundice un poco más en los contenidos, de modo que las relaciones de conjunto siempre priman sobre los contenidos específicos del mismo. El alumno los identifica como partes de un todo estructurado, puesto que la explicación del profesor describe una especie de espiral que no los agota, uno a uno, en su primera presentación.

No se debe olvidar que el epítome es un contenido de enseñanza en sí mismo y que como tal debe ser evaluado. Debe estar estructurado en torno a un **contenido organizador**, como luego se analizará detenidamente, y presentado al alumno en un nivel de aplicación lo más práctico posible. Aquí reside la mayor dificultad de su confección, por cuanto el alumno necesita un primer conocimiento experiencial y concreto de todo el conjunto, que sirva de anclaje para las posteriores profundizaciones en la jerarquía conceptual de la materia.

Si los conceptos son la base del contenido organizador, cada **nivel de elaboración** implicará una ampliación sucesiva de los conceptos y detalles subordinados. En cambio, si el contenido es de tipo procedimental, cada paso de ese procedimiento general que se presentó en el epítome puede ahora dividirse en pequeños subprocedimientos, estrategias y habilidades específicas (cuya implementación depende, a su vez, de diferentes circunstancias con sus determinadas excepciones). Los niveles de elaboración serán tantos como se pretenda complejizar dichos procedimientos.

El epítome es una primera aproximación a los contenidos mínimos de la

materia, de los cuales los alumnos deben dar cuenta como resultado de su aprendizaje. Algunos de esos alumnos, de hecho, pueden no estar capacitados para profundizar mucho más en las relaciones lógicas y contenidos más abstractos que van a tratarse en niveles subsiguientes.

Cada vez que se profundiza un poco más en los contenidos de la materia supone pues, que se alcanza un nivel mayor de elaboración de aquel epítome inicial. Cada vez que culmine una de estas fases de profundización, se debe insistir en las relaciones que presenta con el plano general de conjunto, con lo que éste se enriquece y extiende. Se trata del **epítome ampliado**.

El efecto que se produce en el alumno cuando se agota la enseñanza de diversos contenidos sin pasar de nuevo por el epítome es análogo al efecto de mareo que un principiante genera frecuentemente con su cámara de vídeo. Sólo la cámara que contenga un dispositivo estabilizador de imagen permite desplazar el objetivo de una escena a otra con el zoom al máximo. Esta capacidad, propia de la estructura cognitiva del experto, puede sin embargo comenzar a desarrollarse de alguna forma al final de los sucesivos epítomes (**epítome final**), donde aquella dimensión fundamentalmente práctica del primero aparece ya reformulada con múltiples relaciones semánticas (más abstractas) que se han ido ganando en el proceso.

Para poder elaborar estas secuencias de aprendizaje, el profesor deberá tener en cuenta los conocimientos previos del alumno y los diferentes procesos cognitivos que debemos activar para facilitar un aprendizaje significativo de los nuevos contenidos. En este sentido, Reigeluth (1983) señala que no es solamente el conocimiento supraordinado el que facilita la significatividad del aprendizaje, como preconizaba Ausubel, y propone una serie de procesos que deben confluir para potenciar la adquisición, organización y almacenamiento del nuevo conocimiento. En el esquema anterior (figura 1) se han destacado los procesos de aprendizaje más importantes, que a su vez son responsables de la generación de cuatro tipos de estructura de conocimiento:

A. Procesos y estructuras de conocimiento subordinado.

En este caso, el proceso se inicia teniendo en cuenta una idea ya existente en los conocimientos del individuo y se incluyen en ella otras nuevas más particulares. Estas ideas nuevas pueden ser otros casos más que ejemplifiquen la idea previa, pero sin modificarla sustancialmente (subordinación derivativa). O también pueden operar como extensiones de aquella idea anterior, pudiendo enriquecer o modificar incluso los atributos de criterio, nucleares, que la definen: la idea nueva es una parte más específica de la idea previa (subordinación correlativa).

Este modo de conocimiento subordinado en sus dos modalidades, derivativa y correlativa (Ausubel, 1976), está caracterizado por un proceso de diferenciación progresiva, por el que la estructura cognitiva crece desde las ideas más generales a las más específicas, es decir, desde un todo más amplio e indiferenciado, pero conocido, a sus componentes más detallados.

Teniendo presente que las nuevas ideas han quedado engarzadas de forma lógica y sustancial con otras más generales se puede decir que ha habido un aprendizaje significativo. La advertencia didáctica importante que de aquí se desprende es llamar la atención sobre la necesidad de partir explícitamente (sin dar su existencia por supuesta) de conceptos más inclusivos sobre los que el alumno puede vincular otros conocimientos, evitando así la dispersión y el método de retención puramente repetitivo que el aprendizaje no significativo conlleva. En este sentido, podemos decir que la reconciliación integradora produce a su vez una diferenciación progresiva.

B. Procesos y estructuras de conocimiento supraordinado.

Este proceso discurre en el sentido opuesto al explicado anteriormente. La supraordinación se produce cuando, entre varios conceptos o proposiciones, se captan por el individuo nuevas relaciones que permiten su integración en una idea más inclusiva. Estos conceptos o proposiciones adquieren, en consecuencia, la forma de una nueva organización ideativa, que genera, por tanto, un nuevo significado. Ausubel llama a este proceso reconciliación integradora, y su

resultado es el aprendizaje supraordinado.

La integración, a la que se ha aludido anteriormente, puede ocurrir de dos maneras. La primera de ellas puede darse como resultado natural de la misma diferenciación progresiva, es decir, el individuo aunque se percata de las diferencias y semejanzas entre las ideas obtenidas a través del aprendizaje subordinado aplicado anteriormente, percibe también vínculos que le permiten relacionar entre sí aquellos conceptos. Es importante didácticamente que el profesor lo facilite y, en todo caso, se cerciore de que los alumnos han realizado la integración pretendida.

La segunda forma se produce cuando en el material a estudio se añade algún elemento nuevo que hace aflorar la cadena de relaciones con los otros de la misma categoría, ya existentes. Para lo cual el profesor debe mantener las ideas explícitas en la mente del alumno recapitulándolas y sintetizándolas.

C. Procesos y estructuras de conocimiento coordinado.

En el aprendizaje coordinado, complementario del subordinado, también se da la reconciliación integradora. En él, los conceptos o proposiciones antiguos y la nueva idea no guardan entre sí dependencia de subordinación o supraordinación porque tienen el mismo grado de inclusividad, pero aparecen relaciones sustanciales entre ellos que dan lugar, a modo de generalización de dichas relaciones, a otra organización conceptual con nuevo significado.

Este tipo de aprendizaje es muy frecuente en el caso de la Física y aparece, por ejemplo, al deducirse las leyes que establecen relaciones numéricas entre varias magnitudes, sin definirse en este proceso otras nuevas de mayor grado de inclusividad. Una muestra clara lo ofrece la ley de Ohm: dos magnitudes, diferencia de potencial, V , y resistencia eléctrica, R , constituyen dos elementos conceptuales básicos en la explicación de las características de un circuito, pero la relación sustancial entre ellas no puede entenderse hasta no contar con el vínculo que proporciona otra magnitud del mismo grado de generalidad en el contexto de estos contenidos, que es la intensidad, I . Otros ejemplos de Física, lo proporcionan

las relaciones entre presión, volumen y temperatura en los gases, entre masa y energía, etc. (Montanero y Montanero Fdez., 1995).

En general, las tres formas de aprendizaje descritos (subordinado, supraordinado y coordinado) se dan alternativamente, ante cualquier explicación expositiva de contenidos conceptuales. De tal forma que el proceso de aprendizaje del alumno baje unas veces de lo más general a lo más específico (diferenciación) y otras suba en sentido contrario (integración). Aunque la orientación general de la jerarquía conceptual sea en definitiva descendente. La importancia de estas subidas y bajadas por la escalera conceptual nos orienta sencillamente hacia algo que parece un principio natural del aprendizaje: cualquier nueva especificación de una idea más inclusiva proporciona, en general, un nuevo significado a dicha idea, el cual habrá de ser integrado en una estructura conceptual más amplia. En el siguiente ejemplo (fig. 2) podemos apreciar las estructuras del conocimiento supraordinadas, subordinadas y coordinadas.



Fig. 2. Ejemplo para representar las estructuras del conocimiento supraordinadas, subordinadas y coordinadas

El concepto de propagación de la luz es superordinado respecto a los otros tres, o lo que es lo mismo, los conceptos de reflexión, refracción y absorción son subordinados al primero. Por otra parte, reflexión, refracción y absorción son conceptos coordinados entre sí.

D) Procesos de aprendizaje experiencial.

Según Reigeluth, esta forma de conocimiento es imprescindible en cualquier secuencia de enseñanza-aprendizaje, ya que el conocimiento experiencial hace referencia a cualquiera de los aprendizajes específicos, hechos o sucesos que han sido almacenados en memoria episódica, fundamentalmente en dos situaciones de aprendizaje:

➤ La primera de ellas se da cuando el caso conocido es un ejemplo aislado (por ejemplo si se quiere enseñar el concepto de lente convergente y el alumno conoce un ejemplo particular de lente convergente (lupa), pero no lo tiene subordinado a la idea anterior). No se trata aquí, por tanto, de ampliar la base de datos, sino de crear una nueva estructura, activando en la mente del alumno la idea de lupa, planteándola en referencia a lente convergente (al alumno difícilmente se le ocurriría) y, por último, explicitando la relación de subordinación.

➤ La segunda, cuando el caso es conocido como un concepto subordinado. Lo único que cabe hacer es aumentar el número de ejemplos específicos con objeto de ir enriqueciendo, si fuera necesario, la base de datos del sujeto.

En resumen, para la adquisición, organización y recuperación del nuevo conocimiento en un nivel de aplicación es imprescindible que exista una relación de las nuevas ideas con la base de datos experienciales del alumno, adquiridas de tres formas:

1. por activación de ejemplos familiares aislados.
2. por creación de relaciones entre clases subordinadas conocidas.
3. por provisión de nuevos ejemplos pertinentes que ensanchen la estructura de subordinación formada.

El énfasis de Reigeluth sobre el aprendizaje en el nivel de aplicación (así llamado en la Teoría de la Instrucción) va a tener una gran importancia a la hora de proponer su Teoría de la Elaboración. En este sentido insiste respecto del

conocimiento experiencial:

✓ Es importante para la adquisición de las nuevas ideas porque, en el nivel de aplicación, el estudiante debe conocer cómo se aplica una idea general a un caso particular, lo que es más difícil si no se dispone previamente de ejemplos.

✓ También lo es para la organización de la secuencia porque el nuevo conocimiento a enseñar debe estar integrado en una estructura subordinada estable.

✓ Finalmente, es importante el conocimiento experiencial para la recuperación porque crea enlaces entre el nuevo conocimiento y la base de datos, lo cual facilita el recuerdo de una idea general por referencia a un ejemplo específico que permite mejor visualización e imaginación.

La secuencia de aprendizaje elaborativa debe operar sobre estos procesos cognitivos y sus estructuras de conocimiento subsiguientes, haciendo converger tres vectores elaborativos:

1. De lo general a lo detallado.

En este caso están presentes los contenidos conceptuales y procedimentales. Lo general es lo más amplio e inclusivo, mientras que lo detallado es menos amplio y corresponde a subdivisiones de lo general. Es decir, se trata de una estructura supraordinada del conocimiento en la que el significado de lo general y lo simple coinciden en el caso de conceptos y procedimientos.

2. De lo simple a lo complejo.

Se aplica a los principios y procedimientos. Simple es lo que menos partes tiene, mientras que complejo posee un mayor número de partes. De nuevo se identifica simple con general y, ahora, además, complejo con detallado. La secuencia de lo simple a lo complejo corresponde también a una estructura supraordinada del conocimiento.

Las ventajas que se obtienen al aplicar una secuencia de lo simple a lo complejo, son las siguientes:

✓ Se forman estructuras cognitivas más estables, lo que posibilita

mejores retenciones a largo plazo y mejores transferencias.

✓ Se crean contextos significativos dentro de los cuales son adquiridos todos los contenidos instruccionales, mejorando así la motivación.

✓ El alumno adquiere un primer conocimiento general de los aspectos principales del contenido instruccional, lo que le facilita un cierto control sobre la selección y secuenciación del contenido.

3. De lo concreto a lo abstracto.

El conocimiento experiencial posibilita que partiendo de ejemplos específicos se pueda concretar un concepto, un principio o un procedimiento. La dimensión abstracto-concreto es, por tanto, complementaria pero independiente de las otras dos. Veamos un ejemplo de la Física. El principio de la interacción eléctrica entre dos cuerpos (ley de Coulomb) tendrá un determinado grado de generalidad que es el que le corresponde con relación a otros principios de la Electricidad. Pero a esta dimensión se superpone otra que va de lo concreto a lo abstracto y que dependerá exclusivamente del tipo de ejemplos que en unas determinadas circunstancias se puedan utilizar. Dependiendo de los cuerpos que interaccionen, podría seguir este orden:

1. Cuerpos de uso corriente. Por ejemplo, mostrar un caso de fuerza eléctrica entre la esfera de un Van de Graff y la de un péndulo eléctrico. Se trata de un caso específico claramente visible.

2. Cuerpos pequeños. Mostrar la fuerza entre dos gotas de aceite cargadas por fricción. El ejemplo es menos tangible que el anterior.

3. Partículas subatómicas. Sobre un esquema en el que figura una red iónica de una sal se indican las fuerzas entre los iones. Se trata ahora de un ejemplo específico pero difícilmente tangible.

4. Enunciado del principio. Dos cuerpos cargados eléctricamente se atraen o repelen con fuerzas que son directamente proporcionales al producto de las cargas e inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia. La definición (por la que en muchas ocasiones se comienza la enseñanza de una idea)

constituye el mayor grado de abstracción. No posee significado si no existe algún tipo de conocimiento experiencial al que sea aplicado.

Como se ha podido observar, la secuencia de enseñanza-aprendizaje no está basada en sintetizar o resumir, sino en **epitomizar**, ya que, de este modo, se facilita el aprendizaje significativo otorgando una especial relevancia a las ideas generales en un nivel de aplicación no memorístico.

Para poder desarrollar estos niveles, el profesor cuenta también con diferentes estrategias didácticas de apoyo importantes para la cohesión de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Además de los recursos audiovisuales y tecnológicos en general, así como el conjunto de estrategias dirigido a estimular la autonomía y auto-control del propio proceso de aprendizaje, Reigeluth (1983) destaca otras tres estrategias de tipo verbal:

- ✓ la analogía (que puede desempeñar una función semejante a la del organizador previo de Ausubel),
- ✓ el resumen y
- ✓ la síntesis.

Aunque resultaría más completo la distinción entre dos modalidades (Pérez y col., 1998a):

- Las **ejemplificaciones** (ejemplos, analogías y digresiones).
- Las **recapitulaciones** (el resumen sucesivo y con otras palabras de los elementos más importantes que se van introduciendo en el discurso; y la síntesis de las relaciones de esos elementos entre sí y con aquellos de los cuales constituyen una elaboración).

Utilizar estos tipos de estrategias propuestos por Reigeluth, facilita ese proceso cíclico constante de las ideas generales a los elementos más específicos. Al tiempo que, al incrementar el nivel de redundancia de la explicación del profesor, mejoran también su comprensión (Sánchez y col., 1996).

1.3. Componentes críticos del contenido organizador y prerrequisitos de aprendizaje. Nuevas aportaciones.

Del mismo modo que Gagnè, Reigeluth realza la importancia que tienen los prerrequisitos, ya que estos posibilitan que el aprendizaje sea más efectivo. El profesor debe tratar de proporcionar o, en su caso, activar tanto los conocimientos previos como las estrategias pertinentes para que el alumno pueda asimilar los elementos fundamentales del contenido al que se enfrenta. Cada uno de esos componentes críticos (propios de un tipo de contenido determinado), será el punto de referencia para planificar los prerrequisitos que cada aprendizaje necesita.

En la actualidad se está dando más importancia a los procesos y estrategias que el alumno debe activar (Martínez Torregrosa y col., 1993, 1999) lo cual choca con lo que hasta ahora el profesor consideraba como fundamental, el aprendizaje del contenido en sí. Por otra parte, es necesario que se asegure también que el alumno es capaz de comprender esas relaciones semánticas de pertenencia entre una característica y su concepto, cuál de ellas es clave y cuál superficial, cómo reorganizarlas para formar ad hoc nuevas categorías, cómo recuperarlas de manera funcional y no meramente mecánica, etc. Esto supone que tenga en su repertorio un conjunto de estrategias de categorización, clasificación, comparación, selección y recuperación de la información, cuyo uso se convierte en muchos momentos en un prerrequisito fundamental del que muchos alumnos carecen para conseguir un aprendizaje comprensivo.

El enfoque de Reigeluth sobre los prerrequisitos de aprendizaje supone una aportación tan interesante como escasamente estudiada en la Psicología de la Instrucción. Las revisiones de su teoría (Coll, 1987; Coll y Rochera, 1990; Montanero y col., 1999; Montanero Fdez. y col. 2001; etc.) apenas aluden a las implicaciones metacognitivas que, desde nuestro punto de vista, introduce Reigeluth con el análisis de los componentes críticos de cada contenido organizador. A menudo se insiste en la importancia de los conocimientos previos

con la misma ambigüedad con que lo hiciera Ausubel, sin hacer referencia dentro de estos al desarrollo de estrategias metacognitivas que posibilita la asimilación de la estructura formal de un contenido concreto.

Para Reigeluth, desde la Teoría de la Elaboración, cada uno de esos contenidos organizadores da lugar a varios tipos de secuencias con una estructura de contenido específica:

✓ Si el contenido organizador es de tipo procedimental dará lugar a una secuencia con dos posibles estructuras internas: de orden (en el que el paso de un estado a otro en la resolución del procedimiento es completamente mecánica); o de decisión (en el que mediaría, en cambio, un proceso de toma de decisiones).

✓ Reigeluth indica que para los principios se podría encontrar o bien una estructura descriptiva o bien prescriptiva del proceso de cambio que ese principio pretende explicar.

Esta separación para los principios, descriptiva y prescriptiva, no parece muy acertada, ya que la formulación de un principio de Física, por ejemplo, atraviesa varias fases científicas desde la observación de un fenómeno hasta la deducción de un modelo causal que lo explica y pretende predecirlo, pasando antes por otra en el que el científico induce unas leyes que simplemente describen las relaciones entre diversos hechos del fenómeno (Montanero y col., 1999; Montanero Fdez. y col. 2001). Reigeluth parece confundir la génesis epistemológica, legal y causal, de un principio, con dos formatos de contenido en cuanto objeto de aprendizaje, lo cual resulta equívoco.

Sin embargo, Reigeluth identifica ese carácter predictivo del modelo teórico y causal que supone psicológicamente todo principio, con lo supuestamente prescriptivo, que sería más bien propio de un procedimiento. Efectivamente, un procedimiento prescribe cómo debe ejecutarse algo. Por el contrario, un principio pretende explicar las causas o predecir los efectos de un fenómeno.

✓ Por último, Reigeluth denomina listado a la estructura subyacente en

una enumeración de hechos y reseña, así mismo, dos tipos de estructuras conceptuales que denomina taxonomía y matriz. Los elementos que estructuran semánticamente un concepto pueden organizarse taxonómicamente como tipos o partes. La matriz, por otro lado, no es una estructura vertical del mismo tipo que las anteriores, sino que representa en realidad una comparación transversal entre conceptos, según relaciones, no simplemente semánticas, sino también criterios.

Ante este panorama tan complicado Montanero Fdez. (1997) propone algunas alternativas:

Se podría obtener una mejor aplicación didáctica al considerar las estructuras de *orden* más bien como *secuencial* (con un patrón de relación episódico, de carácter narrativo o temporal, como suelen presentar los contenidos de Historia), antes de incluirlos en el mismo *saco* de los procedimientos (que son en cambio de naturaleza metodológica y prescriptiva).

Sería importante incluir un tipo de estructura para la instrucción de ciertos contenidos. Frecuentemente se pueden encontrar contenidos conceptuales, fundamentalmente principios, que presentan una estructura implicativa, en la que se establece una relación argumental desde unas premisas a una conclusión. Relación lógica que no se debe confundir con el patrón procesual de causa-efecto que se establece en las estructuras causales.

En conclusión, parecería lógico diferenciar las estructuras de contenido que se pueden generar en los principios en causales e implicativas, en lugar de descriptivas y prescriptivas, como defiende Reigeluth.

La comparación sería la equivalente a la matriz, y la descripción enumerativa correspondería al listado o la taxonomía de Reigeluth.

En la tabla que se presenta a continuación (tabla 2) se hallan todas las modificaciones (Pérez y col., 1998a), como propuesta alternativa al modelo de Reigeluth sobre las estructuras de los contenidos organizadores de una materia cualquiera. Además, se ha añadido un análisis de los patrones de relación, las categorías cognitivas y las técnicas específicas de representación de cada una de

estas estructuras, de cara a ampliar, como se verá brevemente, las posibilidades didácticas de estos instrumentos.

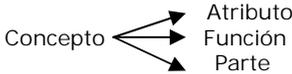
CONTENIDO	ESTRUCTURA	CONTENIDO	CATEGORÍA	REPRESENTACIÓN
CONCEPTO	I. Descriptiva	De pertenencia	Concepto 	Esquema Mapa conceptual
	II. Comparativa	Criterial	Concepto↔Concepto	Cuadro sinóptico
PRINCIPIO	III. Causal	Procesual	Causa→Efecto	Organigrama
	IV. Implicativa	Argumental	Premisa→Conclusión	Mapa conceptual
PROCEDIMIENTO	V. Metodológica	Decisional	Problema→Solución	Diagrama de flujo
	VI. Secuencial	Episódica	Antecedente→Consecuente	Organigrama

Tabla 2: Modificaciones al modelo de Reigeluth

Como ya se ha definido (Montanero Fdez., 1997), cada tipo de contenido responde a muy diversos procesos de aprendizaje de los que lógicamente deriva la prevalencia de uno u otro método de instrucción. Es más, como muchos profesores perciben a diario, la dificultad del aprendizaje del alumno se debe a menudo, más que al contenido en sí mismo, a la complejidad de acceso a su estructura interna. Conocer con precisión dicha complejidad debe facilitar el conocimiento de los **prerrequisitos de aprendizaje** que requiere cada paso didáctico.

Para que esto se lleve a cabo, el profesor ha de actuar sobre algo más que los conocimientos previos, o las habilidades más simples a las que se refería Gagnè. A menudo se enfocan los prerrequisitos de un aprendizaje, simplemente como los conocimientos previos que facilitan su consecución. Sin embargo, el alumno debe dominar también estrategias metacognitivas que le permitan asimilar las anteriores relaciones estructurales que organizan esos contenidos, si quiere que esa asimilación sea auténticamente significativa.

La aplicación didáctica de todo este análisis estructural que se ha hecho en torno al contenido organizador deriva en una visión sustancialmente diferente de aquellos componentes críticos que, según Reigeluth, el profesor debe enfatizar como prerrequisito que asegure un aprendizaje significativo:

1) Si el contenido organizador está constituido por procedimientos, como en el ejemplo del contenido “Sistemas de ecuaciones”, el profesor debería tratar de desglosar cada operación básica que el alumno debe dominar por separado. Posteriormente, debería también entrenarle específicamente en la toma de decisiones estratégicas que relaciona dichas operaciones y que lleva en la práctica, por ejemplo, a elegir eficazmente resolver por “igualación”, mejor que por “reducción”, un sistema de ecuaciones concreto.

2) Si el contenido organizador está constituido por principios (como sería el caso de los principios de Newton en la enseñanza de la Dinámica en Física) el profesor deberá esforzarse en explicitar las relaciones lógico-causales que explican:

- El cambio (según un patrón de relación procesual) de las causas a sus efectos (por ejemplo, para explicar el ciclo de la evaporación del agua en Ciencias de la Naturaleza); o bien,
- La argumentación desde unas premisas fundamentales, establecidas en un modelo teórico, a las deducciones que conforman esa teoría (por ejemplo, a partir de los presupuestos teóricos de las fuerzas centrales podemos deducir que la órbita de una partícula libre se mantendrá en un plano constante).

3) En último lugar, si son los contenidos conceptuales los que sirven de eje vertebrador del contenido organizador, los componentes críticos en este caso serían sus “atributos” esenciales (como por ejemplo, las características de los gases ideales); los “elementos funcionales” (las funciones de un microscopio); o en su caso las “partes” (partes del microscopio), conectados por relaciones semánticas de pertenencia a cada uno de esos conceptos generales que hemos

ejemplificado.

La existencia y activación de conocimientos previos deben considerarse como prerrequisito de aprendizaje para que las relaciones sean auténticamente significativas (y no meramente arbitrarias) en la mente del alumno. Además esa significatividad aumentará si el profesor evita las largas enumeraciones de características que definen un concepto, y proporcionará, en cambio, comparaciones transversales con las de otros conceptos generales ayudando también al alumno a establecer por sí mismo criterios que enriquezcan la comparación.

El análisis de las implicaciones metacognitivas del contenido organizador es un aspecto indispensable para la ambiciosa pretensión de desarrollar modelos de *Instrucción Basada en los Procesos* (Asman y Conway, 1989). Objetivo que Reigeluth nunca llegó a plantearse explícitamente.

Al impulsar un camino intermedio entre el análisis del contenido epistemológico y el de las destrezas de la tarea a instruir, ofrece, sin embargo, el marco más sólido para enfrentarse al desarrollo de estrategias metacognitivas sobre la base de los propios contenidos curriculares. Teniendo en cuenta estos presupuestos, es plausible considerar la anterior revisión de los componentes críticos de un contenido organizador como un primer paso para poder convertir un contenido curricular en un marco donde enseñar a pensar a los alumnos. El análisis diferencial de las categorías y relaciones que el alumno debe explicitar y contrastar en cada contenido, así como los instrumentos de representación para sintetizarlo, permiten que el docente pueda diseñar también objetivos y actividades de mediación metacognitiva integrados en la enseñanza diaria.

Los profesores, a veces, no comprenden la dificultad de los alumnos para responder en los exámenes a preguntas que ellos mismo llaman de relacionar. Como se ha visto, este requerimiento presupone que el alumno, además de recordar las ideas más importantes es capaz de poner en funcionamiento un conjunto de estrategias de comparación en las que probablemente nadie le entrenó. Debe identificar y reorganizar las características de ambos conceptos

objetos de comparación; establecer unos criterios adecuados para realizar una contrastación por pares entre dichas características; inferir incluso aquellas que quizás no estuvieron recogidas explícitamente en sus “apuntes de clase” para poder completar los pares que pudieron quedar sin pareja; y ser capaz de representar sintéticamente todo esto de forma que pueda traducirse sin ambigüedades.

Uno de los recursos didácticos imprescindible para mediar la capacidad de activación de relaciones conceptuales en la memoria operativa del alumno son los mapas conceptuales (Novak y Gowin, 1988; Suarez y col., 1989; Peña y col., 1989; Ciliverti y Galagovsky, 1999; Costamagna, 2001) de modo que este tenga un mínimo de recursos libres para enfrentarse a su análisis interno, para trascender y manipular un contenido, hasta entonces de apariencia monolítica.

El entrenamiento será posible si cada profesor reflexiona sobre las exigencias cognitivas que se pueden derivar del contenido que va a impartir y diseña actividades específicas en este sentido. Dichas actividades deben conformarse progresivamente como pequeños foros para una discusión metacognitiva en los que el alumno consolide hábitos de inferir y justificar verbalmente con precisión la relación semántica o causal entre conceptos, así como evaluar y discutir en grupo las contradicciones y ambigüedades, las relaciones inconsistentes, los conceptos omitidos en los mapas que ellos mismos elaboran.

Cuando el estudiante es capaz de reconocer y generar por sí mismo estrategias para representar un contenido aumenta su responsabilidad activa en la comprensión. Para ello, debe habituarse progresivamente a planificar, evaluar y auto-regular diferencialmente la comprensión de cada contenido de aprendizaje.

Aunque la Teoría de la Elaboración ha sido aplicada casi exclusivamente a la secuenciación de contenidos curriculares en la Enseñanza Secundaria, su vigencia puede reafirmarse en otras direcciones de creciente importancia. La posibilidad de construir nuevos modelos de Instrucción Basada en los Procesos, integrados conscientemente en el diseño curricular, amplía las posibilidades

didácticas para conseguir que, junto al aprendizaje de los propios contenidos curriculares, el alumno trabaje sistemáticamente nuevas estrategias de pensamiento.

1.4. Propuesta de modificación para la enseñanza de la Física.

Aunque la Teoría de la Elaboración ofrece un sólido marco teórico para el diseño de secuencias instruccionales en la Educación Secundaria debe complementarse con un estudio no menos profundo de su aplicación a la idiosincrasia de cada área de conocimiento. Como se ha mostrado en trabajos anteriores (Montanero, Suero y Pérez, 1995, Montanero y col., 1999; Pérez y col., 1999a, 2001a) en el caso de la Física las especificaciones epistemológicas y didácticas se revelan con tanta claridad que son necesarias nuevas aportaciones, e incluso modificaciones, que faciliten diseños instruccionales auténticamente coherentes y realistas.

En definitiva, la importancia de la propuesta de modificación reside en considerar los **fenómenos físicos como contenidos organizadores** para la enseñanza de la Física. Ello lleva aparejado un doble cuestionamiento, crítico y prescriptivo, respecto al desarrollo teórico que se ha presentado anteriormente.

En primer lugar, es necesario destacar que hasta el momento no se había considerado el fenómeno como un tipo de contenido con entidad propia y susceptible de vertebrar las secuencias instruccionales en la enseñanza de la Ciencia. El fenómeno como contenido de enseñanza no puede subsumirse en la acepción de principio, ni mucho menos de acuerdo con reducirlo didácticamente a la categoría de actividad más o menos experiencial que se presenta a los alumnos para apoyar el aprendizaje de un conjunto de contenidos. Desde nuestro punto de vista el fenómeno de observación puede adquirir también, en función del diseño instruccional que se planifique, una suficiente consistencia didáctica como contenido vertebrador de todo el proceso de enseñanza (Montanero Fdez. y col., 2001)

En segundo lugar, hay que destacar que, es importante orientar la toma de decisiones del docente con respecto a la elección del contenido organizador. En este sentido, defendemos que, para conseguir un mejor aprendizaje, las secuencias

instruccionales en la Física deben vertebrarse en torno a la jerarquización de los fenómenos físicos correspondientes a los contenidos seleccionados. Es decir, el fenómeno no sólo puede asumir el papel de contenido organizador en el diseño didáctico, sino que de hecho es el más apropiado cuando aplicamos la Teoría de la Elaboración a la enseñanza de Física. Esta afirmación se fundamenta teóricamente en tres razones:

✓ La primera justificación, de carácter **epistemológico**, se relaciona con los procesos de construcción del conocimiento científico. La observación de la realidad, concretada en la variedad de fenómenos físicos, es el punto de partida fundamental en el proceso de generación de las teorías científicas. Además, todo principio o concepto científico se compone de elementos definicionales inevitablemente limitados por el contexto factual en el que se verifican (pensemos por ejemplo en el concepto de presión, que en la teoría cinética se define en términos de choque de partículas contra la pared, y en la hidrostática, en cambio, por el peso sobre la unidad de superficie de columnas de líquidos). De modo que difícilmente el alumno estará capacitado para profundizar en el sustrato epistemológico de la Física si el desarrollo de su estructura psicológica durante el aprendizaje no se vincula directamente a la observación y análisis de los fenómenos que constituye ese contexto factual.

✓ Por otro lado, existe una justificación de índole ya exclusivamente **psicológica** que viene dada por la misma necesidad del alumno de obtener explicaciones causales en el aprendizaje de la Física. En realidad, en ninguna otra área de conocimientos los hechos proporcionan con tanta claridad condiciones necesarias y suficientes para establecer relaciones causales. Muchas de las teorías implícitas que a menudo interfieren en el proceso de enseñanza-aprendizaje se generan (como se verá más adelante) en gran parte por esta necesidad, insuficientemente satisfecha en la enseñanza formal. Su modificación, antes de conseguir un auténtico cambio conceptual, requiere la provocación de variados conflictos factuales (Pozo, 1989), entre las observaciones que el alumno registra ante un determinado fenómeno, y las predicciones que inicialmente realizaba, a

partir de su teoría implícita. Por lo que, tanto la reestructuración de las relaciones erróneas, como la facilitación de hipótesis causales adecuadas, requieren una prevalencia de las actividades de observación y análisis de los fenómenos físicos a lo largo de toda la secuencia instruccional.

✓ Por último, como justificación **pedagógica**, la consideración de los fenómenos como eje didáctico favorece la utilización de diversas estrategias de aprendizaje experiencial y por descubrimiento. Estas metodologías han cobrado un gran auge en los últimos años, especialmente en el ámbito de la Enseñanza de la Ciencia. Sin embargo, para que este enfoque no se reduzca al diseño de actividades puntuales, debe vincularse a una secuenciación de los contenidos en la que la observación y el análisis de los fenómenos tenga una relevancia constante a lo largo de todo el proceso.

A continuación se presenta un mapa conceptual, figura 3, en el que se resumen las anteriores reflexiones:

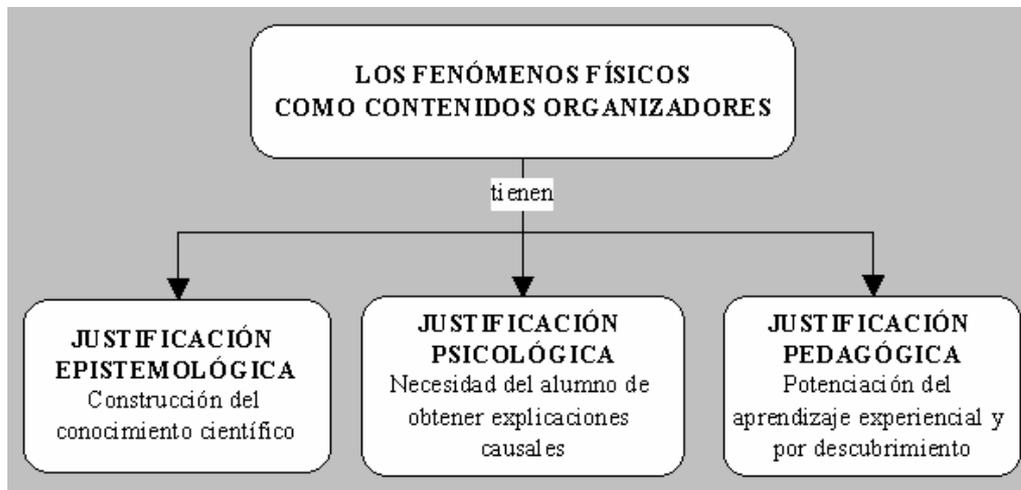


Figura 3: Justificación de la elección de los fenómenos físicos como contenidos organizadores.

Teniendo en cuenta los anteriores presupuestos que se muestran en el gráfico superior, se pueden plantear una serie de conclusiones con una doble pretensión, teórica y práctica, dirigida a ampliar, por un lado, las implicaciones

didácticas de la Teoría de la Elaboración en el ámbito específico de la Enseñanza de la Física; y por otro lado, a aumentar su operatividad y las prescripciones prácticas que el docente tanto demanda. Desde el punto de vista teórico, se debe entonces considerar tres aspectos fundamentales en la aplicación de la Teoría de Elaboración a la enseñanza de la Física (Pérez y col., 1998a):

1. La primacía que deben adquirir los fenómenos en el desarrollo del epítome.
2. La consideración de dos grandes niveles de elaboración, causal y legal, en las macrosecuencias didácticas de la Física en la Educación Secundaria.
3. La importancia clave de considerar actividades de detección y el tratamiento de las teorías implícitas en torno a los contenidos de nuestra secuencia de aprendizaje.

Todos estos puntos pueden concretarse en una serie de orientaciones didácticas para el diseño de los elementos fundamentales de la secuencia elaborativa, como se describe en el capítulo 6.

Capítulo 2

Relevancia de las teorías implícitas en la secuencia elaborativa

2.1. Introducción.

Todas las investigaciones parecen indicar que los alumnos saben algo sobre lo que se les va a enseñar y que es importante que el alumno aprenda a partir de esto que sabe. Como profesores, necesitamos conocer estas ideas previas de los alumnos para que a partir de ellas elaboremos las diferentes actividades de aprendizaje.

En la actualidad existe evidencia empírica de que los alumnos antes de llegar a la instrucción formal ya tienen sus propias concepciones sobre los fenómenos naturales y sobre lo que se les va a enseñar. La investigación sobre la construcción de ideas y conocimientos previos, por los alumnos, en el aprendizaje

de la Ciencia ha suscitado un complicado debate que todavía continúa vigente (Driver y Easley, 1978; Rubio y col. 1994; Marín, 2001).

El que aprende tiene, pues, unos esquemas mentales previos, que son los que utiliza para interpretar lo que se le está enseñando, los cuales interfieren de manera decisiva en la adquisición de conceptos científicos (Osborne y Wittrock, 1983; Gil, 1983, 1993; Pozo y col., 1992; Matthews, 1994; Rubio y col., 1995; Montanero, Pérez y Suero, 1995; Montanero y col., 2002). En la mayoría de los casos estas concepciones no se alteran después de la instrucción. En investigaciones anteriores hemos constatado la persistencia, a lo largo de la instrucción académica, de preconcepciones erróneas en distintos ámbitos de la Física (Montanero y col., 1991; Calvo y col., 1992 a, b; Solano y col., 2002; Gil y col., 2003).

Una causa importante de la persistencia de los errores conceptuales (Driver, 1986) es el hecho de que los modelos didácticos utilizados habitualmente por los profesores, transmisión verbal de conocimientos ya elaborados o descubrimiento inductivo y autónomo, no tienen en cuenta las estructuras conceptuales previas de los alumnos en las que los nuevos conocimientos han de integrarse.

La importancia de partir de los conocimientos previos es una de las novedades más relevantes en la concepción constructivista, ya que tiene muchas repercusiones a lo largo de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. Por ejemplo, es importante para considerar la capacidad de aprendizaje de un alumno, para determinar los contenidos, para establecer un conflicto cognitivo, para la ayuda adecuada, para la evaluación inicial, etc.

Aunque se han utilizado diferentes nombres para expresar estas ideas, que los alumnos consideran más razonables y útiles que las que dicta el saber científico, nosotros utilizaremos el término de ideas previas como lo que el alumno sabe antes del aprendizaje en la escuela, y el de teoría implícita o preconcepción cuando queramos resaltar su no coincidencia con las ideas científicamente aceptadas.

2.2. Análisis del marco teórico que explica el origen de las teorías implícitas y su tratamiento.

En este apartado, analizaremos estas ideas de los alumnos intentando dar respuesta a seis preguntas básicas:

1. ¿Por qué tienen los alumnos preconcepciones?
2. ¿Cuál es su origen?
3. ¿Qué características presentan?
4. ¿Cómo se organizan esas ideas en la mente del alumno?
5. ¿Cómo pueden conocerse?
6. ¿Qué estrategias pueden seguirse para lograr el cambio conceptual?

Analizaremos a continuación cada una de estas cuestiones.

2.2.1 ¿Por qué tienen los alumnos preconcepciones?

La respuesta a esta cuestión es la que da sentido al llamado Constructivismo, una manera de entender el funcionamiento psicológico de las personas según el cual no podemos conocer el mundo de un modo directo sino a través del filtro impuesto por nuestras ideas o expectativas.

La idea constructivista, que podría resumirse brevemente con la frase “vemos las cosas no como son, sino como somos nosotros”, supone que siempre que intentamos entender o dar significado a algo lo hacemos a partir de una idea o un conocimiento previo que tenemos.

La influencia de las expectativas e ideas alternativas sobre la forma en que percibimos y actuamos en el mundo no es algo exclusivo de los estudios sobre comprensión de la ciencia en los alumnos. De hecho, tener ideas previas influyentes y reacias al cambio no es algo que caracterice a los alumnos que estudian ciencias, sino que más bien es un rasgo que define al funcionamiento

cognitivo del ser humano.

Casi todo lo que hacen las personas está determinado por la forma en que intentan dar sentido a las cosas que les suceden y las personas que les rodean. Sin ir más lejos, todo profesor, para llevar a cabo su labor, debe de interpretar lo que hacen los alumnos, y sus compañeros, con el fin de poder predecir su conducta.

Una teoría, dicho de una forma simple, es una descripción que muestra algunos de los aspectos de la realidad. Pero sobre una misma realidad pueden darse distintas descripciones, aspecto que es obvio para cualquier científico, conocedor de que en una misma ciencia oficial se da el caso de la existencia de teorías que presentan diferentes visiones de los mismos hechos físicos. Así en Óptica se discutió, durante algún tiempo, si la luz era una onda o estaba formada por partículas. La idea de partículas o de onda describe aspectos complementarios de una misma realidad, la cual no es estrictamente ni una cosa ni la otra, es luz. Dependerá del experimento, impuesto por la teoría utilizada, para que se manifieste de una u otra forma.

Todos elaboramos teorías de cuanto nos rodea, entre ello de los fenómenos físicos de nuestro ámbito de experiencia. La construcción de estas teorías responde a necesidades funcionales de organización de nuestro mundo. Un niño de 2 años sabe que si balancea su cuerpo en un balcón puede caer. Su teoría física le permite hacer esta predicción. Por lo tanto, la necesidad de elaborar predicciones correctas se apunta como una característica esencial de este tipo de interpretaciones, necesidad que está apoyada en una preferencia por las explicaciones causales (Pozo y col., 1992).

La razón por la cual en las teorías espontáneas se da una preferencia por lo causal es de índole psicológica. Por una parte, como acabamos de ver, es necesario bajo un punto de vista existencial, predecir acontecimientos, la supervivencia depende de ello. Por otra, existe la necesidad de controlar, en lo posible, esos acontecimientos, y para mejor ejercer tal control es necesario poder explicar, es decir, conocer las causas de esos acontecimientos y así tener la posibilidad de influir en ellos según nuestra conveniencia. Lo causal encierra, por

tanto, dos aspectos: la predicción y el control.

Vemos, pues, que las cosas no poseen significados en sí mismas, únicamente existen significados contruidos personalmente que condicionan fuertemente el posterior aprendizaje a través de la instrucción. En el caso concreto de la enseñanza-aprendizaje de la Física, la trascendencia de estas teorías personales está constatada (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Giordan y De Vacchi, 1987; Hierrezuelo y Montero, 1989; Montanero y col. 1991; Suero y col., 1991a,b; Pozo, 1992). Y más actualmente reseñamos las publicaciones Montanero, Pérez y Suero (1995); Rubio y col. (1995); Suero y col. (1997) Martínez Torregrosa, Osuna García y Verdú Carbonell (1999); Suero y Pérez (1999), Salinas y Sandoval (1999 a, b), Galili y Hazan (2000), Mendoza y López Tosado (2000); Suero y col. (2002) Montanero y col. (2002); Solano y col. (2002); Gil y col. (2003).

Una de las formas de entender por qué tenemos ideas causales tan influyentes y persistentes sobre la realidad es comprender las funciones que el conocimiento causal tiene en nuestra vida ordinaria. Nuestras ideas o conceptos parecen cumplir dos funciones fundamentales para nuestra supervivencia física y mental:

En primer lugar nos permiten predecir acontecimientos futuros, deseados o temidos. Pero además de predecir esas situaciones las podemos controlar.

Claxton (1984), en su reflexión sobre la función de las teorías personales en el aprendizaje, establece dos reglas que regirían las relaciones constructivas entre esas teorías y el mundo: “Esto nos lleva a dos principios muy importantes: lo que hago depende de lo que mi teoría me dice sobre el mundo, no de cómo es el mundo en realidad. Puede que la serpiente sea una cuerda, pero corro; quizás la silla sea un holograma, pero me siento; puede que el guardia de tráfico sólo quiera saber el resultado del partido, pero los nervios se me agarran al estómago cuando lo veo acercarse; es posible que la clase esté inquieta porque la madre de Diana ha tenido que ir al hospital, pero mi reacción es la de creer que no les gusto y que los vikingos les aburren. Sin embargo: lo que sucede después depende de cómo es el

mundo en realidad, no de cómo creo que es. Si cometo el error contrario y creo que la serpiente es un trozo inofensivo de cuerda vieja, esto no va a impedir que me muerda" (Claxton, 1984, págs. 33-34 de la trad. cast)."

Estas relaciones pueden variar según sea la naturaleza del objeto al que se refiere nuestro conocimiento. Así, las personas tenemos la a veces agradable y a veces sinuosa tendencia a adaptar nuestra conducta a las expectativas que los demás tienen con respecto a ella, cosa que no hacen los objetos físicos. Más allá de estas posibles diferencias, estas relaciones rigen en general los procesos de construcción del conocimiento.

Por otra parte, las personas no intentamos sólo predecir y controlar sino también explicar o, si se prefiere, atribuir un efecto a una determinada causa. Se ha comprobado por ejemplo que un factor que influye en la motivación de los alumnos (y de los profesores) es la interpretación que hacen de sus éxitos y fracasos. Lo grave no es sólo fracasar sino cómo explicamos el fracaso. Si lo atribuimos a causas que no controlamos, nos hallaremos indefensos ante el futuro. Por ello, en ocasiones resulta más conveniente desde el punto de vista de nuestra autoestima crearnos lo que los psicólogos denominan una ilusión de control, es decir, creer que controlamos incluso los acontecimientos que están fuera de nuestro control.

Las creencias mágicas y sobrenaturales en los pueblos primitivos, o incluso entre nosotros, parecen tener una función de controlar, aunque sea ilusoriamente, fenómenos naturales muy relevantes para la vida social. Sean animistas o causales, las explicaciones reducen lo aleatorio y lo incierto, infundiéndonos mayor seguridad en nuestras muchas veces aleatorias e inciertas decisiones y creencias. Abandonar una idea en la que creemos, supone perder control sobre la realidad a no ser que dispongamos de una idea mejor.

Una de las razones para la resistencia de los alumnos al cambio conceptual puede ser que la nueva explicación no dé cuenta, a los ojos de los alumnos, de todo lo que su concepción, por implícita que sea, controla y explica.

Si la explicación causal de los hechos es tan relevante para nuestro funcionamiento cognitivo, cabe esperar que las personas dispongamos de procedimientos eficaces y poco costosos para obtener información causal sobre el mundo. De hecho, parece haber ciertos procesos cognitivos y sociales en el origen de las ideas que los alumnos tienen sobre la Ciencia, que estarían en buena medida relacionados con esos procesos de inferencia causal.

2.2.2. ¿Cuál es su origen?

El porqué se forman estas ideas se debe a varios factores, unos relacionados directamente con la formación escolar y otros con el mundo no escolar en el que los alumnos están inmersos. Las causas principales de formación de estas ideas son (Montanero y col., 1991):

- ✓ Los libros de texto u otros materiales utilizados en los estudios.
- ✓ Experiencias y observaciones de la vida cotidiana.
- ✓ Interferencia del vocabulario científico con el lenguaje cotidiano.
- ✓ La cultura propia de cada civilización y los medios de comunicación.

Los libros de texto son una de las principales causas de la formación de preconcepciones. En muchos casos utilizan una terminología ambigua que induce a confusión. Por ejemplo: “Las imágenes reales no se ven a simple vista, las imágenes virtuales no existen” (Peña y García, 1998).

En otros casos son los esquemas de los libros los que inducen a errores (Martínez Torregrosa, Osuna García y Verdú Carbonell, 1999; Perales y Jiménez, 2002; Pérez, aceptado). Además, los libros de texto no tienen en cuenta las ideas que a priori puedan tener los alumnos, y no prevén las dificultades que estas ideas pueden entrañar para la comprensión de la información escrita y gráfica que aparece en el libro.

A modo de ejemplo, se muestra la figura 4, con la que se quiere representar el fenómeno de la dispersión de la luz blanca a través de un prisma.

Sin embargo, el haz de luz que menos se desvía no parece ser el rojo como la experiencia nos enseña. (Hidalgo y Fernández, 1998, p. 162)

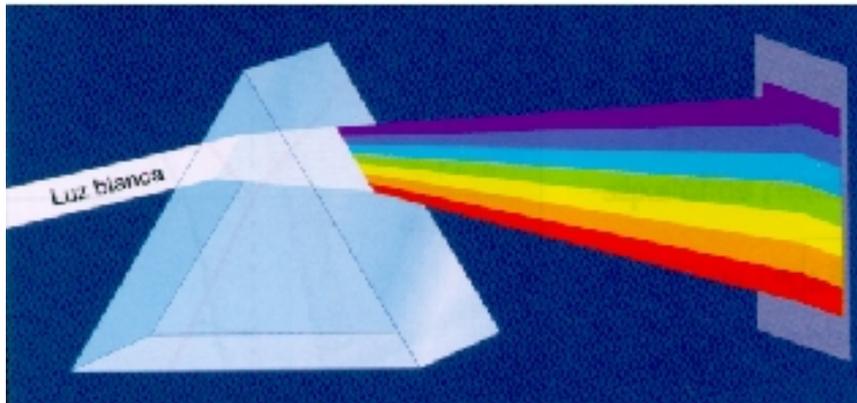


Figura 4: Dispersión de la luz a través de un prisma.
¿Qué color se desvía más?

Probablemente las ideas más persistentes sean aquellas que están relacionadas con las experiencias y observaciones de la vida cotidiana de los alumnos. El conocimiento sobre el mundo natural es en muchos casos espontáneo y tiene su origen en la percepción inmediata del entorno y en un razonamiento intuitivo que intenta dar sentido al comportamiento de los objetos (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Pozo y col., 1991).

Hay una clara interferencia entre el lenguaje cotidiano y el científico (Jiménez-Liso, 2002). Muchas palabras no tienen el mismo significado en el lenguaje científico y en el coloquial. Decimos: "Me reflejo en el espejo" (cuando es la luz la que se refleja).

Por último, nos vamos a referir a la influencia que tiene en la formación de ideas previas la propia cultura, es decir, las creencias y prácticas del entorno inmediato al alumno (familia, amigos....). En la actualidad forman parte también de nuestra cultura los medios de comunicación, sobre todo la televisión. Ésta refuerza la interferencia entre el lenguaje cotidiano y el científico.

Teniendo, pues, en cuenta todas las causas anteriormente enumeradas es muy difícil imaginar que el alumno llegue sin ideas previas a las clases de Ciencias, ya que está recibiendo una información continuada sobre la mayoría de

contenidos del área de Ciencias Experimentales.

Hay un buen número de sugerencias sobre las causas psicológicas de que los alumnos tengan las ideas que tienen sobre muchas situaciones (Driver, Guesne y Tiberghien, 1989; Pozo, 1987; Pozo y col., 1991; Karmiloff-Smith, 1992), que no vamos a analizar ahora.

Todas las causas antes mencionadas pueden, a nuestro entender como dice Pozo (Pozo y col., 1991), clasificarse en tres grandes grupos, que originarían tres tipos de concepciones levemente diferenciadas, aunque en continua interacción, que podrían resumirse así:

✓ Origen sensorial: Concepciones espontáneas. Se formarían en el intento de dar significado a las actividades cotidianas y se basarían esencialmente en el uso de reglas de inferencia causal aplicadas a datos recogidos, en el caso del mundo natural, mediante procesos sensoriales y perceptivos.

✓ Origen cultural: Representaciones sociales. El origen de estas concepciones no estaría tanto dentro del alumno como en su entorno social, de cuyas ideas se impregnaría el alumno. La cultura es entre otras muchas cosas un conjunto de creencias compartidas por unos grupos sociales, de modo que la educación y la socialización tendrían entre sus metas prioritarias la asimilación de esas creencias por parte de los individuos. Dado que el sistema educativo no es hoy el único vehículo de transmisión cultural, los alumnos accederían a las aulas con creencias socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos.

✓ Concepciones analógicas. A pesar de la universalidad de las teorías implícitas, existen algunas áreas de conocimiento con respecto a las cuales los alumnos carecerían de ideas específicas, ya sea espontáneas o inducidas, por lo que para poder comprenderlas, se verían obligados a activar, por analogía, una concepción potencialmente útil para dar significado a ese dominio. Cuanto menor sea la conexión de un dominio con la vida cotidiana mayor será la probabilidad de que el alumno carezca de ideas específicas al respecto. De esta forma, la comprensión debe basarse en la formación de analogías, ya sean generadas por los

propios alumnos o sugeridas a través de la enseñanza.

Esta distinción no implica que desde un punto de vista cognitivo las diferentes concepciones funcionen por separado. De hecho, como acabamos de sugerir, las analogías se basan en concepciones ya existentes, normalmente formadas a través de las otras vías. Del mismo modo, las concepciones socialmente transmitidas deben ser asimiladas por cada persona en función de sus conocimientos previos, en los cuales, obviamente, las concepciones espontáneas desempeñan una función primordial. En todo caso, hay motivos para creer que las ideas previas pueden ser de diferente naturaleza en unos dominios y otros.

Sin embargo, en algunas áreas del mundo físico, por ser inaccesibles a la percepción directa, las ideas de los alumnos se basan, en gran medida, en modelos o analogías recibidos a través de la enseñanza, pero no siempre bien asimilados. No obstante, la fuerte influencia de los medios de comunicación hace que en algunas áreas del conocimiento científico las ideas de los alumnos estén constituidas por representaciones sociales que, en lugar de ser una construcción más o menos espontánea del alumno, se transmiten a través de esos canales de socialización (por ej., las ideas sobre el S. I. D. A., el equilibrio ecológico o los peligros de la energía nuclear).

Vamos a resumir algunas de las reglas de inferencia y búsqueda causal que las personas ponemos en marcha cuando nos encontramos ante la necesidad de explicar, predecir o comprender algún fenómeno. Estas reglas vendrían a constituir, de alguna forma, esa metodología de la superficialidad con la que según algunos autores (Gil, 1983), los alumnos se acercan a los acontecimientos científicos y que en muchos casos serían opuestas a los esquemas más complejos de explicación y relación causal que se establecen en el conocimiento científico, explicando, en parte, las diferencias entre el conocimiento intuitivo de los alumnos y ese conocimiento científico.

Existe un primer principio en nuestro pensamiento causal cotidiano, que es útil para entender la naturaleza de nuestras búsquedas causales. Como diversos autores han destacado, los alumnos “tienden a explicar los cambios, no los

estados”. Por ejemplo, en contra de los supuestos de la mecánica newtoniana, los alumnos suelen mantener la creencia aristotélica de que el estado de reposo es el estado natural de las cosas, de tal forma que todo movimiento debe ser explicado, y por tanto todo movimiento implica una causa, en este caso una fuerza, (Calvo y col., 1992b; Galili y Bar, 1992) lo que les va a dificultar comprender todos aquellos conceptos que impliquen conservaciones no observables o el mantenimiento de estados dinámicos de equilibrio.

En la comprensión de la ciencia por los alumnos se ha destacado, repetidamente, que sus concepciones se centran, casi exclusivamente, en lo observable, que su pensamiento está “dominado por lo perceptible”. Así, la luz sólo existe cuando sus efectos son observables (Guesne, 1989). De esta forma, los alumnos parecen partir de una regla que afirmarí­a algo así como que “lo que no se percibe, no se concibe”.

Otra regla que todos nosotros solemos usar en nuestros análisis causales cotidianos es la regla de semejanza. Dejando a un lado otras situaciones en las que las personas aplicamos esta regla, en nuestros análisis causales tendemos a creer que existe una semejanza básica entre las causas y los efectos, por lo que ante un efecto novedoso tendemos a buscar causas similares a él en algunos aspectos.

Una de las implicaciones de esta regla es que las personas tendemos a creer que existe una semejanza entre los hechos y los modelos que los explican (Pérez y col., 2002a). Los que no somos expertos en un área tendemos a explicar los estados emocionales de las personas por causas emocionales, o la situación económica de un país por causas económicas, mientras que los expertos admiten una más compleja relación entre causas y efectos de naturaleza diferente.

Otro tanto les sucede a los alumnos con la ciencia. Si en el mundo observable o macroscópico, la materia es continua así será también en el mundo microscópico. Una consecuencia de esta regla será que tenderemos a atribuirle a la realidad desconocida las propiedades de los modelos conocidos o más accesibles.

Esta regla de semejanza tiene una segunda consecuencia sobre nuestros

juicios causales. Además de creer en ocasiones que las causas son de la misma naturaleza que los efectos observados, tendemos a creer muchas veces que existe una semejanza o correspondencia cuantitativa entre ambas. Según el conocido dicho de que “a grandes males, grandes remedios”, tendemos a creer, de forma intuitiva, que “a grandes efectos, grandes causas”. Así, un cambio en la cantidad de efecto se debe corresponder con un cambio similar en la cantidad de causa, y viceversa. Ante un recipiente con agua hirviendo (a 100° C), los alumnos creen que si incrementamos la intensidad del fuego aumentará en correspondencia, la temperatura del agua (Pozo, 1992, p. 24).

Otra de las reglas habituales en el razonamiento causal cotidiano de los alumnos es “la contigüidad espacial entre causa y efecto”. La causa debe estar próxima, si no en contacto directo con el efecto. Aunque en algunos dominios podemos admitir la causalidad indirecta o mediada, tendemos a buscar las causas cerca o en contacto con los efectos, o, en palabras de Andersson (1986), “cuanto más cerca, mayor es el efecto”.

Así, ante un circuito eléctrico, los alumnos creen que cuanto más alejada está una bombilla de la fuente de energía menos lucirá (Solano y col., 2002) y que una pérdida de contacto entre causa y el efecto disminuye o hace desaparecer la relación causal.

Muy conectada con lo que acabamos de decir está la regla de contigüidad temporal entre causa y efecto, según la cual no sólo estarían próximos en el espacio sino también en el tiempo. Aunque el horizonte temporal del alumno va aumentando con la edad de tal forma que progresivamente va representándose períodos de tiempo más largos, hay una tendencia a buscar las causas de los hechos en los fenómenos inmediatamente anteriores a los efectos. Esta tendencia suele ser útil en la causalidad mecánica, pero plantea dificultades cuando los fenómenos que deben explicarse se inscriben en períodos notablemente largos.

Una última regla tiene que ver con el uso que las personas hacemos de la covariación simple. Aunque la covariación entre dos hechos, por sistemática que sea, no implica una relación causal entre ellos (por ejemplo, el rayo y el trueno no

están causalmente relacionados entre sí, sino que ambos son efectos de otra causa común), las personas tendemos a atribuir causalidad a los hechos que suceden sistemáticamente juntos. En su forma más simple, que dos hechos sucedan juntos una vez puede bastarnos para establecer una conexión causal entre ellos.

Las dificultades que muestran los alumnos para controlar variables, debidas sobre todo a problemas conceptuales y metacognitivos, están relacionadas con la dificultad de usar explicaciones causales múltiples y con la de analizar covariaciones múltiples en lugar de simples concurrencias. De entre los métodos de razonamiento científico, el razonamiento correlacional (que requiere el uso y dominio de técnicas estadísticas) es probablemente uno de los menos desarrollados no sólo entre los alumnos adolescentes sino también entre los adultos universitarios.

A pesar de la importancia de estas reglas, posiblemente no agoten todas las que los alumnos utilizan en su razonamiento cotidiano para formar sus concepciones espontáneas.

En cualquier caso, el uso de estas reglas sería un rasgo que diferenciaría el conocimiento cotidiano o espontáneo de los alumnos, del conocimiento científico que adquieren en el aula, por lo que el aprendizaje de la ciencia debe estar relacionado, también, con una modificación o restricción en el uso de estas reglas simplificadoras.

A partir de su formación por cualquiera de las vías antes mencionadas, las ideas les sirven a los alumnos para comprender y predecir el mundo que les rodea. Según Claxton (1984), lejos de consistir en ideas deslavazadas, los conocimientos de las personas se organizan en forma de verdaderas teorías implícitas.

2.2.3. ¿Qué características presentan?

Ya que estas ideas aparecen en todos los campos de las Ciencias, es de imaginar que tendrán unas características comunes. Analizando el resultado de las

investigaciones llevadas a cabo se puede comprobar que distintos alumnos en lugares diferentes presentan ideas parecidas, por lo que podemos pensar que éstas tienen un cierto grado de universalidad, o sea, que presentan unas características comunes.

Aunque los conocimientos espontáneos son heterogéneos en función de la edad de los alumnos, la instrucción recibida, etc., presentan las siguientes características comunes (Pozo y col., 1991):

✓ Son construcciones personales de los alumnos, es decir, han sido elaborados de modo más o menos espontáneo en su interacción cotidiana con el mundo y con las personas. Desde la cuna los niños están percibiendo el movimiento, el sonido, la luz..., y prediciendo de modo más o menos fiable su comportamiento. Se forman así ideas previas que, aunque suelen ser incoherentes desde el punto de vista científico, no lo son desde el punto de vista del alumno. De hecho, suelen ser bastante predictivas con respecto a fenómenos cotidianos, aunque no sean científicamente correctas. El alumno predice con bastante éxito cómo se mueven los objetos, pero sus explicaciones se alejan de la mecánica newtoniana.

✓ Son bastante estables y resistentes al cambio. Se observan no sólo en niños y adolescentes, sino también entre adultos, incluso graduados. Hemos comprobado que aun después de la enseñanza formal, las ideas o concepciones de los alumnos no se modifican en un gran número de casos (Calvo y col., 1992 b; Montanero, Pérez y Suero, 1995; Montanero y col., 2002; Solano y col., 2002, Gil y col., 2003). El porqué de esta persistencia se debe a que para los alumnos sus concepciones son verdades indiscutibles, por estar basadas en la epistemología del sentido común, les dan seguridad y les facilitan la toma de decisiones. El profesor también es culpable de esta persistencia, ya que al ignorar estas ideas, no realiza actividades para superarlas.

✓ Son compartidas por personas de muy diversas características (edad, país, formación...), a pesar de ser construcciones personales. Existen en general unas pocas tipologías en las que pueden clasificarse la mayor parte de las

concepciones alternativas en un área determinada. Esta universalidad llega incluso a trascender el tiempo, y aparecen en algunos casos ideas similares a las que poseían filósofos y científicos de tiempos pasados. Por ejemplo, los alumnos sostienen una concepción pitagórica del modelo de visión: “algo sale de los ojos que se dirige al objeto” (Guesne, 1989).

✓ Tienen carácter implícito frente a los conceptos explícitos de la ciencia. Ello condiciona la metodología a utilizar para su estudio, ya que, aunque en algunos casos se identifican a través del lenguaje, la mayoría se descubren implícitos en las actividades o predicciones de los alumnos, constituyendo teorías que los estudiantes no pueden verbalizar. De hecho, uno de los factores a tener en cuenta para promover el aprendizaje a partir de los conocimientos previos, será fomentar en primer lugar la toma de conciencia de los alumnos con respecto a sus propias ideas, ya que sólo haciéndolas explícitas y siendo conscientes de ellas, lograrán modificarlas.

✓ Los conocimientos personales buscan la utilidad más que la verdad. Así, las teorías implícitas sobre el movimiento de los objetos sirven para mover con eficacia los objetos, mientras que los conocimientos científicos sirven para descubrir leyes generales sobre el movimiento de los objetos y no necesariamente para moverlos mejor (al alejarnos de un espejo los alumnos opinan que la imagen disminuye). Es decir, en el aula se le proporcionan conocimientos generales, mientras que sus ideas son específicas, se refieren a realidades próximas a las que el alumno no sabe aplicar las leyes generales que se explican en clase. Una solución podría ser presentar el conocimiento científico en situaciones y contextos próximos a la vida cotidiana.

✓ El razonamiento de los estudiantes se centra en estados cambiantes más que en estados de equilibrio. Así, por ejemplo, establecen que actúa una fuerza cuando se observa movimiento, pero reconocen, en muy pocas ocasiones, la existencia de fuerzas en sistemas en equilibrio estático. La idea de que es el cambio lo que requiere explicación está en la raíz del razonamiento causal de los alumnos.

✓ Guardan un cierto paralelismo con las mantenidas por los científicos a lo largo de la Historia, como ocurre con la generación espontánea, la teoría aristotélica del movimiento, etc., sin querer esto decir que el pensamiento del alumno siga el mismo desarrollo que el de los científicos. En cualquier caso, el conocimiento de la Historia de la Ciencia nos puede ser útil para comprender mejor algunas de las dificultades que tienen nuestros alumnos para la elaboración de conceptos científicos.

✓ Son ideas dominadas por la percepción, “lo que se ve es lo que se cree”. Por ejemplo, los cuerpos más pesados caen más rápido, hace falta una fuerza constante para mantener un movimiento uniforme, la luz es algo estático que llena el espacio, etc.

✓ Dependen mucho del contexto, ya que un mismo individuo puede mantener diferentes concepciones sobre un determinado fenómeno, utilizando argumentos diferentes ante situaciones que son equivalentes desde el punto de vista científico.

2.2.4. ¿Cómo se organizan?

Aunque buena parte de los estudios sobre preconcepciones de los alumnos se limitan a estudiar una o unas pocas ideas aisladas, resulta útil pensar que los alumnos disponen de verdaderas teorías implícitas sobre diversos ámbitos de la ciencia (Montanero, Pérez y Suero, 1995; Montanero y col., 2002).

Diversos autores (por ej., Driver, Guesne y Tiberghien, 1989) han subrayado que, frente a la búsqueda de coherencia por parte de los científicos, las ideas de los alumnos son aparentemente incoherentes, en el sentido de que no se aplican por igual en diversas situaciones y, por otra parte, inconsistentes, ya que, en ocasiones diversas ideas que componen una misma teoría son incompatibles entre sí.

Esta falta de consistencia, o coherencia, de las preconcepciones se deriva

de su propia naturaleza, de su carácter implícito. Mientras que las teorías científicas deben por necesidad explicitarse en un lenguaje o sistema de representación compartido por una comunidad, lo que les obliga a intentar ser tanto coherentes como consistentes, buena parte de las preconcepciones son incommunicables.

Las preconcepciones suelen subyacer a la acción, manifestándose sólo a través de ella y resultando en muchos casos muy difíciles de verbalizar. Ello plantea un serio reto metodológico a los investigadores, ya que no basta con preguntar a un sujeto sobre un tema para conocer sus preconcepciones, dado que es muy probable que el propio sujeto las ignore. Un maestro que nos habla sobre su forma de dar clase o un paciente que expone a un psicólogo sus problemas y angustias puede ignorar sus verdaderas representaciones implícitas a su acción.

De todo esto, se derivan dificultades metodológicas que no siempre se tienen en cuenta en los estudios sobre las preconcepciones de los alumnos sobre la ciencia, en los que se le suele conceder la misma fiabilidad a datos procedentes de fuentes claramente distintas.

Además, este carácter implícito de las teorías de los alumnos conecta con la necesidad, de fomentar la toma de conciencia con respecto a sus propias ideas como uno de los requisitos del llamado cambio conceptual. La frase de Vygotsky (1979) según la cual “la conciencia es contacto social con uno mismo” cobra aquí todo su significado.

Sólo mediante la toma de conciencia de las propias teorías o modelos implícitos que solemos usar para interpretar la realidad podremos llegar a superar éstos, y esa toma de conciencia es uno de los productos de la instrucción y por tanto de la vida social. Ante situaciones nuevas, las personas, de modo no deliberado y por tanto no consciente, solemos utilizar esquemas, modelos o teorías que nos han sido útiles con anterioridad. En la activación de esas teorías actúan una serie de procesos psicológicos que el sujeto, por supuesto, desconoce.

Con todo lo anteriormente dicho podría parecer que las teorías implícitas

son gravemente erróneas y por tanto inútiles o ineficaces. Sin embargo, no es así. En tanto se mantienen, las teorías implícitas suelen generar predicciones con bastante éxito en la vida cotidiana. Las personas levantan objetos, lanzan balones a canasta, andan en bicicleta o caminan a diario con un cierto nivel de éxito sin conocer las leyes físicas que gobiernan cada uno de los movimientos. De hecho, cuando se investigan las teorías implícitas de la gente sobre el movimiento de los objetos y la gravedad (Pozo, 1987) se descubre que éstas son científicamente incorrectas. Esta paradoja aparente se resuelve cuando pensamos que las teorías científicas buscan metas distintas.

Como señala Claxton (1984) las teorías personales deben ser útiles; las teorías científicas deben ser ciertas. Esta diferencia de criterios está una vez más conectada con el carácter implícito o explícito de las ideas de los alumnos.

Esto conecta con otra importante diferencia: Mientras que las teorías científicas tienden a ser deductivas y falsacionistas, las teorías personales serían más bien inductivas y verificacionistas. Aunque esta diferencia no sea, una vez más, dicotómica, dada la resistencia a la falsación existente en la propia labor científica, puede mantenerse como una tendencia.

Dado el distinto objetivo de las teorías personales y las teorías científicas el papel de los datos contrarios a ellas es muy diferente en uno u otro caso. La aparición de un solo dato contrario muestra la falsedad de una teoría científica, pero reduce muy poco la utilidad de una teoría personal que se ha aplicado con eficacia en muchas ocasiones anteriores. Como ha mostrado Carretero (1984) los adolescentes que encuentran un dato contrario a sus teorías recurren a veces a la idea popular según la cual “la excepción confirma la regla”, manteniendo intacta su teoría a pesar de los datos contrarios.

Esta tendencia a la verificación o mantenimiento de las propias ideas tiene una función importante en los procesos de cambio de esas ideas. Si pretendemos que los alumnos comprendan, al menos en parte, las teorías científicas, deberemos intentar que modifiquen sus teorías implícitas y se acerquen progresivamente a las teorías científicas, a través de un proceso de cambio conceptual.

Junto a las características que venimos señalando, existe otra importante diferencia entre las teorías personales y las teorías científicas. Las teorías implícitas están, con cierta frecuencia, compuestas de ideas poco conectadas entre sí, lo que las diferencia del conocimiento científico del experto. A diferencia de lo que sucede con las teorías personales o implícitas, el científico no reflexiona tanto sobre los objetos como sobre sus teorías sobre los objetos. El científico no busca tanto, (o al menos sólo) predecir la conducta de los objetos cuanto establecer modelos conceptuales más precisos. Para ello se ve obligado a recurrir a esquemas o modelos causales que van más allá de aquellas simples reglas de inferencia causal que veíamos en el apartado anterior. Dicho de otra manera, las teorías científicas se basan en estructuras conceptuales diferentes de las que poseen las teorías implícitas de los alumnos.

2.2.5. ¿Cómo conocerlas?

Hay diversas técnicas de investigación para conocer las ideas alternativas, aunque no todas son igual de factibles para su utilización en el aula, por su complejidad y el tiempo que precisa su ejecución. Teniendo en cuenta que lo que queremos es conocer lo que sabe el alumno sobre un determinado concepto antes de empezar las actividades de enseñanza-aprendizaje, nos referiremos solamente a aquellas técnicas factibles de utilización en el aula y las consideraremos como unas actividades de aprendizaje iniciales. Estas actividades no se tienen que confundir con las pruebas de nivel que realizan algunos profesores al iniciar el curso.

Las técnicas más utilizadas para el conocimiento de las preconcepciones son las siguientes:

✓ El coloquio. Es tal vez el más fácil de utilizar en clase y muy efectivo. Los coloquios se pueden realizar con toda la clase o en pequeño grupo (cuatro o cinco alumnos). Es importante que la discusión se lleve a cabo en un ambiente libre, siendo importante el papel del profesor como animador, sin emitir juicios y

animando a los alumnos a opinar.

✓ El torbellino de ideas. Es una técnica igual de efectiva que la anterior, pero con la ventaja de que permite saber un gran número de ideas en muy poco tiempo. Se plantea una o más preguntas al empezar el tema.

✓ Posters. Es importante tener constancia de las respuestas que dan los alumnos para que una vez finalizadas las actividades encaminadas al aprendizaje del concepto, podamos comparar si las ideas han cambiado. Una solución es la utilización de posters en los que se escriben o dibujan las diferentes respuestas. Los posters generalmente se realizan por grupos de cuatro a cinco alumnos.

✓ Dibujos. En determinados temas de la Física una de las técnicas más recomendada es la libre expresión de los alumnos mediante dibujos.

✓ Cuestionarios. Otra manera de detectar las preconcepciones en clase es mediante cuestionarios. Esta técnica tiene la ventaja de que se conocen las ideas a título individual y que, por tanto, se consiguen un gran número de respuestas. Las que consumen menos tiempo y por tanto las más adecuadas, son las preguntas cerradas. Son de este tipo las cuestiones:

- a) De elección múltiple, en las que se da a los alumnos un enunciado o una representación gráfica o simbólica y se les pide que elijan entre varias respuestas prefijadas.
- b) Las de emparejamiento.
- c) Las de verdadero y falso.

✓ Mapas conceptuales. (Novak, 1988 b). Es una de las técnicas que sirve no solamente para detectar las ideas previas de los alumnos, sino que tiene otras muchas utilidades (como ya se verá en el capítulo 3). La gran desventaja consiste en que para su realización se necesita un período de aprendizaje por parte de quien va a confeccionar los mapas.

2.2.6. ¿Qué estrategias pueden seguirse para lograr el cambio conceptual?

En los apartados anteriores se ha hecho un análisis de las que creemos pueden ser las causas de las ideas alternativas con las que los alumnos llegan a la instrucción, cuya característica es que son muy persistentes, incluso después de la instrucción.

Conocer las ideas previas de los alumnos es el punto de partida necesario, y diseñar la instrucción para que estas ideas se desarrollen y se cambien por las científicamente aceptadas, es el trabajo del profesor. Este cambio es lo que se denomina cambio conceptual.

Así pues, en un mismo alumno pueden coexistir dos tipos distintos de conocimiento sobre un mismo fenómeno: el académico (más formal y científico) y el personal (informal, implícito pero bastante predictivo). Entender el aprendizaje como un proceso de cambio conceptual supone confrontar, explícita y deliberadamente, ambos tipos de conocimiento a través de técnicas y recursos didácticos.

De acuerdo con Posner (Posner y col., 1982), cuatro son los efectos psicológicos que debemos provocar en el alumno a lo largo de la instrucción para promover el cambio conceptual:

- ✓ Explicitación por parte del alumno de sus ideas.
- ✓ Insatisfacción por parte del alumno respecto a las concepciones existentes (conflicto conceptual).
- ✓ Una alternativa inteligible que permita una nueva construcción del conocimiento.
- ✓ Una alternativa que encaje con otros conocimientos del alumno.

Hewson (1981) señala que en muchos casos las ideas de los estudiantes no son cambiadas, sino que evolucionan o se amplían a lo largo de la escolarización hasta llegar a ser coherentes con la Ciencia escolar. Por esta razón, Hewson

propone ampliar el modelo de cambio conceptual en el caso de que la idea alternativa y la nueva no sean irreconciliables.

Por tanto, el aprendizaje significativo partiendo de las ideas de los estudiantes puede producirse de varias formas:

- ✓ Por medio de estrategias que Hewson llama de intercambio, si las ideas alternativas y las nuevas son irreconciliables.

- ✓ Por medio de estrategias de integración, es decir, mediante la ampliación y la diferenciación de las ideas previas. Esto supone una reconciliación con la idea antigua, bien integrándolas ambas o incluyendo la primera en la segunda.

- ✓ Para Hewson (1989), el modelo de aprendizaje como cambio conceptual pretende incluir tanto la integración como la modificación sustancial de las ideas (intercambio).

Toda esta transformación o cambio conceptual requiere, sobre todo, la facilitación de conflictos cognitivos a lo largo del proceso de instrucción. Conseguimos provocar un conflicto cognitivo en el momento en el que el alumno comprueba que su teoría previa lleva a predicciones que no se cumplen. Ahora bien, la condición más importante para que este conflicto genere un auténtico cambio conceptual es que, al mismo tiempo, el alumno tome conciencia de sus anteriores ideas y reflexione sobre los fenómenos en que están implicadas cada una de ellas. Por eso, la verdadera responsabilidad de la evaluación procesual del profesor se centra en averiguar si el alumno ha llegado a esa toma de conciencia y, en caso contrario, qué ayuda requiere para mejorar su capacidad de reflexión en dos importantes momentos (Pozo, 1989):

- ✓ Al producirse un conflicto factual entre las ideas previas y los datos observables a partir de un fenómeno físico o social.

- ✓ Al producirse posteriormente un conflicto conceptual entre los conceptos o teorías previas que supuestamente explicaban aquellos fenómenos y los conceptos y teorías alternativas que pretendemos que aprendan.

Sólo mediante la evaluación de estos dos momentos del proceso de cambio conceptual el profesor se encontrará en disposición de poder plantear nuevos conflictos susceptibles de perturbar la estructura cognitiva de cada alumno, y de mediar las inferencias que realizan hasta “reestructurar” su teoría.

En síntesis, y en conexión con lo expuesto anteriormente, afrontar la influencia de las teorías implícitas en la instrucción requiere tener en cuenta las siguientes orientaciones didácticas para el diseño de la secuencia elaborativa:

- ✓ Facilitar la percepción selectiva de los rasgos esenciales que se dan en los fenómenos físicos, así como la formación de modelos mentales, adaptados a las posibilidades de comprensión del alumno.

- ✓ Promover, jerarquizar y potenciar el conocimiento experiencial (base de datos experienciales) que vayan a dar significado al conocimiento científico.

- ✓ Ofrecer un mínimo contexto de descubrimiento, que motive al alumno, mediante el planteamiento de cuestiones que más adelante deberán ser resueltas a través de los objetivos y actividades de la secuencia elaborativa.

- ✓ Jerarquizar la construcción del conocimiento científico, acomodándose a los hechos desde la definición de cada uno de los elementos del modelo teórico, pasando por las distintas fases de la formación de los conceptos, hasta llegar al establecimiento de los principios causales y los legales (estos últimos, si los hubiera) de la teoría física que se está estudiando.

- ✓ Tener en cuenta la influencia de las teorías implícitas en la construcción de las teorías oficiales y facilitar en lo posible el cambio conceptual de unas a otras.

- ✓ No transmitir la idea de que la existencia de estas preconcepciones es cuestión de una mayor o menor inteligencia, ni, por supuesto, ridiculizarlas.

Se debe insistir en que la intervención específica sobre las teorías implícitas es, además de cognitivamente necesaria, una de las opciones más motivadoras para los alumnos. El compromiso que toda persona tiene con sus propios esquemas de conocimiento operativos le implica rápidamente en una

experiencia para ella sugestiva y le permite un acercamiento a los contenidos del tema que se está tratando.

El profesor cuenta con diferentes técnicas para evaluar la existencia y configuración de las teorías implícitas, como se ha visto en el apartado anterior, aunque no todas son igual de eficaces para su utilización en el aula, por su complejidad y el tiempo que precisa su ejecución. En trabajos anteriores nos hemos ocupado de analizar la utilidad de algunas de ellas en varias ramas de la Física, especialmente los mapas conceptuales (Suárez y col.; 1989, Peña y col., 1989; Gil, 1999) y los cuestionarios (Calvo y col., 1992a,b; Montanero, Pérez y Suero, 1995; Montanero y col, 2002; Solano y col., 2002, Gil y col., 2003, entre otros). El cuestionario tiene la ventaja de que permite un análisis cuantitativo de gran interés a partir de las respuestas. Se trata de preguntas cerradas de elección múltiple, en las que se da a los alumnos un enunciado o una representación gráfica o simbólica y se les pide que elijan entre varias respuestas prefijadas. Unos ejemplos de la utilización de esta técnica pueden consultarse en los capítulos cuarto y séptimo de esta memoria.

Si utilizamos actividades de lápiz y papel tenemos dos opciones para desarrollar en el aula: trabajo individual de los alumnos que culmina en una puesta en común de todo el grupo, o bien, trabajos en pequeños grupos (de 4 alumnos, por ejemplo). Cada grupo discute (se debe dar gran importancia al debate dentro del grupo, como afirman Cordero, Colinvaux y Dumrauf, 2002) y acuerda la respuesta (se debe terminar también en una puesta en común del gran grupo).

El profesor debe valorar si es conveniente desvelar todas o algunas de las respuestas correctas o, por el contrario, es más útil, didácticamente, dejar la solución verdadera para ir dándola a lo largo del desarrollo posterior de los contenidos de la Unidad Didáctica (aspecto que, hábilmente utilizado, puede incrementar la motivación en el alumno). De cualquier forma, en la puesta en común el profesor debe formular explícitamente las teorías implícitas que hayan reflejado los alumnos a través de sus respuestas. Sólo así conseguiremos

promover también con nuestra secuencia elaborativa un auténtico cambio conceptual.

Capítulo 3

Los fenómenos físicos como contenido organizador. Mapas tridimensionales

3.1. Relevancia de la percepción de los fenómenos para el aprendizaje de la Física.

Al final del capítulo 1 se enumeraban los tres aspectos fundamentales a tener en cuenta en la aplicación de la Teoría de la Elaboración. El primero de ellos considera la primacía que deben adquirir los fenómenos en el desarrollo del epítome, dada la relevancia de la percepción en el aprendizaje de la Física. Dado el interés que para nuestro trabajo tiene este punto, vamos a tratarlo con más detalle.

Según Flavell (1984), la percepción, “es el proceso mediante el cual obtenemos información de primera mano sobre el mundo que nos rodea [...]”

supone una respuesta discriminativa, selectiva, a los estímulos del entorno inmediato”.

Dejando a un lado las consideraciones sobre el origen psicológico de la percepción, es conveniente referirse a dos enfoques a la hora de analizar los cambios cognitivos que produce en el sujeto el hecho perceptivo (Pérez y col 1998 a; Montanero y col., 1999):

a) Aspectos descriptivos.

La práctica del proceso perceptivo proporcionará al sujeto dos adquisiciones fundamentales: la sensibilidad perceptiva a un estímulo determinado que le permita discriminar unos rasgos informativos de otros y, lo que más nos interesa, la capacidad de captar aspectos que se mantienen invariantes en el objeto percibido.

Es decir, según esta teoría, se pueden detectar perceptivamente la estructura del mundo que nos rodea, proporcionándonos esta observación una información física, de primera mano, enormemente rica e insustituible.

b) Aspectos explicativos.

El desarrollo de la percepción se explica como parte integrante del propio desarrollo psicoevolutivo. Posee por tanto una base enteramente cognitiva que se manifiesta mediante tres procesos:

- La abstracción de rasgos y relaciones invariantes.
- La filtración de los otros rasgos secundarios o irrelevantes.
- La utilización correctamente dirigida, de los mecanismos de atención a los rasgos importantes que ofrezca el objeto percibido.

Si se aplica lo dicho anteriormente sobre los distintos aspectos de la percepción al ámbito del aprendizaje de la Física, se podría admitir, a modo de conclusión práctica, la necesidad de tener en cuenta, en la elaboración de una secuencia instruccional, la forma de potenciar en el alumno una percepción selectiva que le ayude a captar los rasgos y las relaciones invariantes que se dan

en los fenómenos físicos, las cuales serán la base para dar una explicación causal de los mismos.

La importancia que tiene la percepción en los hechos físicos es defendida entre otros por Osborne y Wittrock en la exposición que hacen de su Modelo de Aprendizaje Generativo (Osborne y Wittrock, 1985, p. 64): “la fundamental premisa del aprendizaje generativo es que el sujeto tiende a generar percepciones y significados que sean consistentes con sus aprendizajes previos [...]. La construcción de significados requiere un esfuerzo por parte de los alumnos, y los enlaces deben ser generados entre el estímulo y la información almacenada”.

En este modelo se hace específicamente hincapié en lo primordial que es la información adquirida a través de la percepción de los hechos físicos y cómo está dirigida por las ideas previas que posee el sujeto. Algunos de los postulados del modelo, así como los ejemplos a los que los mismos autores los aplican, enriquecen nuestro punto de vista:

- a) “Las ideas existentes en los estudiantes influyen en qué uso harán de sus sentidos y de qué manera la inteligencia podrá activamente seleccionar los “imputs” sensoriales” (Flavell, 1984, p.64). Cuando a un alumno se le dice que observe las fuerzas que intervienen en un fenómeno dinámico, si el alumno (guiado por sus teorías espontáneas) confunde las fuerzas con los ímpetus, no mirará para las interacciones.
- b) “El alumno genera enlaces entre el “imput” seleccionado y parte de su memoria almacenada.” (Flavell, 1984, p.65). Por ejemplo, un estudiante no familiarizado con la Física es improbable que genere enlaces para la idea de la gravedad que está actuando sobre la bola que rueda cuesta abajo, cuando oye al profesor decir que actúa una fuerza. El alumno enlazará esta idea no con el concepto de fuerza, sino con el de “imput” sensorial de alguna experiencia específica que él haya sentido cuando caía por una cuesta.

c) “El estudiante usa los enlaces generados y los “inputs” sensoriales para construir activamente los significados”. (Flavell, 1984; p.65). La consecuencia de los dos postulados anteriores en el aprendizaje de los alumnos la expresan los autores en este tercer postulado y su consiguiente ejemplo de aplicación; del “input” oído al profesor, existe una bola rodando cuesta abajo, y de la experiencia específica almacenada en su memoria, genera un enlace sobre el cual construye el significado de la nueva idea. Pero nuestro estudiante no físico muy probablemente no podrá extraer de aquí la idea de una fuerza gravitatoria actuando sobre el cuerpo, sino que puede pensar en la fuerza como si fuera un impulso del suelo duro o como una fuerza interior que posee el cuerpo en virtud de su velocidad.

Osborne y Wittrock, en el último caso, nos llevan de nuevo al problema de la génesis de las teorías implícitas y de su influencia en el aprendizaje de la Física.

Aunque la Teoría de la Elaboración concede gran importancia a los hechos y considera que, en cualquier materia, el conocimiento experiencial constituye una estructura de conocimiento a tener en cuenta a la hora de elaborar una secuencia de instrucción, en el caso del aprendizaje de la Física la dependencia de los hechos es definitiva, ya que “en ciencia nos interesan las condiciones que definen las relaciones causales, esto es, relaciones de hechos, más que relaciones lógicas”. (Theobald, 1978; p.98)

Ni en la descripción de la Teoría de la Elaboración, ni tampoco en la aplicación que de ella hace Reigeluth (Reigeluth, 1987), se observan prescripciones que vayan encaminadas a promover, potenciar y jerarquizar el conocimiento experiencial y tampoco a desarrollar, dirigir y organizar la percepción de los hechos físicos. La detallada lección ilustrativa de la Óptica que Reigeluth expone es una secuencia de instrucción que está basada en una estructura de principios (leyes físicas como movimiento rectilíneo de la luz, reflexión, refracción, absorción), en el que, con gran acierto, se analizan las

dimensiones tanto de lo simple a lo complejo como de lo concreto a lo abstracto, pero en la que, por una parte, no se aprecia ni una clara jerarquización de los hechos físicos ni, asimismo, una atención preferente dirigida a organizar en los alumnos la percepción de los “inputs”, y, por otra, se percibe una reiterativa y monótona repetición de los principios a lo largo de toda la secuencia, en la que le faltaría una referencia (motivadora para el estudiante), a un contexto de descubrimiento (Brown, 1984) que una buena sistematización de hechos físicos podría proporcionar.

3.2. Mapas de fenómenos y mapas tridimensionales.

3.2.1. Mapas conceptuales.

Los conceptos son generalizaciones extraídas de observaciones sistemáticas y describen la regularidad o relación de un grupo de hechos. Su origen y naturaleza han preocupado a los filósofos desde la más lejana antigüedad, y sigue preocupando a educadores y psicólogos. Así, para Platón los conceptos existen realmente en un mundo inteligible, superior al mundo que muestra los sentidos; mientras que para Aristóteles los conceptos se forman en el espíritu a partir de la observación de las cosas. Por su parte Kant, en una especie de pensamiento-síntesis de las ideas de los dos grandes pensadores griegos, distingue entre “conceptos a priori”, obtenidos del espíritu mismo y “conceptos a posteriori”, obtenidos de la experiencia. Pavlov, desde una postura materialista, considera al concepto como el producto más elevado del cerebro humano y cree que se forma como respuesta a un conjunto de estímulos.

Los conceptos son los elementos esenciales con los que operamos mentalmente. Cuando no logramos entenderlos y organizarlos en nuestro cerebro, el pensamiento no actúa, permanece bloqueado. Por ello, cuanto mayor es el número de conceptos que posee una persona y cuanto mejor relacionados estén entre sí en su estructura mental, más capacidad tendrá para resolver problemas y para generar nuevos conceptos (Suárez y col., 1989).

Cuando la nueva información que va recibiendo el individuo se logra encajar en algún lugar de su estructura cognitiva, enlazándose con claridad con algún o algunos de los conceptos ya existentes en su mente, esta persona realiza lo que se denomina aprendizaje significativo. Por el contrario, si se adquiere la nueva formación sin relacionarla con los conceptos ya poseídos por el sujeto, el aprendizaje es memorístico (Peña y col., 1989).

Numerosos conceptos físicos no son bien asimilados por los estudiantes.

Existen diversas razones para explicar este problema:

1. El profesor no tiene en cuenta cuál es la estructura cognitiva del alumno (Novak, 1982).
2. Ofrece al estudiante un esquema de trabajo en el que aparecen nuevas informaciones ajenas a su propio esquema conceptual (Driver, 1988).
3. En ocasiones, las actividades propuestas se encuentran muy lejos del ámbito social e intelectual del alumno (Novak, 1982).

Son numerosos los investigadores que trabajan en la búsqueda de alternativas didácticas que conduzcan al cambio conceptual en los estudiantes. Entre ellos destaca, como se ha señalado, Ausubel (1976), quien con mayor énfasis ha insistido en que la estructura cognitiva de cada persona viene representada por un sistema de conceptos organizados jerárquicamente, siendo estos conceptos representaciones que el individuo forma a partir de su experiencia sensorial previa. Esta estructura es, además, flexible. A medida que tenemos nuevas experiencias y acceso a más información, los nuevos conocimientos se relacionan con los conceptos ya existentes dando lugar a una variación de éstos, bien porque los viejos conceptos amplían su significación, bien porque se modifican para poder interpretar los nuevos hechos. Se trata de la Teoría de Asimilación del Aprendizaje Cognitivo, que propone como estrategia didáctica la elaboración de **mapas conceptuales** para conseguir un aprendizaje significativo frente al memorístico (Novak, 1982).

El mapa conceptual se puede definir como: “un procedimiento gráfico para explicitar nuestro conocimiento sobre conceptos y relaciones entre los mismos en forma de proposiciones verbales” (Novak y Gowin, 1988).

3.2.1.1. Características.

El conocimiento que se va construyendo sobre un área de contenidos determinada debe conformarse como un sistema de conceptos progresivamente más rico y coherente.

Los mapas conceptuales representan gráficamente, en forma de proposiciones, las relaciones significativas entre conceptos. Su estructura mínima contiene dos términos conectados mediante una partícula de enlace formando una proposición correcta. Tan importante como los conceptos son las palabras que los relacionan (Peña y col., 1989; Suárez y col., 1989).

La representación se realiza en dos dimensiones:

a) Vertical, en la que aparece una transición de lo general a lo específico. Los conceptos más generales e inclusivos se localizan en la parte superior del mapa, y como el alumno lo recorre de arriba hacia abajo, va encontrando cada vez conceptos más específicos y concretos, más subordinados, hasta los mismos ejemplos.

b) Horizontal, en la que se establecen relaciones entre conceptos del mismo nivel de generalidad, así como conexiones transversales entre diferentes ramas conceptuales.

Se deduce que una propiedad básica de los mapas conceptuales es su carácter jerárquico, diferenciándose así de los cuadros sinópticos y de los diagramas de flujo, ya que éstos, aunque relacionan conceptos entre sí, no establecen jerarquías entre ellos, ni requieren proposiciones de conexión (Peña y col., 1989).

Según Novak (1979), constituyen herramientas muy útiles para representar a un conjunto de conceptos que se relacionan entre sí, y son esquemas de apoyo de mucho interés para lograr un aprendizaje significativo porque:

- ✓ Hacen de puente cognitivo entre lo que el alumno ya sabe y la nueva información a aprender.
- ✓ Presentan lo que se quiere enseñar con una ordenación jerárquica pertinente.
- ✓ Establecen conexiones entre los conceptos que favorecen la longevidad de lo aprendido.

3.2.1.2. Elaboración.

Novak y Gowin (1988) han señalado los aspectos fundamentales a tener en cuenta para la elaboración de mapas conceptuales:

✓ La primera etapa consiste en identificar el mayor número de conceptos científicos relevantes relacionados con la información que se quiere aprender o enseñar. Se irá elaborando una lista en la que aparezcan, además de los conceptos, las leyes, los teoremas y las aplicaciones relacionadas con el tema tratado. Esta etapa es siempre crítica, por estar sujeta al punto de vista o los conocimientos que tenga sobre el tema la persona que construye el mapa. Se recomienda elegir una lista de entre 10 y 20 conceptos más significativos sobre el área que se trate. No debe haber más de 20 conceptos en un mapa, a favor de la claridad, de la motivación a leerlo y de la información que puede proporcionar con un golpe de vista.

✓ La segunda etapa consiste en ordenar los conceptos, jerarquizándolos desde el más general o inclusivo hasta los más específicos. En esta ordenación va a influir la secuencia en que se hayan ido introduciendo los diferentes conceptos, o se haya organizado la materia, los errores conceptuales habituales, etc.

✓ La tercera etapa consiste en encontrar las relaciones entre los conceptos utilizando una serie de palabras que actúen de enlace. De este modo se van formando proposiciones científicas a través de un conjunto de rutas señaladas sobre el mapa que se va generando.

En un primer intento, los mapas conceptuales suelen tener escasa simetría o algún concepto que se relaciona con varios no se coloca en el lugar más conveniente. Por este motivo, lo normal es tener que reconstruir el mapa conceptual hasta conseguir una representación clara y correcta de las proposiciones científicas contenidas en el mismo (Suárez y col., 1989). Es decir, el mapa resultante debe ser visualmente eficaz, en el sentido que muestre los detalles de los conceptos y sus relaciones de la forma más simple, clara y evidente posible.

A veces, con el propósito de facilitar la funcionalidad del mapa, se escribe junto con el nombre del concepto su símbolo y su expresión matemática, cuando la hay.

3.2.1.3. Uso.

La propuesta de Novak referente a los mapas conceptuales ha tenido gran aceptación en todos los niveles educativos desde la Educación Infantil (Pérez y Talladellas, 1996) hasta la enseñanza universitaria (Peña y col., 1989; Horton 1992; Costamagna, 2001); pero especialmente en Primaria y en prácticamente todas las áreas de contenido de la Educación Secundaria, y particularmente en la Enseñanza de las Ciencias Naturales, como por ejemplo la Física (Rubio y col., 1992; Braam, 1991; López Rupérez, 1991...), la Química (Hand y Treagust, 1991; Stensvold y Wilson, 1990; Camacho, 1989...), la Biología o la Geología (García Zaforas, 1991; Banet y Nuñez, 1990; Boschhuizen, 1988; Hoz y col., 1987...)

Los mapas conceptuales son, por tanto, un potente instrumento que facilita el análisis interno de un determinado contenido, explicitando sus relaciones lógicas y sus niveles de complejidad para diferentes propósitos. En otros trabajos (Pérez y col., 1998a) se han justificado ya la extraordinaria divulgación de los mapas conceptuales en todos los niveles educativos, en cuanto a tres grandes aplicaciones como estrategia de aprendizaje, como estrategia de evaluación procesual y, sobre todo, como estrategia para facilitar y operativizar el análisis de la estructura lógica del contenido de enseñanza que el profesor debe realizar de cara al diseño de una unidad didáctica (lo que se llama **mapa de experto**).

1. Como estrategia de aprendizaje, los mapas conceptuales facilitan la síntesis de información de un determinado contenido, de manera que han sido muy difundidos como técnica de estudio (Ontoria y col., 1992) que facilita la jerarquización semántica de las ideas más importantes extraídas de un texto expositivo, así como la especificación de las relaciones de pertenencia, definición, causalidad, argumentación, etc., entre conceptos. Además de estrategia que facilita la lectura comprensiva y activa por parte de los alumnos, su indiscutible

potencialidad icónica y holográfica no sólo favorece los procesos de recuperación de la información, sino que lo convierten incluso, para algunos autores, en un instrumento de especial interés para el aprovechamiento de los dos hemisferios cerebrales (Hdez. Pina, 1992).

2. El mapa conceptual, como estrategia de evaluación procesual, puede ser utilizado como instrumento de evaluación inicial, formativa y final de los aprendizajes de los alumnos (Moreira y Novak, 1988), ya sea para detectar los conocimientos previos, teorías implícitas o errores conceptuales de los alumnos (Novak, 1988b; Wallace y Mintzes, 1990; Ontoria y col., 1992), como para visualizar paso a paso el proceso del aprendizaje significativo (González y Jáuregui, 1992; González e Iraizoz, 2001) y, de esa manera, incidir más específicamente sobre él.

Pérez (Pérez y col., 1998a), basándose en la teoría cognitiva del aprendizaje significativo, considera que los criterios básicos de la evaluación mediante los mapas conceptuales son:

✓ El primer criterio implica poder evaluar la cantidad y calidad de las relaciones jerárquicas que el alumno ha sido capaz de elaborar, comparándolo con un mapa-modelo que confeccionemos, como criterio previo, a partir de la estructura lógica del contenido.

✓ El segundo de ellos permite cuantificar el número de niveles de la jerarquía. Si el alumno representa muchos niveles es probable que haya realizado un proceso profundo de diferenciación progresiva, utilizando adecuadamente estrategias de subordinación y supraordinación. Por el contrario, los mapas excesivamente horizontales suelen revelar una clara dificultad para emplear estrategias semánticas de alto nivel.

✓ En último lugar, se pueden evaluar la cantidad de nexos transversales que representan la integración de diferentes ramas de conceptos. En este caso, esta cuantificación nos permite valorar hasta qué punto el alumno es capaz de realizar procesos de síntesis, con estrategias de aprendizaje supraordinado y combinatorio.

La evaluación puede hacerse teniendo en cuenta tres tipos de actividades, según el momento del proceso de enseñanza-aprendizaje. Si el alumno necesita una mayor mediación para organizar el conocimiento puede ser interesante utilizar mapas conceptuales previamente elaborados por el profesor pero con los huecos pertinentes para completar los conceptos y relaciones que falten. En momentos posteriores se le puede proporcionar varios conceptos de un determinado contenido y pedirle que construya un mapa completo. La evaluación final, aunque también procesual, una vez que se ha adquirido una suficiente soltura en el empleo de la técnica, puede plantearse a partir de un solo concepto clave, para que el alumno construya un mapa con el resto de los conceptos que sea capaz de asociar al mismo.

3. Si inicialmente los mapas conceptuales se utilizaron fundamentalmente para el aprendizaje de los alumnos, cada vez son más los trabajos que defienden la utilización de los mapas conceptuales como instrumentos de diagnóstico e intervención para el profesor (Mellado y col., 2002). Esta aplicación didáctica, que presenta el mapa conceptual, se puede concretar en su utilidad como estrategia para facilitar y operativizar el análisis de la estructura lógica (Pérez y col., 1998b, c, d, e) de un contenido de enseñanza que el profesor debe realizar de cara al diseño de una unidad didáctica. Una de las aportaciones más interesantes de la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1976) a la planificación didáctica, se resume en que el profesor debe realizar previamente un análisis sistemático de las relaciones lógicas entre los contenidos científicos que conforman la materia. La utilización para este fin de una estrategia de representación como el mapa conceptual nos aporta tres soportes fundamentales en el proceso de reflexión colaborativa del docente:

- ✓ En primer lugar permite confrontar visualmente la organización de los contenidos de la materia, de modo que se aprecian con más claridad las posibles lagunas y relaciones epistemológicas menos consistentes, que puedan restarle potencialidad significativa.

- ✓ Por otro lado, facilita una organización jerárquica, que marca los

posibles caminos didácticos que el profesor puede seguir desde los conceptos más generales hasta los más específicos; y, sobre todo,

✓ en tercer lugar, fomenta el diálogo, se convierte en una herramienta de trabajo en equipo (Roth y Roychoudhury, 1994), que permite confrontar los contenidos semánticos explícitos o implícitos sobre los que cada uno organiza la materia.

Este último criterio es, quizás, el más importante (Pérez y col., 1999b, 2000) ya que promueve actitudes y estrategias de reflexión colaborativa en el profesorado. Una vez que se domina la técnica del mapa, su elaboración se convierte en un puzzle de conceptos donde cada uno puede apreciar sus lagunas y sus puntos de vista erróneos al poder confrontarlo con el de los compañeros, también especialistas en la materia. La planificación pedagógica sólo es verdaderamente fructífera cuando se lleva a cabo mediante estrategias que faciliten la reflexión colaborativa del profesorado, en el marco del trabajo de los departamentos y los equipos docentes. El mapa conceptual como estrategia de diseño didáctico se ha convertido, en definitiva, en una de las herramientas pedagógicas más útiles para la práctica docente: Permite que los alumnos y docentes puedan ordenar los contenidos que van a trabajar, aumentando así su nivel de significatividad, pero, lo más importante, nos ayudan a comprender nuestros propios procesos de pensamiento, haciendo posible que nos acerquemos al objetivo del metaaprendizaje, es decir, aprender a aprender, enseñando a pensar.

3.2.2. Mapas tridimensionales.

Aunque el mapa conceptual tiene una gran aplicación didáctica, tiene también ciertas limitaciones, pues todavía es un instrumento mejorable de cara a su aplicación para el análisis de contenido en el diseño didáctico. Estas limitaciones se hacen patentes desde el momento en que se pretende utilizar el mapa conceptual como herramientas de representación del epítome y la secuencia elaborativa (Pérez y col., 1999a). Es muy importante que el profesor otorgue una

relevancia tal a los fenómenos físicos que lleguen a constituirse en el eje que vertebré todo el proceso de aprendizaje, de forma que los demás se engarcen como contenidos de apoyo del mismo. La toma de decisiones sobre el contenido organizador supone un primer obstáculo para la utilización didáctica del mapa conceptual como tal. Resulta muy enriquecedor que el profesor de Física haga una distinción previa entre la representación de los conceptos que organizan la materia y la de los principios que vertebran a todos los anteriores. Este laborioso análisis de contenido no es en modo alguno gratuito. Desgranar los principios de los conceptos propiamente dichos constituye el prerrequisito metodológico fundamental para después construir un epítome con ayuda de un nuevo tipo de mapa: el mapa de fenómenos. En realidad, no se debería hablar tanto de mapas de conceptos en general como de mapas de experto (Pérez y col., 1999a) de muy diferente tipo, en función de la demanda de cada tarea.

Es necesario organizar la secuencia de aprendizaje en diversos niveles de elaboración, ya que cada una de las fases de acercamiento del zoom al contenido específico de la materia supone pues un nivel mayor de elaboración de aquel epítome inicial. Es en este punto donde se puede incorporar un nuevo recurso que amplifique la utilidad de los mapas de experto: se trata de lo que Pérez (Pérez y col., 1999b, 2000) denomina **tridimensionalidad**.

Como se ha indicado, el mapa conceptual sintetiza el contenido en función de dos dimensiones:

- a) una vertical, correspondiente a las relaciones de pertenencia semántica entre cada concepto y otros más generales a los que se subordina,
- b) y otra horizontal, que permite visualizar aquellos que se relacionan en un mismo nivel jerárquico.

El **mapa tridimensional**, sin embargo, es un mapa de experto que facilita la representación en un tercer vector: la profundidad de los contenidos, es decir, los diferentes niveles de elaboración que se pueden establecer en la secuencia elaborativa.

Para establecer las relaciones, tanto vertical como horizontal, se utilizan dos tipos de enlaces: en primer lugar, las tradicionales líneas (etiquetadas proposicionalmente) que unen los diferentes contenidos entre sí (enmarcados generalmente en rectángulos o elipses) y que son el soporte de la dimensión vertical y horizontal, antes mencionada; y, en segundo lugar, algunos de esos mismos contenidos (cuyos marcos aparecen además sombreados), que se convierten en un enlace de profundidad que conecta con otro mapa.

La aplicación didáctica más importante de los mapas tridimensionales se debe fundamentalmente a un soporte informático. En nuestro caso, y como se verá en el capítulo 6, hemos utilizado el programa FlowCharter (versión 6.0) para ordenadores PC compatibles. El mapa tridimensional es en realidad un hipermapa que permite al usuario simular y recorrer libremente los caminos de subordinación y supraordinación a lo largo de un sistema conceptual jerarquizado (Pérez y col., 1999b, 2000).

Las posibilidades de utilización de los mapas de experto tridimensionales son una nueva herramienta didáctica que facilita, no sólo la representación de la estructura lógica de una materia, sino también la simulación de secuencias de enseñanza-aprendizaje desde la Teoría de la Elaboración (Pérez y col., 1998b,c,d,e, 1999b). En cada mapa tridimensional los contenidos fundamentales del epítome, que aparecen sombreados en un primer mapa, sirven de nódulo de enlace con un segundo mapa que reorganiza y desarrolla los mismos contenidos en sucesivos niveles de elaboración.

Teniendo en cuenta el enfoque de Ausubel vemos que esta sencilla modificación soslaya otra de las principales limitaciones cuando se aplican los mapas conceptuales. Parece discutible que un mismo instrumento, el mapa conceptual, sirva para representar, tanto la estructura lógica de la materia como la jerarquía conceptual de la misma. La propia acepción de estructura lógica tiene un carácter epistemológico y, sobre todo, estático, como análisis previo del profesor o como estado final de los conocimientos que se pretende que el alumno construya. La jerarquía conceptual, sin embargo, tiene una connotación dinámica;

de manera que la técnica de representación más adecuada debería permitir visualizar de alguna forma la secuencia de aprendizaje, de acuerdo con los sucesivos estados de diferenciación progresiva de la estructura psicológica del alumno. Los mapas tridimensionales operativizan estas continuas subidas y bajadas y se aproximan particularmente a una cierta simulación de ese proceso cíclico de zoom, a través de los diferentes niveles de elaboración a los que se refiere Reigeluth (Pérez y col., 1999b).

El mapa tridimensional puede representar una jerarquía de conceptos de lo más general a lo más detallado. La potencia del tridimensional reside en su doble capacidad de integración. Por un lado, permite jerarquizar varios mapas en niveles sucesivos de complejidad, integrando, como se ha explicado, las dos vías, ascendente y descendente, en una sola secuenciación en espiral. Por otro lado, esta versatilidad le convierte en el mapa de experto por antonomasia, dado que facilita la integración en un mismo soporte de diferentes herramientas, que vamos a necesitar para representar los contenidos del epítome y de la secuencia elaborativa en general; es decir, mapas conceptuales, mapas de principios y sobre todo, mapas de fenómenos.

3.3. El epítome como descripción y análisis inicial de los fenómenos. Estrategias didácticas.

Como ya se indicó en el capítulo 1, en la progresión de las actividades del primer epítome hasta las de los últimos niveles de elaboración se debe seguir un camino de lo concreto a lo abstracto. Sin embargo, en contra de lo que a veces se piensa, el grado de abstracción no se encuentra tanto en la idea objeto de enseñanza, como en la forma de presentarla al alumno. En el epítome inicial debemos presentar esos elementos en un claro nivel de aplicación experiencial mediante una metodología de observación y análisis de los fenómenos físicos. En los diferentes niveles de elaboración el proceso debe ir ganando abstracción a partir de la reflexión teórica, que el alumno estará ya en disposición de hacer, sobre una base pre-conceptual y fuertemente cargada de elementos activos y perceptivos que favorece su anclaje.

Uno de los saltos que la teoría de la elaboración deja sin resolver y que el docente debe realizar desde los primeros presupuestos al diseño didáctico de la secuencia de enseñanza-aprendizaje, se refiere a cómo determinar esos niveles que permiten secuenciar ese camino instruccional hacia adquisiciones con un grado mayor de abstracción.

La primera dificultad que el profesor suele encontrarse, se centra en como diseñar un epítome que además de ofrecer una visión panorámica de los contenidos fundamentales, lo haga a un nivel suficientemente experiencial y de aplicación. Como ya se ha insistido en el capítulo 1, el esquema para construir el epítome en la enseñanza de la Física debe estar dirigido a facilitar al alumno la observación y el análisis inicial de fenómenos que llevan implicados los diversos contenidos de enseñanza, teniendo en cuenta tres elementos fundamentales que aparecen en la tabla 3 (Pérez y col., 1998a) y que a continuación pasamos a explicar:

Confección del epítome	
1.	Representación del EPÍTOME (Mapa de fenómenos).
2.	Determinación de la EXPLICACIÓN CAUSAL BÁSICA (ECB).
3.	Diseño de CONTENIDOS DE APOYO Y PLANTEAMIENTO.

Tabla 3: Pasos a seguir en la confección del epítome

El mapa de fenómenos del epítome.

En realidad la primera dificultad en la práctica educativa se centra en la estructuración de los contenidos de lo más general e inclusivo a lo más específico y detallado (como proponía Ausubel, 1976), al mismo tiempo que de lo más básico a lo más complejo (como proponía Gagnè, 1970). La consideración de los fenómenos como contenido organizador nos permite operativizar la solución a esta aparente paradoja. La primera vía (de lo más general a lo más específico) viene delimitada por el mapa de fenómenos que el profesor debía construir para jerarquizar los fenómenos físicos, relativos a los contenidos a enseñar en el epítome inicial y en los diferentes niveles de elaboración.

En cuanto a la segunda, el paso de lo más básico a lo más complejo, la dificultad inicial de la teoría estriba en conjugar un índice alto de generalidad y amplitud con la facilitación de aprendizajes inicialmente poco complejos. La orientación general que debe tener en cuenta el profesor consiste en reservar el epítome, sobre todo en el primer nivel de elaboración, para que el alumno realice observaciones y descripciones concretas de los fenómenos planteados, elaborando relaciones causales que expliquen los cambios en los hechos a observar. En las últimas actividades del primer nivel y especialmente en las siguientes, de forma progresiva, se debe facilitar que el alumno se plantee relaciones (que llamaremos legales) que permiten analizar los fenómenos como estados de interacción no simplemente causal, y susceptibles de formularse matemáticamente.

La explicación causal básica (ECB) y los contenidos de apoyo y planteamiento.

En primer lugar, la causalidad se forma y se desarrolla a través de las operaciones que el alumno atribuye a los objetos. De ahí la importancia de poner en contacto al alumno, desde los primeros momentos de la secuencia instruccional, con una iniciación a la explicación causal, que va a constituir la teoría causal del sistema físico considerado, mediante el análisis del comportamiento que presentan los objetos en los fenómenos físicos, de tal manera, que aquella jerarquía en la construcción de las teorías científicas debe estar fuertemente acomodada a los hechos que conforman los fenómenos a los que ellas se refieren, aspecto no recogido suficientemente en la Teoría de la Elaboración.

Es importante que toda secuencia instruccional de Física vaya dirigida a la formación de los conceptos científicos. Para Vigostky (1979), dicha formación debe comenzar por una fase espontánea e inductiva que evoluciona de lo concreto a lo abstracto, para llegar luego a una fase científica en la que la instrucción debe proceder en sentido inverso, es decir, se parte de su relación jerárquica con las leyes que los contienen para luego ser aplicados a situaciones concretas, de tal forma que, en su estado final, “todo concepto físico [científico] forma parte, al menos, de una ley física” (Bunge, 1978).

En este sentido la exposición de Reigeluth y Stein, bien ajustada tal vez a otros campos, adolece en el caso de la Física de estar excesivamente centradas en las últimas fases (los principios) de la construcción del conocimiento científico y de no ser suficientemente adecuada a los pasos previos en la formación de los conceptos.

Se podría decir que los alumnos tienen cierta preferencia y hasta cierta necesidad de elaborar explicaciones causales en el aprendizaje. Desde el punto de vista epistemológico, no existe una clara distinción entre explicar y descubrir, ya que “la función explicativa original de un concepto y de los enunciados en donde aparece se encuentra gradualmente inmersa, hasta cierto punto, en su función

descriptiva". (Theobald, 1978, p.64).

Por todo ello es conveniente didácticamente que se busque, en un primer lugar, la explicación causal de los fenómenos físicos, aunque sea en un contexto descriptivo de los mismos. En realidad, es así, precisamente, como procede el físico.

Por ejemplo, si se considera la teoría cinética de los gases, el científico lo primero que hace como resultado de su observación es formular una hipótesis explicativa del comportamiento de los gases: trata a esos cuerpos como si fueran partículas puntuales y elásticas que se comportan como tales (con su posición, energía, masa, cantidad de movimiento, etc.), es decir, define lo que se ha llamado un sistema teórico. Pero, una vez comprobada y aceptada esta hipótesis, el sistema así definido pasa a describir aquel comportamiento y la hipótesis inicial se hace tanto más descriptiva cuanto con más éxito se consigue desarrollar, pudiendo dar lugar a enumerados legales, como es, por ejemplo, la ley de Boyle. Incluso es posible llegar a cambiar el nivel de explicación y pasar de aquella explicación heterogénea a otra homogénea, en la que se formula que los gases perfectos son los que cumplen una determinada ley ($pV = kT$), desapareciendo toda explicación causal, con lo cual la teoría pasa a ser meramente descriptiva.

Por todo ello, la estrategia didáctica que se sugiere consiste en que, una vez obtenida la representación jerarquizada de los fenómenos que constituyen los contenidos básicos del epítome, el profesor debería tratar de explicitar una ECB que subyace a los diferentes fenómenos, para poder orientar posteriormente a los alumnos hacia la inducción de un hipotético nexo causal que pueda abstraerse de las invariantes perceptivas a partir de la observación de los mismos.

Este momento es el más adecuado para que el profesor seleccionase y organizase las leyes físicas que se relacionan con la ECB, como **contenidos de planteamiento** que se van a presentar a los alumnos al final del epítome de forma todavía hipotética (sin entrar en precisiones conceptuales ni en su formulación matemática). En síntesis, las principales tareas a trabajar para el análisis inicial de los fenómenos planteados son tres:

- a) Descripción de detalles observados.
- b) Discusión de hipótesis sobre la ECB.
- c) Planteamiento inicial de leyes físicas (a partir de los contenidos de planteamiento).

Siendo el punto de referencia los contenidos de planteamiento, las actividades para el desarrollo de estas tareas de análisis de fenómenos consisten en experiencias de laboratorio y demostraciones realizadas por el profesor o mediante materiales audiovisuales, con un fuerte componente de aprendizaje por descubrir, que guían al alumno hacia la elaboración de hipótesis sobre la ECB (que en fases sucesivas se concretarán en leyes físicas).

De este modo, y teniendo en cuenta que las actividades anteriores pueden ser también de tipo cooperativo, el alumno puede desarrollar con más facilidad los procesos cognitivos de percepción y análisis que van, al mismo tiempo, a constituir la base fundamental para el anclaje de los aprendizajes posteriores. Además, el profesor puede flexiblemente introducir en cualquier momento otras tareas que estimulen en el alumno los procesos de aprendizaje significativo y el desarrollo de estrategias de pensamiento (comparación, conceptualización, transferencia, síntesis...), cuando la situación concreta lo demanda. Se pueden planificar tareas que faciliten (Pérez y col., 1998a), al mismo tiempo, una estrecha interacción profesor-alumno mediante:

- ✓ La comparación con otras experiencias análogas.
- ✓ La introducción de ciertos conceptos de apoyo, extraídos progresivamente del mapa de conceptos (y tratados sin profundidad ni excesivo rigor en cuanto a la terminología, como pre-conceptos que se retomarán posteriormente en los diferentes niveles de elaboración).
- ✓ El apunte, incluso, en ciertos momentos, de un débil esbozo del sistema teórico en el que se incardinan esos conceptos.
- ✓ La recapitulación personal y activa del alumno, al final del epítome, de todos los elementos tratados, mediante, por ejemplo, la confección por grupos de un mapa conceptual.

En último lugar, el **contenido de apoyo** hace alusión a esos conocimientos previos (fundamentalmente de carácter conceptual) de los que el alumno necesitará hacer uso para abordar las diferentes actividades. Es importante que el profesor vaya introduciendo estos contenidos progresivamente como complemento instruccional, en función de las necesidades de los alumnos y los requerimientos de la tarea.

Esta orientación, no es suficiente, por supuesto, para delimitar con precisión hasta dónde llega cada nivel. En esta toma de decisiones que debe hacer el profesor intervienen otros condicionantes no sólo relativos al contenido científico y al nivel del grupo de alumnos, sino también curriculares. De todas formas, el problema de muchos profesores de Física se centra en la enorme dificultad de considerar otros criterios que no sean los estrictamente científicos, olvidando que, en muchas ocasiones, la calidad docente no viene determinada tanto por lo que se enseña como por lo que se ha decidido no enseñar todavía (Montanero y col., 1999).

Es muy usual que los docentes tengan una cierta tendencia a la exhaustividad (tal vez procedente de una forma anterior de concebir el aprendizaje) que hace que se expliquen los contenidos agotando al máximo, desde el primer momento, todos los detalles concretos y abstractos que conforman los conceptos y las teorías. De acuerdo con la teoría vigostkiana sobre la formación de conceptos, sin embargo, la construcción de los significados por parte del alumno requiere pasar por una fase previa en la cual el concepto aún se encuentra vago o difuso. A esta fase corresponde el nivel de aprendizaje de los conceptos de apoyo. Esta nueva filosofía solicita del profesor la formación, preparación y paciencia (incluso, cierto carisma pedagógico) para que, en estos estados iniciales del aprendizaje, el alumno sólo comience a atribuir un significado superficial a los conceptos que está manejando (por ejemplo, en general, se puede decir que no es conveniente definir las unidades físicas de una magnitud nueva) y, al mismo tiempo, se sienta motivado a terminar y completar aquella atribución, siendo consciente de que es él quien construye tales significados y que el profesor es un

mediador que se lo facilita. Por lo tanto, no solamente no es malo que las ideas queden todavía sin perfilar, sino que, por el contrario, es coherente con una auténtica interpretación de la teoría constructivista del aprendizaje.

Por último y llegados a este punto, parece importante subrayar, aunque sea brevemente en el siguiente apartado, la interferencia de las teorías implícitas en la explicación causal básica.

3.4. La interferencia de las teorías implícitas en la explicación causal básica.

Una de las carencias más evidentes e importantes de la Teoría de la Elaboración es no tomar en cuenta la existencia de teorías espontáneas para el diseño de secuencias de instrucción. Quizá en otros ámbitos del conocimiento, la influencia de las teorías espontáneas que pudieran tener los sujetos es insignificante. No ocurre así en la enseñanza de la Física. Reigeluth y Stein no tienen en cuenta las importantes interferencias que las teorías implícitas producen en el proceso de aprendizaje (los prerrequisitos de los que se habla en la Teoría de la Elaboración no tienen nada que ver con las preconcepciones que estamos mencionado, sino con las estrategias de comprensión necesarias para acceder a la estructura interna de los contenidos), lo cual nos conduce al replanteamiento, una vez más, de los fenómenos físicos como requisito inicial para la elaboración de una secuencia de instrucción en la enseñanza de la Física, así como a la consideración de los sesgos inferenciales que intervienen en la observación y análisis inicial de los mismos, y más específicamente, en la elaboración de la explicación causal básica (ECB).

Este es, desde nuestro punto de vista, el enclave estratégico de la secuencia elaborativa donde las teorías implícitas ejercen una interferencia más dañina. Retomando las reflexiones epistemológicas y cognitivas que realizábamos al principio de este capítulo, debemos considerar al menos dos ámbitos que distinguen la construcción de las teorías científicas de las espontáneas: el componente semántico y sintáctico de la teoría causal y las reglas de inferencia que utiliza.

Si admitimos, como se ha comprobado en Dinámica (Montanero, Pérez y Suero, 1995) o en Estática (Montanero y col., 2002), que las preconcepciones espontáneas de los alumnos de Física conforman auténticas mini-teorías causales, debemos reconocer igualmente en ellas un doble componente semántico y sintáctico. El primero hace referencia a los pseudoconceptos, o categorías ad hoc

de carácter difuso e implícito, que los alumnos generan a partir de diferentes influencias procedentes de la actividad espontánea, la instrucción formal y los sesgos inferenciales del sujeto. Por su parte, el componente sintáctico se debe a la estructura causal inherente a dichos pseudoconceptos y que permite relacionar los elementos observados en un fenómeno. Estas relaciones pueden conformarse en torno a un sustrato estructural común en función de las variables incluidas y la dirección del nexo causal entre las mismas. Por lo general, se observa una cierta esclerotización en estructuras de tipo lineal y simple, donde el fenómeno se explica en virtud de una única causa que genera el cambio en la realidad física observada. Por el contrario, gran parte de las teorías científicas se fundamentan en un análisis de la realidad como estado definido por la interacción de sistemas. Es decir, en estructuras de carácter múltiple, que mantienen una relación recíproca o cíclica entre las variables implicadas (que puede expresarse matemáticamente en una ley).

Los mismos mecanismos inferenciales que actúan en la formación y persistencia de las teorías implícitas constituyen lógicamente el mayor obstáculo para la inducción de la ECB, a partir del análisis inicial de los fenómenos planteados en el epítome.

Capítulo 4

Determinación de teorías implícitas en Óptica

4.1. Introducción.

Sólo el 6 % de los artículos publicados de investigación en Didáctica de las Ciencias, dedicados al estudio de las dificultades de los estudiantes sobre conceptos físicos, corresponden a Óptica (Furió, 1996). En la bibliografía existente aparecen descritas sólo algunas preconcepciones referidas a la emisión y propagación de la luz (Tiberghien y col., 1980; Krapas, 1985; Watts, 1985), el color (Andersson y Kärrqvist, 1983; Feher y Meyer, 1992; Salinas y Sandoval, 1994), espejos y leyes de la reflexión (Goldberg y Mcdermott, 1983; La Rosa y col., 1984; Solbes y Zacarés, 1993), y la visión (Guesne, 1989; Shayer y Adey, 1984; Feher y Rice, 1988; Rice y Feher, 1987; Galili y Hazan, 2000; Mendoza y López-Tosado, 2000), pero ninguna de ellas ofrece un estudio completo, es decir, se limitan a tratar aspectos puramente descriptivos (a describir cuáles son estas concepciones). En este trabajo se profundiza en una dimensión más decisiva, la explicativa, es decir, se investigan las posibles leyes que son elaboradas por estas

personas para dar lugar a sus teorías implícitas.

En nuestro grupo de trabajo, se han realizado investigaciones anteriores sobre preconcepciones y errores conceptuales en Mecánica (Calvo y col., 1992b; Montanero, Pérez y Suero, 1995; Montanero y col., 2002), sobre el calor y la temperatura (Calvo y col., 1992a; Rubio y col., 1994, 1995), sobre circuitos eléctricos (Solano y col., 2002) y de forma parcial en Óptica (Suero y col., 1997; Suero y Pérez, 1999).

En este capítulo se presenta una herramienta para la detección de preconcepciones en Óptica, cuyo fin es poder evaluar la magnitud de los errores en torno a los conceptos físicos que se quieren estudiar, así como las causas que los originan y su evolución.

4.2. Puesta a punto de una herramienta diagnóstica para la detección de preconcepciones en Óptica.

4.2.1. Diseño experimental.

A la hora de diseñar la prueba consideramos dos posibilidades (de las distintas opciones que, como hemos señalado en el capítulo 2, existen), que fueran de tipo teórico o de tipo práctico. Si bien éstas últimas pruebas tienen unas ventajas, como que permiten observar al alumno en el laboratorio, apreciando su espíritu de investigación, sus reacciones ante una situación compleja, su aptitud para disponer y presentar los datos recogidos etc.; también presentan serios inconvenientes, como la falta de objetividad, interferencia de factores extraños, dificultad para organizar los grupos, falta de tiempo, etc.; lo que nos llevó a optar por las pruebas teóricas.

Una vez tomada esta decisión, se nos planteaban dos nuevas alternativas: la oral y la escrita.

En la prueba oral encontramos unas ventajas como la existencia de un “contacto” personal y directo con el alumno, o la posibilidad de pedirle una explicación a su respuesta; pero presenta notables inconvenientes, entre los que destacamos: la insuficiente objetividad y fiabilidad de los resultados, posible arbitrariedad y un coste excesivo de tiempo, sobre todo si el número de estudiantes es elevado, lo que nos hizo optar por la prueba escrita.

De nuevo, se nos ofrecían dos posibilidades: los exámenes tradicionales y las llamadas pruebas objetivas. Siguiendo a Downie (1967), los primeros presentan estas ventajas: el alumno expone sus conocimientos, ordena sus ideas y demuestra su capacidad de expresión; pero tiene como inconvenientes la dificultad para conseguir objetividad, limitación de las áreas de conocimientos que pueden ser juzgadas, así como la dificultad de puntuación; lo que nos llevó a considerar, que las pruebas más adecuadas para nuestra finalidad, eran las pruebas

teóricas objetivas, ya que presentan las siguientes ventajas :

- ✓ Aseguran objetividad y, en general, mejoran la fiabilidad y la validez.
- ✓ Los aspectos sobre los que el alumno puede ser juzgado aumentan considerablemente.
- ✓ Permiten suministrar una retroinformación tanto al estudiante como al profesor.
- ✓ La puntuación se realiza fácil y rápidamente.

Si bien, no podemos olvidar inconvenientes como que el alumno no organiza su información para contestar, no es creativo, puede intentar responder al azar y finalmente considerar que son pruebas de difícil confección.

Por todas las razones anteriormente expuestas decidimos que las preguntas fueran cerradas de opción múltiple, ya que las preguntas abiertas, además de ser difíciles de evaluar objetivamente, presentan numerosos inconvenientes a la hora de un análisis estadístico. De todas formas se pide en cada una de ellas que justifiquen la respuesta, lo que permite desvelar posibles concepciones espontáneas de los alumnos que se hubiesen pasado por alto en un principio.

Una vez elegido el tipo de prueba, se han tenido en cuenta las siguientes normas para la elaboración de las preguntas de opción múltiple:

1. Es preciso seleccionar previamente lo que se pretende medir.
2. Cada ítem debe ir dirigido a medir un único conocimiento o destreza.
3. El contenido de la pregunta debe ser siempre relevante y estar de acuerdo con los objetivos.
4. En estas preguntas se distinguen dos partes: cuerpo, donde aparece la información sobre el tema del que trata el ítem, y opciones, de entre las que el alumno elige la adecuada.
5. El cuerpo debe ser explícito, es decir, que recoja suficiente información para que se busque la respuesta en las opciones.

6. En el cuerpo deben incluirse todas las palabras comunes a todas las opciones, para no tener que repetirlas constantemente.

7. El cuerpo no debe contener, a ser posible, negaciones ni pedir que se busquen opciones incorrectas.

8. Los distractores deben ser creíbles.

9. Ninguna pregunta debe dar una pista para responder a otra pregunta.

10. Todas las opciones deben ser gramaticalmente consistentes con la pregunta.

11. La opción “ninguno de los anteriores” debe utilizarse solamente cuando tal opción es inequívocamente correcta o incorrecta.

12. La posición de la opción correcta se debe distribuir aleatoriamente a lo largo de la prueba.

13. El número ideal de opciones es de cuatro y no debe ser inferior a tres.

Antes de llevar a cabo el desarrollo experimental, hemos elaborado tres test de Óptica (se recogen en el Anexo I) para explorar las preconcepciones en esta rama de la Física tan poco contemplada en el Sistema Antiguo de Enseñanza y que ahora tanto con la LOGSE como con la LOCE vuelve a tomar fuerza. Se ha obtenido una validación previa de los mismos, sometiéndolos a la consideración de profesores de Física de diferentes niveles y pasándoselos a distintos grupos de alumnos que no serían objeto de la investigación.

En primer lugar se elaboró un test de conocimientos previos formado por 40 ítems, de cuatro respuestas cada uno, con el que se trató de averiguar los conocimientos de los alumnos en Óptica. Teniendo en cuenta que uno de nuestros objetivos es analizar la evolución de los conceptos que adquieren los alumnos a lo largo de la instrucción académica, sugerimos que los ítems tuvieran carácter sumativo, es decir, los estudiantes de un nivel responderían las preguntas específicas de su curso, más las específicas de los cursos inferiores. Para adaptarnos al nivel madurativo del primer nivel, y considerando el reducido

número de conceptos que se manejan en él, optamos por no recargar la prueba y presentar diez ítems a los alumnos de 5º y 8º E.G.B., Educación Primaria y 2º de E.S.O. (11 y 14 años), 20 ítems a los de 2º y 3º de B.U.P., 3º y 4º de E.S.O. y 1º de Bachillerato (16 y 17 años), 30 a los alumnos de C.O.U. y 2º de Bachillerato (18 años) y 40 ítems a los de 1º de Universidad y CAP

Posteriormente se elaboró un test de 15 ítems de cuatro respuestas posibles cuyo objetivo es averiguar hasta que punto los alumnos tienen preconcepciones sobre la visión, el color y la propagación rectilínea de la luz. Este test se ha pasado a un colectivo de 100 alumnos. Dado que se observó que el hecho de que cada ítem pudiera ser contestado con varias opciones erróneas diferentes y que sólo estuviera permitido seleccionar una podía enmascarar alguna preconcepción, se decidió obtener a partir de este test, otro de cierto-falso de 60 ítems. Este test de cierto-falso se pasó inicialmente a 500 alumnos de todos los niveles del sistema educativo, así como profesores en activo. Los resultados obtenidos con estos test previos nos permitieron sacar las siguientes conclusiones:

1ª- Existe una preconcepción que atribuye al color característica de “propiedad” de los cuerpos (como la masa o la forma).

2ª- La luz es algo estático que llena el espacio.

3ª- Una lupa no se limita a transmitir la luz, sino que la “produce” (amplifica).

4ª- Una pared por muy blanca que sea no refleja la luz, sólo los espejos reflejan toda la luz.

5ª- Cuando nos vemos en un espejo “algo” penetra en él.

6ª- Cuando vemos una montaña “algo” viaja de nuestros ojos a la montaña.

7ª- Bastantes alumnos confunden la luz con su causa (la fuente) o con su efecto (la luminosidad).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los tests descritos anteriormente, hemos elaborado un test de 5 ítems cuya utilización y valoración

constituye el presente capítulo. Este test, que se presenta en el Anexo II, recoge los ítems que hemos considerado que mejor pueden contribuir a detectar las preconcepciones consistentes en:

- ✓ Confundir fuente y luz.
- ✓ Limitar el alcance de la luz a sus efectos visibles.
- ✓ Considerar que las imágenes se proyectan.
- ✓ Considerar el color como propiedad intrínseca del objeto.

El test, de acuerdo con todo lo argumentado en este apartado, es teórico, cerrado, de cuatro respuestas posibles y se les pide a los alumnos que justifiquen su respuesta.

Los objetivos que se persiguen con los distintos ítems son:

Con el ítem 1 se pretende averiguar hasta que punto los alumnos persisten en confundir “fuente de luz con luz” y “limitar la existencia de la luz a sus efectos visibles”.

Los ítems 2 y 5 pretenden detectar si los alumnos tienen preconcepciones sobre el color.

Con los ítems 3 y 4 se puede analizar la existencia de preconcepciones acerca de la formación de imágenes en espejos.

Estos ítems son todos originales

4.2.2. Población.

En esta investigación han colaborado un total de 4000 alumnos distribuidos por todos los niveles de enseñanza, tanto del Sistema Educativo Tradicional como del Nuevo Sistema Educativo, que han coexistido varios años en España.

En la tabla 4 se muestra los niveles de enseñanza, a los que pertenecían los alumnos, que participaron en esta investigación.

Sistema Educativo Tradicional	Nuevo Sistema Educativo
Ciclo Medio (5° EGB)	Educación Primaria.
Ciclo Superior (8° EGB).	2° de ESO.
2° BUP	3° de ESO
3° BUP	4° de ESO.
COU.	1° Bachillerato.
1° Universidad	2° Bachillerato.
C.A.P.	1° Universidad

Tabla4: Niveles educativos de ambos Sistemas de Enseñanza que han formado parte en la investigación.

La muestra de alumnos con la que se ha desarrollado la fase experimental estaba distribuida, por Sistema Educativo y por niveles, como aparece en la tabla 5:

Sistema Educativo Tradicional		Nuevo Sistema Educativo	
5° EGB	235 alumnos	Educación Primaria	382 alumnos
8° EGB	315 alumnos	2° de ESO	305 alumnos
2° BUP	389 alumnos	3° de ESO	292 alumnos
3° BUP	402 alumnos	4° de ESO	318 alumnos
COU	321 alumnos	1° Bachillerato	233 alumnos
1° UNIV	315 alumnos	2° Bachillerato	215 alumnos
CAP	77 alumnos	1° UNIV	210 alumnos
Total	2054 alumnos	Total	1955 alumnos

Tabla 5: Distribución de la muestra de alumnos.

Estos alumnos cursaban estudios en los Centros que aparecen en la tabla 6:

C.P. "Los Glacis". Badajoz.	I.B. "Rodríguez Moñino". Badajoz.
C.P. "Virgen de la Luz". Cheles.	I.B. "Zurbarán". Badajoz.
Colegio San José. Villafranca de los Barros.	I.B. "San Fernando". Badajoz.
Colegio Nuestra Señora del Carmen. Badajoz.	I.B. "Suárez de Figueroa". Zafra.
Colegio Carmelitas. Cáceres.	I.B. "Medina Cauria". Coria.
I.B. "Santísimo Cristo del Rosario". Zafra.	I.B. "Luis Chamizo". Don Benito.
I.B. "Comarcal". Azuaga.	Facultad de Ciencias. UEX.
I.B. "Vegas Bajas". Montijo-Puebla de la Calzada.	Facultad de Medicina. UEX.
I.B. "Virgen del Soterraño". Barcarrota.	Instituto de Ciencias de la Educación. UEX.
I.B. "Carolina Coronado" Almendralejo.	Centro Universitario de Mérida
I.F.P. "Virgen de Guadalupe". Badajoz.	

Tabla 6: Relación de Centros que forma parte de la muestra experimental

4.2.3. Tratamiento estadístico

Según García Hoz (1968), dos condiciones son necesarias y suficientes para que una investigación empírica tenga cabida en la ciencia experimental. En primer lugar, la aplicación de la medida de los fenómenos estudiados. En segundo lugar, la posibilidad de comprobar la investigación por parte de personas ajenas a ella. Pero la importancia de la medición no radica sólo en ese hecho, sino que además, posibilita la precisión de los conceptos, facilita la clasificación y, sobre todo, es un instrumento inestimable en el momento clave de validar la hipótesis puesta a contrastación empírica (Pérez Juste, 1984). Ahora bien, como dice Bunge (1976), las mejores hipótesis científicas no son directamente contrastables.

La hipótesis establece la relación existente entre variables independientes y dependientes y la tarea del investigador consiste en operativizarlas, es decir, traducirlas a un lenguaje observable, cuantificable o medible. Una vez operativizadas las variables, es necesario llevar la hipótesis científica a formas estadísticas.

Para la valoración de los resultados obtenidos se ha utilizado el programa informático para ordenadores Apple Macintosh LXR-TEST de LOGIC EXTENSIÓN RESOURCES en su versión 4.1. Este programa permite almacenar un banco de ítems clasificados por materias con el que componer tests, que pueden ser presentados en varias versiones (orden de los ítems alterados) y proporciona plantillas para proceder a su corrección manualmente. Cuando la corrección se realiza utilizando el ordenador, el programa procesa la información y la presenta organizada en varios documentos: En el primero se recoge la relación de alumnos y la respuesta que cada uno ha seleccionado para cada ítem, se calcula el número de aciertos y el tanto por ciento del total de ítems del test que representa. En el segundo se dibuja un histograma de frecuencias de cada tramo de calificaciones, lo que permite una visualización inmediata de su adaptación a una campana de Gauss. El tercero presenta la relación de ítems y el número de veces que ha sido elegida en cada uno de ellos cada una de las diferentes opciones de respuestas ofrecidas; también presenta el Índice de Facilidad o Destreza (I.D.) y el Índice de Discriminación o Validez (I.V.) de cada ítem, con lo que se pueden tomar decisiones acerca de mantenerlo en el test, modificarlo, o eliminarlo del mismo. Por último, otra parte del programa permite elaborar una ficha para cada ítem donde se van acumulando los resultados de cada grupo de alumnos relativos al mismo.

Como ejemplo, en el Anexo III se adjuntan todos los documentos que procesa el programa para el grupo de alumnos de 1º de Universidad pertenecientes a las secciones de Ingeniero Técnico en Topografía, en Informática de Sistemas y en Telecomunicaciones, especialidad Telemática, pertenecientes al Centro Universitario de Mérida. Se presentan también estos resultados divididos en dos subgrupos: Uno para los alumnos que llegan a la Universidad desde el Sistema de Enseñanza Tradicional y el otro el de los alumnos que llegan desde el Nuevo Sistema de Enseñanza.

4.3. Estudio de la evolución de las preconcepciones en Óptica que muestran los estudiantes en todos los niveles de enseñanza.

4.3.1. Resultados.

En las tablas 7 y 8 se presentan los resultados en porcentajes de alumnos que eligen cada una de las respuestas de los ítems que forman el test, indicando en negrita la opción correcta, en cada caso.

ITEM	5° EGB (11 años)	8° EGB (14 años)	2° BUP (16 años)	3° BUP (17 años)	COU (18 años)	1° UNIV.	C.A.P.
1	a)	26.1	9.1	3.3	0.0	0.0	0.0
	b)	30.4	45.4	40	12.5	30.0	20.1
	c)	13.0	0.0	0.0	6.2	0.0	0.0
	d)	30.4	40.9	53.3	81.3	65.0	73.0
	e)	0.0	4.5	3.3	0.0	5.0	3.4
2	a)	73.9	40.9	13.3	25.0	37.5	18.6
	b)	13.0	4.5	0.0	0.0	0.0	0.5
	c)	4.3	22.7	36.7	50.0	20.0	32.3
	d)	4.3	4.5	6.7	0.0	10.0	24.5
	e)	4.3	27.3	43.3	18.7	30.0	20.1
3	a)	39.1	31.8	30.0	37.5	50.0	50.5
	b)	21.5	27.3	10.0	6.2	10.0	18.1
	c)	26.1	22.7	46.7	43.7	32.5	15.7
	d)	13.0	9.1	0.0	0.0	2.5	2.4
	e)	0.0	9.1	10.0	6.2	2.5	6.9
4	a)	34.8	4.5	16.7	31.2	25.0	17.6
	b)	17.4	31.8	23.3	18.7	25.0	29.4
	c)	8.7	4.5	6.7	6.2	15.0	2.9
	d)	30.4	40.9	23.3	18.7	22.5	32.8
	e)	8.7	18.2	30	18.7	12.5	12.2
5	a)	21.7	36.4	23.3	18.7	20.0	12.2
	b)	8.7	13.6	6.7	6.2	0.0	3.4
	c)	56.5	36.4	20.0	43.7	47.5	38.7
	d)	4.3	0.0	20.0	6.2	12.5	29.9
	e)	8.7	13.6	26.7	18.7	17.5	12.7

Tabla 7: Resultados de los alumnos del Sistema Educativo Tradicional

ITEM	E.P (11años).	2º ESO (14 años)	3º ESO (15 años)	4º ESO (16 años)	1º BACH (17 años)	2º BACH (18 años)	1º UNIV	
1	a)	13.0	0.0	3.6	0.0	3.2	0.0	
	b)	60.9	44.0	17.8	26.9	16.1	14.3	
	c)	4.3	4.0	0.0	0.0	3.2	0.0	
	d)	21.7	48.0	75.0	73.1	67.7	77.8	78.6
	e)	0.0	4.0	0-0	0.0	9.7	3.7	7.1
2	a)	47.8	28	28.6	34.6	29.0	3.7	14.3
	b)	0.0	0.0	7.1	0.0	3.2	0.0	0.0
	c)	39.1	28.0	32.1	7.7	22.6	18.5	67.8
	d)	4.3	4.0	10.7	11.5	29.0	14.8	10.7
	e)	8.7	40.0	10.7	38.5	16.1	28.0	7.1
3	a)	21.7	20.0	42.8	15.4	6.4	40.7	37.5
	b)	13.0	4.0	32.1	11.5	9.7	3.7	25.0
	c)	52.2	48.0	17.8	65.4	22.6	40.7	25.0
	d)	8.7	12.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.7
	e)	4.3	16.0	7.1	3.8	3.2	3.7	3.5
4	a)	17.4	12.0	25.0	7.7	22.6	14.8	25.0
	b)	30.4	32.0	17.8	19.2	38.7	37.0	28.6
	c)	13.0	12.0	7.1	15.4	3.2	7.4	0.0
	d)	39.1	28.0	35.7	50.0	22.6	22.2	28.6
	e)	0.0	16.0	14.3	7.7	12.9	11.1	10.7
5	a)	30.4	28.0	32.1	3.8	6.4	11.1	14.3
	b)	21.7	4.0	7.1	0.0	6.4	3.7	0.0
	c)	34.8	48.0	32.1	57.7	71.0	40.7	46.4
	d)	4.3	8.0	17.8	26.9	12.9	33.3	25.0
	e)	8.7	12.0	7.1	11,5	3.2	11.1	14.3

Tabla 8: Resultados de los alumnos del Nuevo Sistema Educativo

Por otra parte la evolución de los Índices de destreza I.D. y de validez I.V. de los 5 ítems a lo largo de los diferentes niveles educativos, se muestra en el apartado siguiente, simultáneamente al análisis de los datos y de los comentarios de los alumnos, para facilitar la lectura.

4.3.2- Análisis estadístico de resultados y de los comentarios realizados por los alumnos.

Según la estructura de la prueba, el comportamiento normal de los índices de facilidad (índice de destreza I.D.) y de discriminación (índice de validez I.V.) de un ítem aceptable, a lo largo de los diferentes niveles, deberá mostrar las siguientes características:

✓ El I.D. evolucionará de forma ascendente a medida que los ítems son presentados a alumnos de cursos superiores.

✓ La evolución del I.V. deberá ser descendente, ya que el poder de discriminación de los ítems irá disminuyendo según avanzan los estudios.

De acuerdo con estos presupuestos y teniendo en cuenta los resultados obtenidos, al observar el comportamiento de los 5 ítems de la prueba, podemos hacer un análisis y deducir las preconcepciones más frecuentes en los alumnos, así como su evolución:

ÍTEM 1: Con este ítem se pretende averiguar hasta que punto los alumnos persisten en confundir “fuente de luz con luz” y “limitar la existencia de la luz a sus efectos visibles”.

En el Sistema Educativo Tradicional, como se muestra en la figura 5a, la evolución general del I.D. es ascendente, aunque llama la atención el pico en 3º de BUP. El I.V., sin embargo, acusa picos en 8º EGB, 3º BUP y 1º Facultad para caer por debajo de cero en el CAP.

En el Nuevo Sistema Educativo, figura 5b, la evolución de I.D. es normal, si bien llama la atención el pico repentino que presenta en 3º ESO. Con respecto a I.V. se observa una evolución irregular dándose un pico en 4º ESO y otro en 1º de Universidad.

En general se puede hablar de un ítem aceptable, que está ampliamente superado por los estudiantes del CAP.

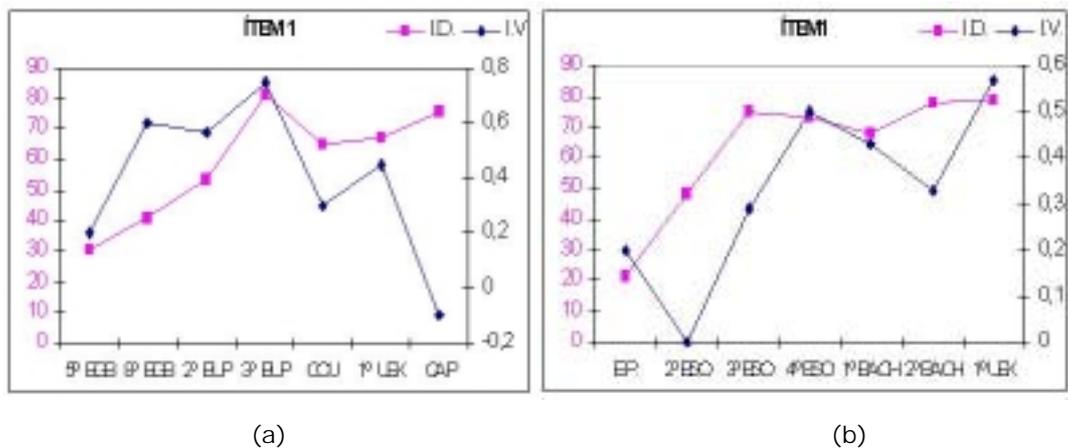


Figura 5: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 1. a) En el Sistema Educativo Tradicional y b) en el Nuevo Sistema Educativo

El colectivo que elige la respuesta acertada, “*Mientras que hay o bien llama o bien brasa*”, en mayor proporción es el de los alumnos de 3º de BUP (81.3%), en el Sistema Educativo Tradicional y los de 1º de Universidad (78.6%), en el Nuevo Sistema Educativo

El distractor elegido con más frecuencia, a todos los niveles, corresponde a la opción b “*Sólo mientras que hay llama*”. Los alumnos parecen asociar la luz con la llama: la brasa, no emite luz.

Los comentarios más frecuentes de los alumnos fueron:

“*Si la habitación está oscura nunca hay luz*”

“*La llama es la que hace la luz*”

“*Con brasa sólo se genera calor*”.

La interpretación de los estudiantes parece responder a una limitación de la existencia de la luz a sus efectos visibles.

ÍTEM 2: Se pretende detectar si los alumnos tienen preconcepciones sobre el color.

La evolución tan irregular que muestran los índices de destreza y validez, figura 6, induce a pensar que el concepto de color es uno de los más difíciles en ciencia, donde se arraigan con más fuerza ciertas preconcepciones.

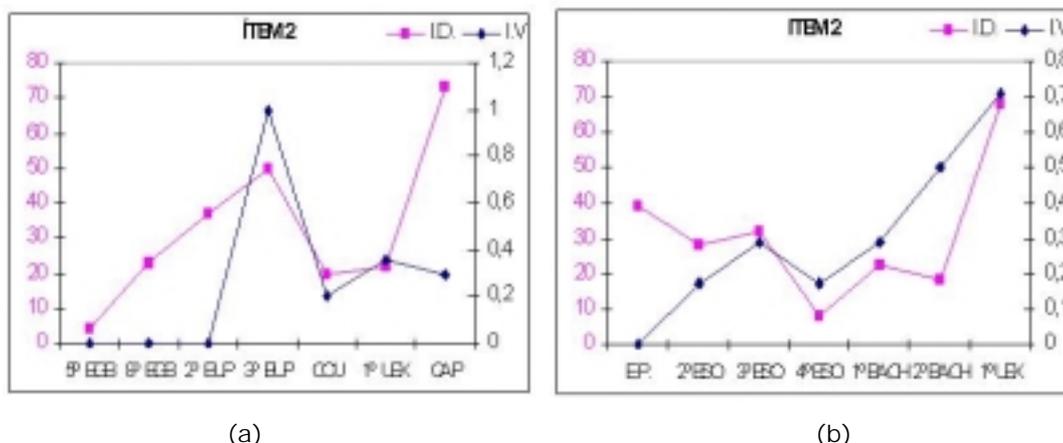


Figura 6: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 2. a) En el Sistema Educativo Tradicional y b) en el Nuevo Sistema Educativo

Los alumnos que en mayor proporción eligen la respuesta correcta, “Refleja el color amarillo”, son los postgraduados, CAP (73.2 %), en el Sistema Educativo Tradicional y los de 1º de Universidad (67.8 %) en el Nuevo Sistema Educativo. Para los restantes grupos, dicha alternativa resulta ser poco atractiva (excepto los alumnos de 3º de BUP con un 50%), prefiriendo la opción a, “posee y emite color amarillo”. En cuanto al Nuevo Sistema Educativo, aunque las respuestas erróneas más frecuentes corresponden a la opción a y a la opción e (es la que completan los alumnos cuando no le satisfacen ninguna de las propuestas en el test), el análisis de los comentarios nos lleva a las mismas conclusiones: Los alumnos parecen considerar que el color es una propiedad de las cosas, como su masa o su densidad

De estos comentarios destacamos:

“Porque su piel al ser tan blanca absorbe el color amarillo”

“Es cuestión de raza, por el clima y la situación geográfica”

“Al poseer ese color, emite el mismo”.

ÍTEM 3-4: Se pretende analizar la existencia de preconcepciones acerca de la formación de imágenes en los espejos.

Las gráficas de ambos ítems muestran un comportamiento similar en los dos Sistemas Educativos: En general, en el Sistema de Enseñanza Tradicional el

I.D., figuras 7a y 8a, asciende a medida que avanzan los estudios, lo que significa una mejor comprensión de la reflexión y de la formación de imágenes en los espejos. Sin embargo en el Nuevo sistema de Enseñanza, como se muestra en las figuras 7b y 8b, la evolución de este índice es muy irregular. Sorprende que el I.D. de E.P. sea superior al del 1º UEX.

Por otro lado, los dientes de sierra en la evolución de los I.V. nos indica la dificultad que supone hacer un análisis estadístico de las preconcepciones.

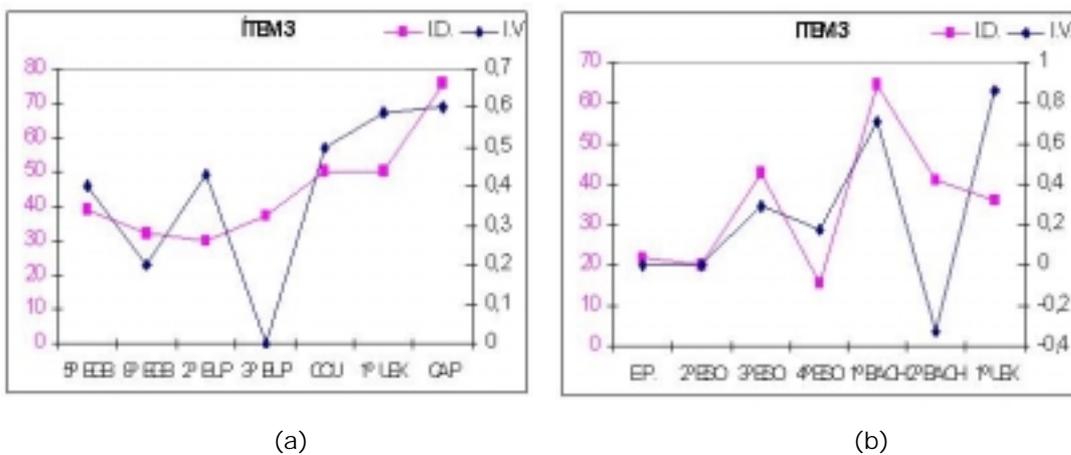


Figura 7: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 3. a) En el Sistema Educativo Tradicional y b) en el Nuevo Sistema Educativo

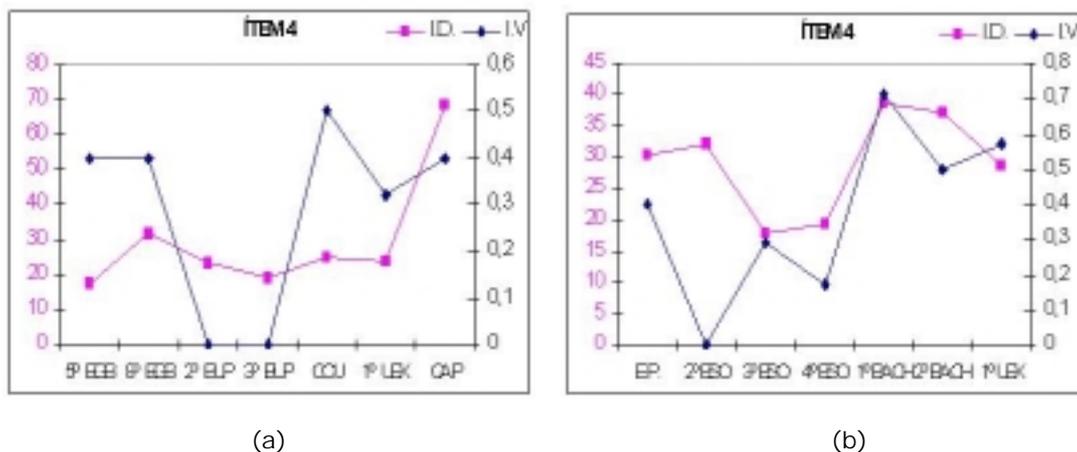


Figura 8: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 4. a) En el Sistema Educativo Tradicional y b) en el Nuevo Sistema Educativo

En cuanto al ítem 3, en el Sistema Educativo Tradicional, con mucha diferencia, c es el distractor más elegido, “La luz que llena el espacio que lo

separa del espejo penetra en el espejo de manera simétrica”, excepto en el caso de alumnos del CAP, que aunque los aciertos fueron numerosos (75.6%), de los comentarios se obtiene que no entienden bien el fenómeno de la reflexión. En cuanto al Nuevo Sistema Educativo, aunque ocurre lo mismo, es el grupo de 3º de ESO el que obtiene mejores resultados con un 42.8% de aciertos.

Puede ser que la palabra “simétrica”, que aparece en la opción c haya confundido a los alumnos.

Entre los comentarios de los alumnos destacamos:

“Te ves al revés”

“Se refleja tu imagen”

“Existe la imagen”.

La interpretación de los estudiantes parece responder a la creencia de que la imagen de un objeto por un espejo plano se encuentra (existe) en la superficie del espejo (Carcavilla y Puey, 2003).

En el ítem 4 los alumnos que en mayor proporción eligen la respuesta correcta *“Refleja la luz simplemente”* son los postgraduados (68.3%) en el Sistema Educativo Tradicional y los de 1º de Bachillerato, con sólo un 38% de aciertos, en el Nuevo Sistema Educativo. En todos los niveles, del Nuevo Sistema Educativo el distractor más elegido es la opción d: *“Refleja las imágenes pero absorbe la luz”*. En cuanto al Sistema Educativo Tradicional las respuestas erróneas, en su mayoría, se dividen entre la opción a, *“Un espejo refleja la luz pero absorbe las imágenes”* y la d.

Entre los comentarios de los alumnos destacamos:

“Te ves en el espejo y no ves luz, entonces es que la absorbe”

“Porque refleja la luz y las imágenes”.

Los estudiantes parecen pensar que es necesario que se absorba la luz para ver las imágenes. De los comentarios también parece deducirse que están de acuerdo con preconcepciones ya constatadas como que los espejos crean una imagen del cuerpo colocado delante de él (Goldberg y Mcdermot, 1986, 1987).

ÍTEM 5: Con es ítem, igual que con el ítem 2, se pretende detectar si los alumnos tienen preconcepciones sobre el color.

En la gráfica del Sistema Educativo Tradicional, figura 9a, sorprende que el I.D. en 5° de EGB sea muy superior al del CAP. En la gráfica del Nuevo Sistema Educativo, figura 9b, llama la atención que el I.D. en primaria sea muy similar al I.D. en 2° de Bachillerato. Estos resultados anormales y el comportamiento irregular del I.V. nos hacen pensar en las fuertes preconcepciones que presentan los alumnos sobre el concepto del color.

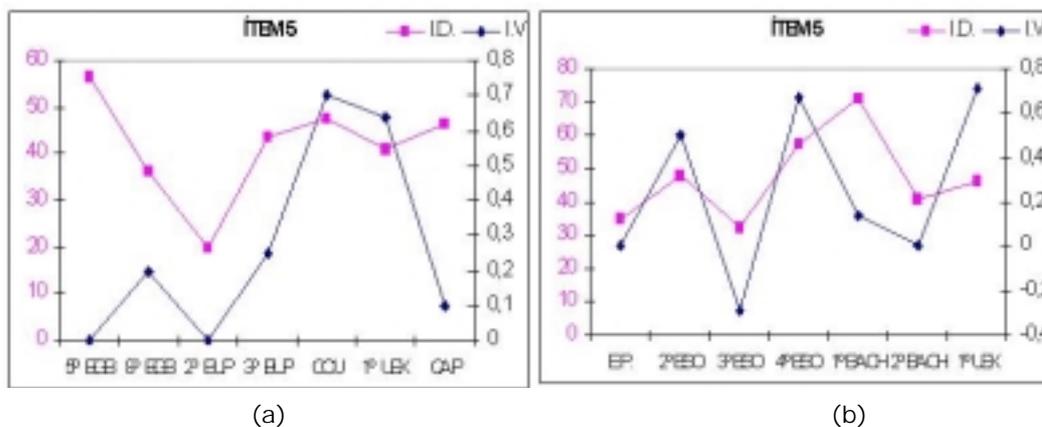


Figura 9: Evolución del índice de destreza y del índice de validez del ítem 5. a) En el Sistema Educativo Tradicional y b) en el Nuevo Sistema Educativo

En este ítem los alumnos que eligen la respuesta correcta, “*De la luz que refleje la pared (que rebote en ella)*”, en mayor proporción son los de 5° de EGB (56.5%) en el Sistema Educativo Tradicional y los de 1° de Bachillerato (71.0%) en el Nuevo Sistema educativo. Las respuestas más frecuentes, en todos los niveles, están centradas en la elección de la opción a, “*De la luz que llene el espacio entre la pared y el observador*”, y de la opción d, “*De la luz que absorba la pared*”.

Los estudiantes que eligen la opción a interpretan que la luz es algo estático que llena el espacio, como puede ser el aire.

Entre los comentarios de los alumnos destacamos:

“*De la luz que emita la bombilla*”

“Depende de la cantidad que absorba”.

Este ítem junto con el ítem 2, a juzgar por las opciones mayoritariamente elegidas por los alumnos, incluidos los postgraduado, hace pensar que tienen fuertemente arraigadas preconcepciones sobre el color.

En general estos resultados ponen de manifiesto, como se ha señalado en el capítulo 2, que la superación de las preconcepciones erróneas en los estudiantes no siempre es paralela a la instrucción recibida y permanecen después de la instrucción, lo que nos lleva a considerar que es muy difícil erradicar errores que se han propagado durante muchos años (Alonso, 2001).

En las figuras 10 y 11 se presentan mediante gráficos de barras los resultados por ítem y por nivel educativo. En el Sistema Educativo Tradicional, como se muestra en la figura 10, en el ítem 1 el mejor resultado es para los alumnos de 3º de BUP siendo la mejora que se aprecia, tras la instrucción, poco significativa pasando de un 65.0% en COU a un 75.6% en postgraduados. Esto puede ser debido a que en el currículo de Ciencias Naturales de 2º de BUP aparecen contenidos referentes a Óptica Geométrica, por lo que el alumno puede estar pasando en 3º de BUP por un proceso de conflicto cognitivo donde coexisten los dos tipos de conocimientos sobre un mismo fenómeno: el académico y el personal. Pero si el aprendizaje no es significativo no se consigue el cambio conceptual, y el estudiante vuelve a su concepción personal.

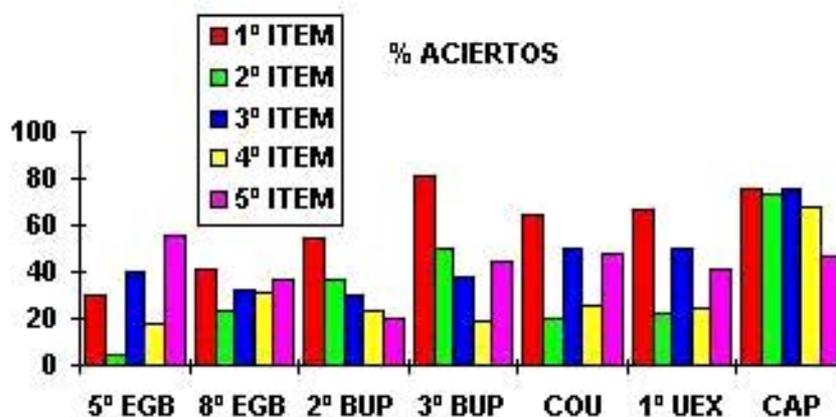


Figura 10: Porcentaje de aciertos de los alumnos del Sistema Educativo Tradicional

En el ítem 2 los alumnos de 8° y 2° de BUP obtienen mejores resultados que los alumnos de COU y que los de 1° de Universidad. En el ítem 3 los alumnos de 5° EGB superan a los de 8° de EGB, a los de 2° y a los de 3° de BUP. En el ítem 4 los alumnos de 8° EGB aciertan más que los de 2° y 3° de BUP, COU y 1° de Universidad. En el ítem 5, los de 5° de EGB superan a todos los demás niveles, tal vez porque a esta edad todavía no han formado sus propias ideas sobre “el color” y contestan con la respuesta que les parece más explicativa (más académica). En este caso la mejora que se aprecia tras la instrucción tampoco es muy significativa, pasando de un 43.7% en 3° de BUP a un 46.3% en postgraduados.

En el caso del Nuevo Sistema Educativo, como se muestra en la figura 11, en el ítem 1 obtienen mejores resultados los alumnos de 3° de ESO que los de 4° y estos mejores que los de 1° de Bachillerato. En el ítem 2 son los de E.P. los que eligen en mayor proporción la respuesta correcta (exceptuando los de 1° de Universidad). En el ítem 3 los de E.P. aciertan más que los de 1° de Bachillerato. En el ítem 4 los de E.P. y 2° de ESO mejor que los de 1° de Universidad. En el ítem 5 los de 2° y 4° de ESO aciertan más que los de 1° de Universidad.

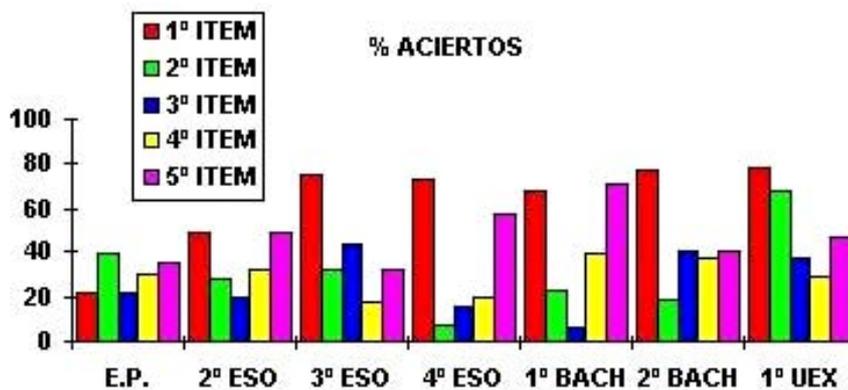


Figura 11: Porcentaje de aciertos de los alumnos del Nuevo Sistema de Enseñanza

Los resultados muestran las preconcepciones que, sobre temas relacionados con la Óptica, tienen los alumnos y que estas persisten después de la instrucción, tanto con alumnos del Sistema de Enseñanza Tradicional como con

alumnos del Nuevo Sistema de Enseñanza, a pesar de que la filosofía de la reforma educativa legislada en la LOGSE, como hemos indicado anteriormente, basada en la “Teoría Constructivista del Aprendizaje”, propugna partir de las ideas previas de los alumnos y buscar un aprendizaje significativo, para así mejorar el rendimiento de los estudiantes.

Todo esto hace reflexionar sobre la necesidad de una metodología eficaz tanto para detectar preconcepciones, como para conseguir aprendizajes significativos, como para secuenciar los contenidos didácticos y para la elaboración de secuencias instruccionales.

En este sentido, en los dos capítulos que siguen, se presentan y analizan una serie de mapas conceptuales: En el capítulo 5 como estrategia de aprendizaje y de evaluación procesual, y en el capítulo 6, como estrategia para facilitar y operativizar el análisis de la estructura lógica del contenido de enseñanza que el profesor debe realizar de cara al diseño de una unidad didáctica, se muestra una propuesta de secuencia instruccional, centrada en los contenidos de Óptica Geométrica, mediante la aplicación de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein.

Capítulo 5

Elaboración de mapas conceptuales en Óptica

5.1. Introducción.

En el capítulo 3 de esta memoria se argumentó profusamente que los mapas conceptuales constituyen una potente herramienta que facilita el análisis interno de un determinado contenido, de ahí la extraordinaria divulgación de los mapas conceptuales en todos los niveles educativos, en cuanto a tres grandes aplicaciones como estrategia de aprendizaje, como estrategia de evaluación procesual y, sobre todo, como estrategia para facilitar y operativizar el análisis de la estructura lógica del contenido de enseñanza que el profesor debe realizar de cara al diseño de una unidad didáctica.

En este capítulo, se presentan y analizan una serie de mapas conceptuales diseñados por alumnos, sobre contenidos correspondientes al ámbito de la Óptica Geométrica.

5.2. Mapas conceptuales elaborados por alumnos.

En este apartado se analiza la utilidad de los mapas conceptuales en dos aspectos:

- ✓ Como instrumento que ayuda al estudiante a realizar su propia elaboración de significados, al permitirle establecer relaciones significativas entre conceptos, (como estrategia de aprendizaje), y

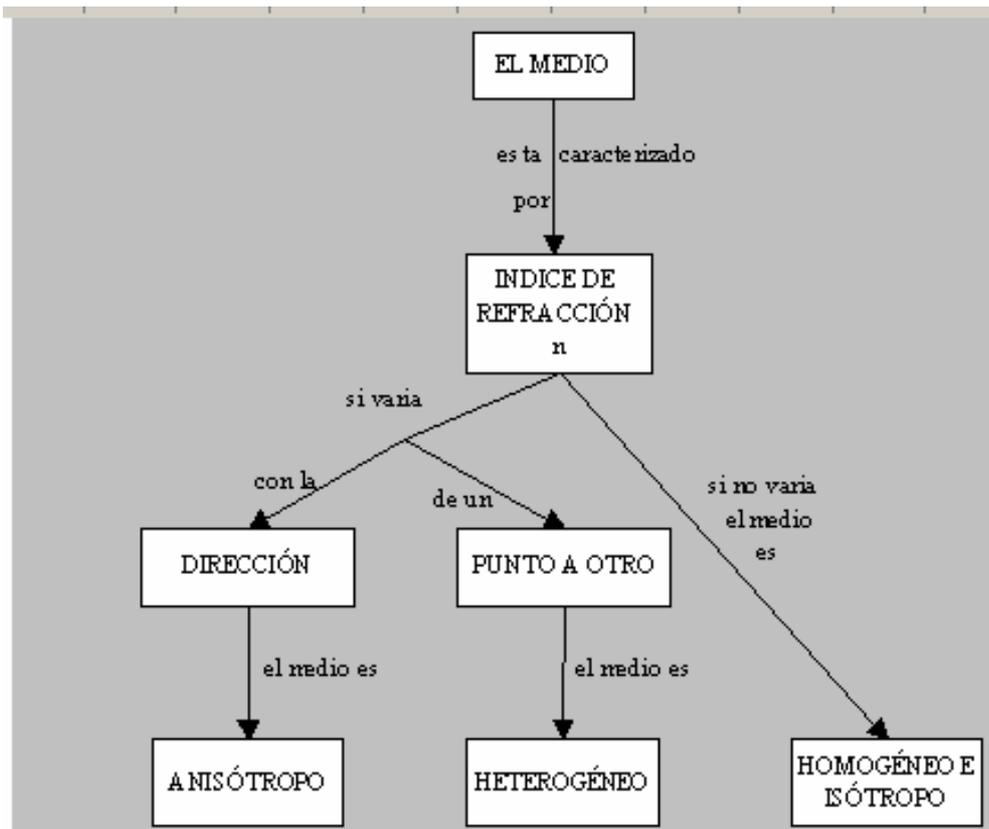
- ✓ como herramienta para explorar lo que el alumno sabe e identificar las preconcepciones y errores conceptuales que interfieren negativamente en la instrucción (Champagne y col., 1981; Furió, 1986, Peña y col., 1989; Suárez y col 1989) (estrategia de evaluación procesual).

Los mapas que se presentan a continuación, han sido elaborados por alumnos que cursaban la asignatura de Didáctica de la Física, que es una materia optativa de segundo ciclo de la Licenciatura de Física. Durante el transcurso de una clase se le pidió a cada alumno que elaborara un mapa conceptual sobre los fenómenos de reflexión y de refracción. El resultado fue que la mayor parte de los mapas presentados por los alumnos estaban mal elaborados, no tanto en la estructura, sino debido a los errores conceptuales y preconcepciones, lo que es una muestra más de la persistencia de ellas aún después de la instrucción y de que los mapas conceptuales constituyen una herramienta muy útil para descubrir lo que hay en la mente del estudiante.

Los mapas se han transcritos para mejorar su lectura y comprensión.

5.2.1. Mapa conceptual sobre “el medio”.

El mapa se centra en la clasificación de los distintos medios desde el punto de vista de la Óptica Geométrica.

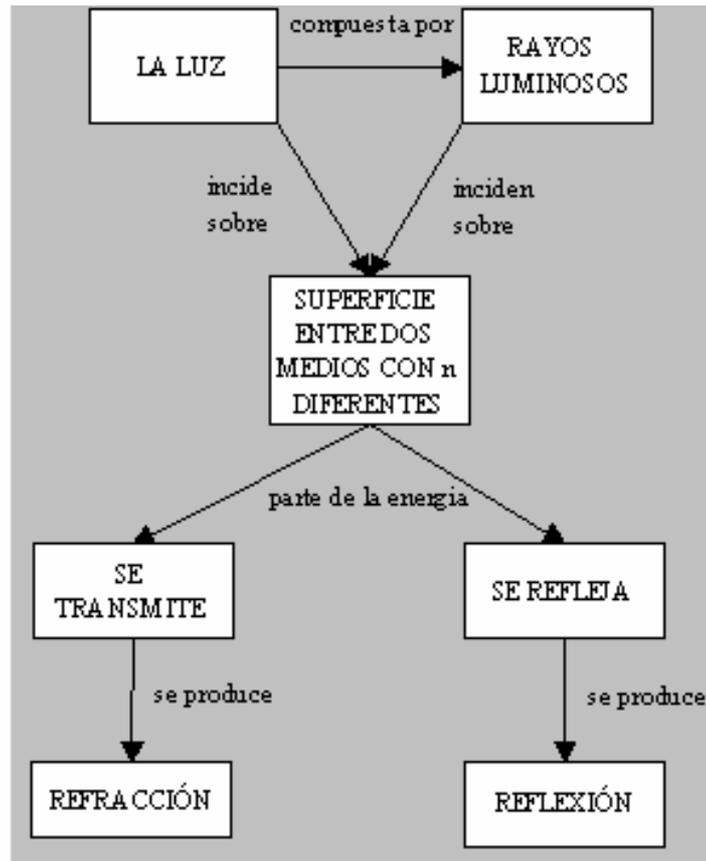


En este mapa, el alumno establece una serie de proposiciones perfectamente significativas y correctas, y aunque se podría haber completado con ejemplos en la parte inferior del mapa, se puede considerar como un mapa bien elaborado.

Según este mapa, se puede afirmar que la clasificación de los medios es un contenido superado (aprendido) por los alumnos en general.

5.2.2. Mapa conceptual sobre “La refracción y la reflexión I”.

En este mapa se hace una distinción entre el fenómeno de reflexión y el de refracción.

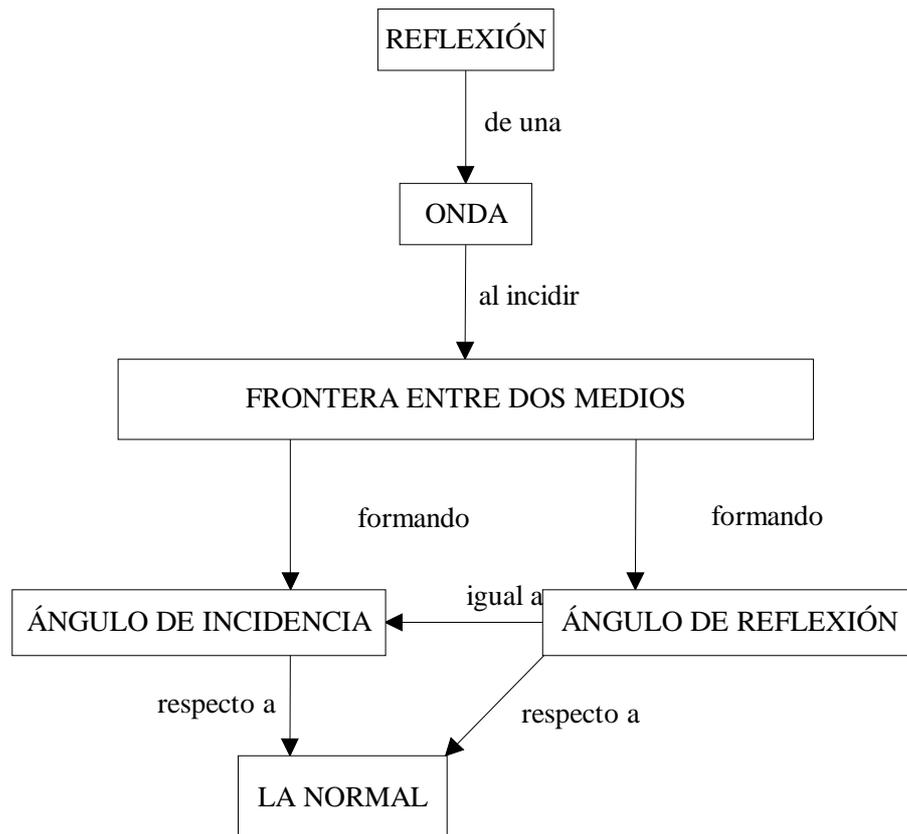


Formalmente el mapa es correcto, estableciendo una serie de proposiciones perfectamente significativas. Si embargo el alumno está considerando el modelo teórico de la Óptica Geométrica (rayo luminoso) como “la realidad física”, dándole el mismo nivel de generalidad a la luz que a los rayos luminosos. Este error parece desprenderse de un error didáctico cometido por algunos profesores que en clase de Física hablan del “punto material” o del “rayo luminoso” como si fueran la realidad misma (Pérez y col., 2002a).

Por otro lado, este mapa queda incompleto porque el alumno no ha tenido en cuenta las leyes que rigen ambos fenómenos.

5.2.3. Mapa conceptual sobre “la reflexión”.

El mapa que se muestra a continuación trata del fenómeno de la reflexión.



En este caso, las proposiciones que se forman no son significativas, y además, los niveles jerárquicos no están bien establecidos porque el concepto de onda es más general e inclusivo, que el concepto de reflexión. Además no hace una descripción del fenómeno, sólo se limita a enunciar una de las leyes de la reflexión, el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, y se olvida de expresar que el rayo incidente, el rayo reflejado y la normal están en el mismo plano.

5.2.4. Mapa conceptual sobre "la refracción"

A continuación se presenta un mapa que se ocupa del fenómeno de la refracción de la luz.



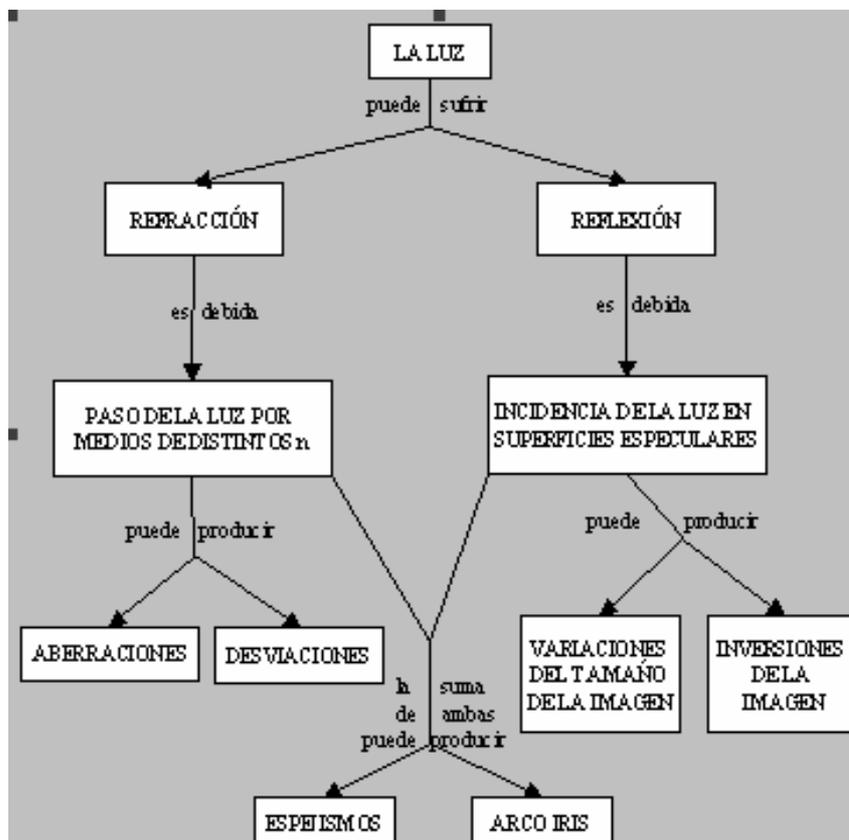
Aunque este mapa es formalmente correcto y más completo que el anterior, se observa que el alumno considera que la refracción ocasiona siempre un cambio de dirección en el haz luminoso, obviando el caso de incidencia normal del haz luminoso sobre la frontera entre dos medios.

No expresa una de las leyes, el rayo incidente, rayo refractado y la normal están en el mismo plano, y en lugar de enunciar la ley de los senos, expone tan sólo el nombre por el que es conocido esta ley: Ley de Snell.

Por otra parte, se pone de manifiesto un error conceptual, ya que se acerque o se aleje de la normal el haz refractado (con respecto al haz incidente), depende de la relación entre los índices de refracción del primer y del segundo medio, y no del ángulo de incidencia, como supone el alumno.

5.2.5. Mapa conceptual sobre “la refracción y la reflexión II”.

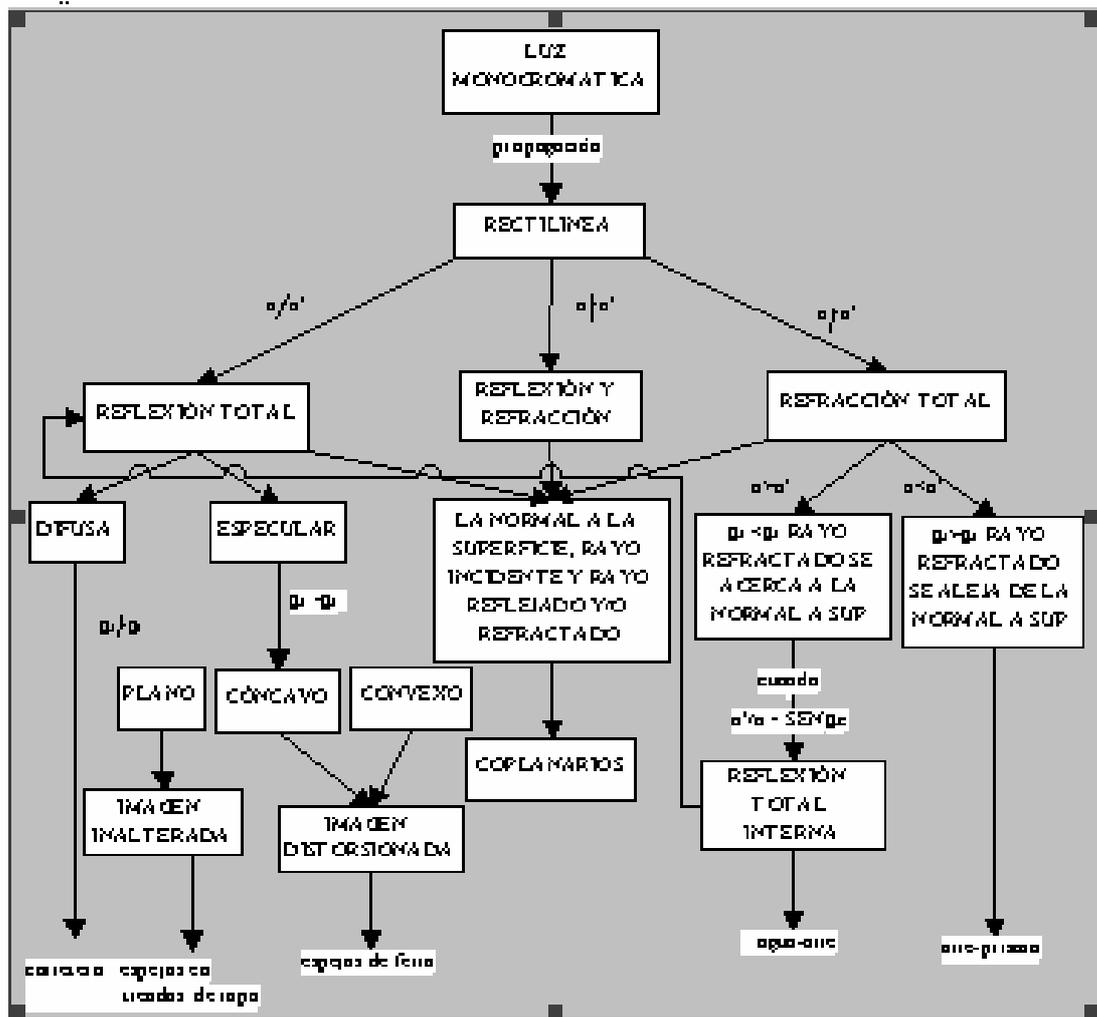
En este mapa el alumno compara los fenómenos de refracción y reflexión de la luz.



Este mapa comienza con una descripción de los fenómenos de refracción y reflexión, sin enunciar las leyes que los rigen, para terminar señalando una serie de fenómenos subordinados a los anteriores: Aberraciones, desviaciones, espejismos, etc.

Por otro lado, el alumno sólo considera como reflexión la especular y relaciona las aberraciones y las desviaciones de la luz sólo con la refracción.

5.2.6. Mapa conceptual sobre "la reflexión y la refracción III".



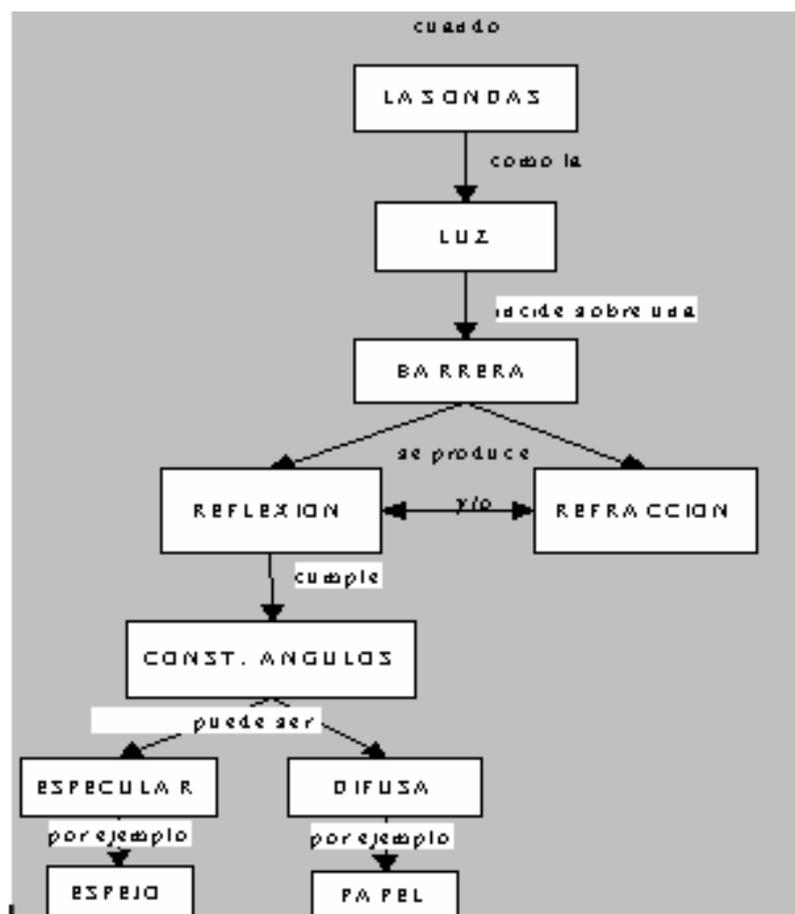
En este mapa sobre la reflexión y la refracción de la luz, se observa en primer lugar, que las proposiciones formadas no son significativas y además entre algunos de los conceptos falta el nexo de unión. Por otro lado, el alumno parece pensar que la propagación rectilínea de la luz sólo se da en el caso de luz monocromática.

Aunque el alumno que ha elaborado este mapa sí ha tenido en cuenta la ley

que considera que el rayo incidente, el rayo reflejado, el rayo refractado y la normal están en el mismo plano, no tiene en cuenta la ley de Snell y hace una distinción absurda entre refracción, refracción total, reflexión y reflexión total.

En el siguiente nivel, lo que más llama la atención es que aunque el alumno distingue entre reflexión especular y reflexión difusa, considera que esta última no cumple la ley de la reflexión, es decir, el ángulo de incidencia no es igual al ángulo de reflexión. Hemos observado que esta idea está muy extendida.

5.2.7. Mapa conceptual sobre “la refracción y la reflexión IV”.



El mapa que se presenta es formalmente correcto, las proposiciones son significativas y están bien establecidos los niveles jerárquicos.

De todas formas, en el caso de la refracción no enuncia ninguna de las leyes, y en el caso de la reflexión sólo la de que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión. También distingue entre la reflexión especular y difusa con ejemplos acertados

En resumen, se deduce del análisis que se ha realizado de estos mapas conceptuales que:

- ✓ Los estudiantes consideran el modelo teórico de la Óptica Geométrica como “la realidad física”, es decir, el rayo luminoso para ellos tiene entidad real.

- ✓ Los estudiantes no consideran, en la mayoría de los casos, tanto en la reflexión como en el de la refracción la ley que dice que el rayo incidente, el rayo reflejado el rayo refractado y la normal están en el mismo plano (de 6 mapas sólo en 1 aparece esta ley).

- ✓ Los estudiantes consideran que sólo hay refracción cuando existe un cambio de dirección en el camino de la luz.

- ✓ Los estudiantes no tienen en cuenta en la mayoría de los casos la reflexión difusa (de 6 mapas sólo aparece en 2) y cuando la consideran suponen que no se cumple la ley de la reflexión.

Teniendo en cuenta los apartados anteriores podemos considerar que los mapas conceptuales son una herramienta muy potente para explicitar el conocimiento sobre conceptos y, mejor aún, cómo se relacionan esos conceptos unos con los otros.

Capítulo 6

Macrosecuencia de Óptica

6.1. Componentes de una macrosecuencia elaborativa.

En este capítulo se presenta una macrosecuencia instruccional de Óptica, que consiste en aplicar la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein para estructurar y secuenciar los contenidos de Óptica correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria (Real Decreto, 3473/2000) y al Bachillerato (Real Decreto, 3474/2000). Se ha implementado informáticamente en forma de lo que hemos dado en llamar Mapas de Experto Tridimensionales (según se ha descrito en el capítulo 3).

Esta macrosecuencia se ha realizado teniendo en cuenta las siguientes directrices prácticas para la elaboración de la secuencia de aprendizaje (Pérez y col., 1998a):

El primer paso para diseñar una macrosecuencia de aprendizaje es elaborar un mapa de experto que represente la estructura lógica de la materia que se pretende instruir. Aparte de explicitar el estado final de los conocimientos que debe construir el alumno, se trata de un buen heurístico para extraer los fenómenos que se abordarán cíclicamente en cada uno de los diferentes niveles de elaboración que se establezcan.

Teniendo en cuenta este mapa se seleccionan los contenidos que se incluirán en cada uno de los niveles de elaboración.

Posteriormente, se decide cuál es la explicación causal básica (ECB) que los alumnos deben construir, y teniendo en cuenta aquélla se elaboran las actividades que puedan detectar las teorías implícitas correspondientes a esta materia.

La siguiente fase de esta secuencia es proponer los epítomes de cada nivel de elaboración, utilizando los fenómenos como contenido organizador, siguiendo con el diseño de las microsecuencias y de las actividades que los alumnos deben realizar para que construyan las ideas que aquí se proponen. Estas actividades, siempre en función del enfoque y posibilidades reales que disponga el profesor, deben ofrecerse, en todo caso, a un nivel muy concreto y de aplicación, desarrollando, uno a uno, los fenómenos contenidos en el epítome. Por último se deben elaborar las actividades necesarias para que los alumnos construyan el conocimiento relativo a este nivel de elaboración representado por su epítome ampliado o mapa de síntesis.

Previo al diseño de las actividades de enseñanza-aprendizaje que permiten poner en práctica lo anteriormente dicho en el aula, es importante que el profesor reflexione sobre la ECB que es deseable que el alumno induzca a lo largo del desarrollo del epítome, así como los conocimientos previos necesarios para afrontar el aprendizaje significativo de cada nivel de elaboración y el contenido de planteamiento que guiará las observaciones de los alumnos.

Los alumnos deberán hacer uso de sus conocimientos previos para poder

realizar las diferentes actividades. Estos conocimientos previos, que aparecen en la secuencia como contenidos de apoyo, son fundamentalmente de carácter conceptual. Es importante que el profesor vaya introduciendo estos contenidos progresivamente como complemento instruccional, en función de las necesidades de los alumnos y los requerimientos de la tarea.

Resumiendo, los pasos para preparar una macrosecuencia son los que aparecen en la tabla 9:

<p>Pasos para preparar una macrosecuencia instruccional:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Representar la <u>estructura lógica</u> de la materia (mapa de experto).2. Seleccionar los contenidos de los diferentes <u>niveles de elaboración</u>.3. Decidir la <u>explicación causal básica</u> a la que deseamos que lleguen los alumnos y preparar las actividades para la detección de <u>teorías implícitas</u>.4. Diseñar el primer <u>nivel de elaboración</u>:<ul style="list-style-type: none">• Proponiendo el <u>epítome</u>, diseñando las <u>microsecuencias</u> de aprendizaje y las actividades para el desarrollo de las mismas, y realizando la <u>síntesis (o epítome ampliado)</u> del nivel de elaboración.• Establecer el <u>contenido de apoyo</u> necesario y el <u>contenido de planteamiento</u> adecuado y diseñar las actividades de evaluación.5. Repetir el punto 4 para cada nivel de elaboración.
--

Tabla 9: Pasos para preparar una macrosecuencia instruccional

El epítome inicial es el comienzo de la secuencia, que permite obtener una visión panorámica de los contenidos más generales que posteriormente pretendemos desarrollar con detalle. En el epítome, se sintetizan aquellas ideas más generales en un mismo nivel, que se retomarán y consolidarán cada vez que se profundice un poco más en los contenidos, de modo que las relaciones de conjunto siempre priman sobre los contenidos específicos del mismo.

El camino que deben seguir las actividades desde el primer epítome hasta los últimos niveles de elaboración ha de tener una progresión de lo concreto a lo abstracto. Sin embargo, en contra de lo que a veces se piensa, el grado de abstracción no se encuentra tanto en la idea objeto de enseñanza, como en la forma de presentarla al alumno. En el epítome inicial se debe presentar esos elementos en un claro nivel de aplicación experiencial mediante una metodología de observación y análisis de los fenómenos físicos. En los diferentes niveles de elaboración el proceso debe ir ganando abstracción a partir de la reflexión teórica que el alumno estará ya en disposición de hacer, sobre una base pre-conceptual y fuertemente cargada de elementos activos y perceptivos que favorece su anclaje. Es aconsejable reservar el epítome, sobre todo en el primer nivel de elaboración, para que el alumno realice observaciones y descripciones concretas de los fenómenos planteados, elaborando relaciones causales que expliquen los cambios en los hechos a observar. En las últimas actividades del primer nivel y especialmente en los siguientes, de forma progresiva, se debe facilitar que el alumno se plantee relaciones (que hemos llamado legales) que permitan analizar los fenómenos como estados de interacción no simplemente causal, y susceptibles de formularse matemáticamente.

El profesor debe seleccionar y organizar las leyes físicas que se relacionan con la explicación causal básica como contenidos de planteamiento, que se van a presentar a los alumnos al final del epítome de forma todavía hipotética (sin entrar en precisiones conceptuales ni en su formulación matemática). En síntesis, las principales tareas a trabajar para el análisis inicial de los fenómenos planteados son tres (como ya se ha indicado en el capítulo 3):

- ✓ Descripción de detalles observados.
- ✓ Discusión de hipótesis sobre la explicación causal básica.
- ✓ Planteamiento inicial de leyes físicas (a partir de los contenidos de planteamiento).

Teniendo como punto de referencia los contenidos de planteamiento (que

en nuestro caso hemos diseñado a modo de preguntas que el profesor debe introducir a lo largo del epítome), las actividades para el desarrollo de estas tareas de análisis de fenómenos consisten en experiencias de laboratorio y demostraciones realizadas por el profesor o mediante materiales audiovisuales, con un fuerte componente de aprendizaje por descubrimiento, para guiar al alumno hacia la elaboración de hipótesis sobre la ECB (que en fases posteriores se concretarán en leyes físicas). Sin olvidar, que en la práctica educativa se debe buscar la estructuración de los contenidos de lo más general e incluso a lo más específico y detallado (como proponía Ausubel), al mismo tiempo que de lo más básico a lo más complejo (como proponía Gagnè). La consideración de los fenómenos como contenido organizador nos permite operativizar la solución a esta aparente paradoja (como ya se ha explicado en el capítulo 3).

6.2. Macrosecuencia de Óptica.

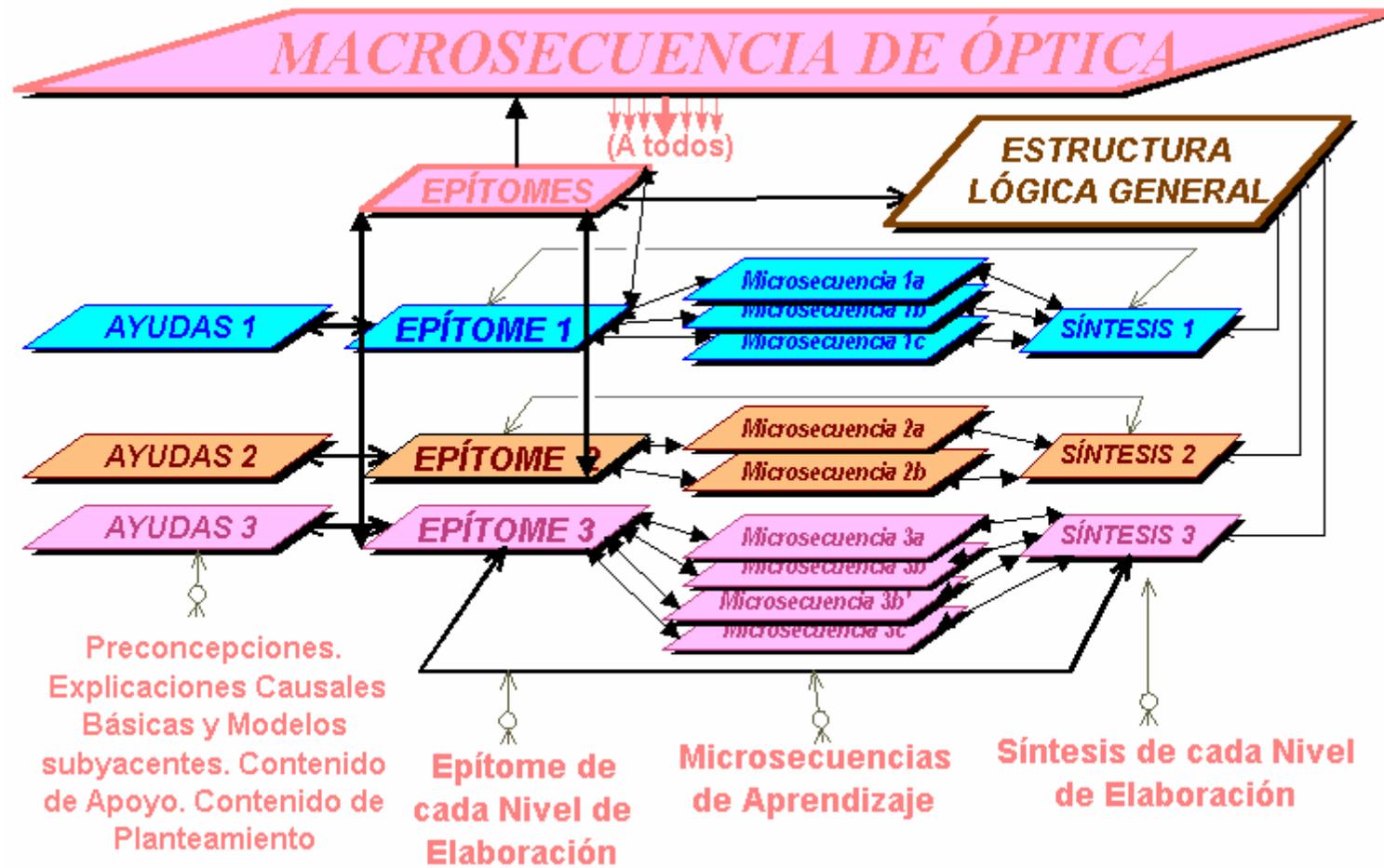
El mapa de experto tridimensional de Óptica esta compuesto por un total de 33 mapas bidimensionales conectados entre sí de manera interactiva. De estos 33 mapas uno constituye el mapa resumen (que aparece en primer lugar) en el que se representan esquemáticamente los mapas que lo componen y las conexiones entre ellos y otro la estructura lógica general (del tamaño de 6 folios). Se han realizado 3 niveles de elaboración que se corresponde con los dos ciclos de la ESO (1º-2º y 3º-4º) y el Bachillerato (1º-2º), respectivamente.

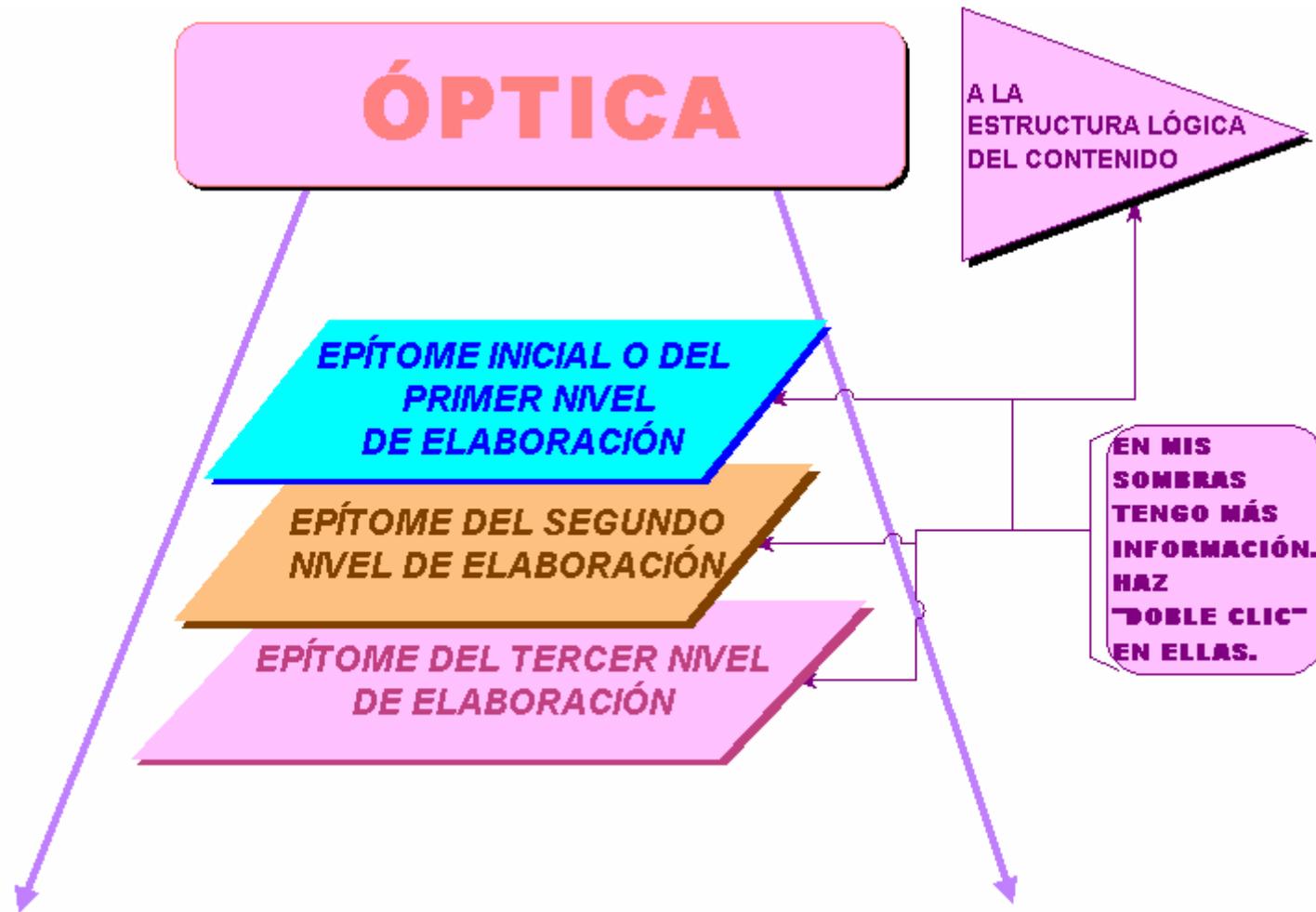
Otros tres mapas se refieren a los epítomes de los diferentes niveles de elaboración. El primer nivel de elaboración se ha desarrollado en 3 microsecuencias, el segundo en 2 y el tercero en otras 3 microsecuencias (la segunda microsecuencia del tercer nivel de elaboración se ha representado en dos mapas para favorecer su lectura). Cada uno de estos niveles incluye también su síntesis (o epítome ampliado).

Para llegar, a partir de cada epítome, al contenido de apoyo, al contenido de planteamiento, a su explicación causal básica y a las preconcepciones (o teorías implícitas), se ha utilizado un mapa intermedio de distribución que se designa con el nombre de "Ayudas".

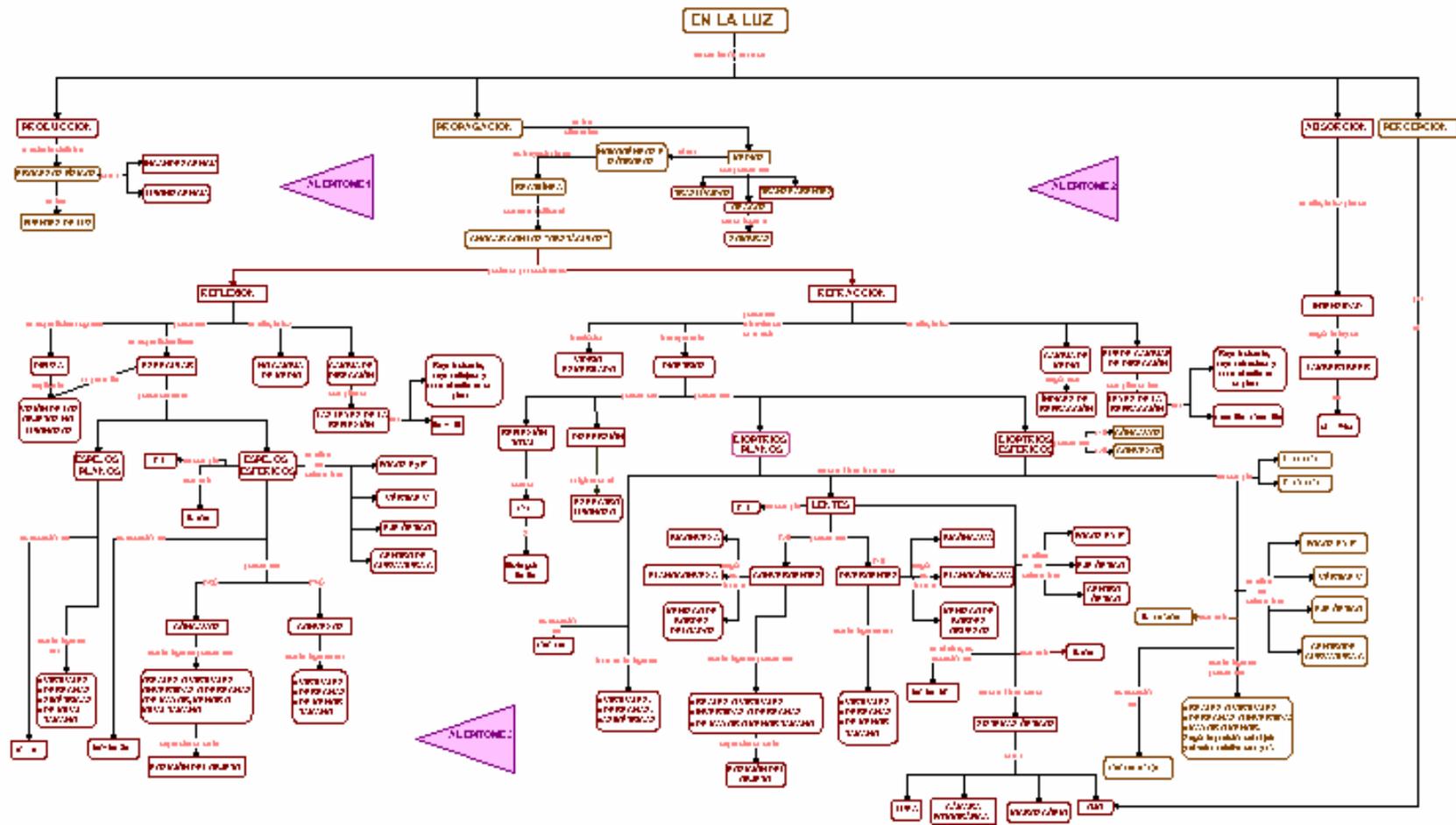
Para que sea más fácil distinguir, entre sí, los niveles de elaboración, los mapas tridimensionales se han construido teniendo en cuenta un código de colores, de modo que cada color está asociado a un nivel de elaboración en el que se ha encuadrado un cierto contenido.

A continuación se presentan estos 33 mapas bidimensionales que forman esta macrosecuencia de Óptica.



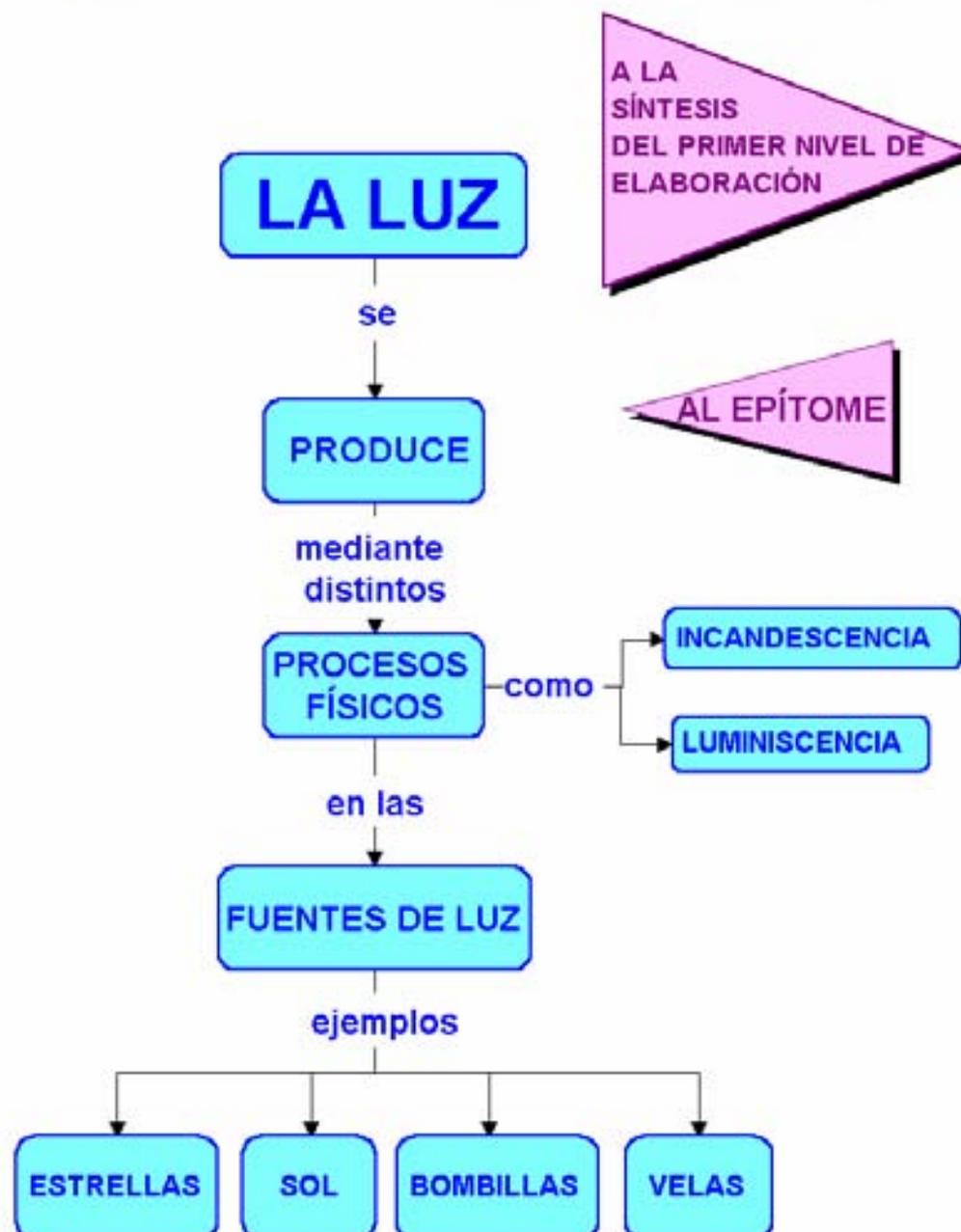


ESTRUCTURA LÓGICA GENERAL (CONCEPTUAL)





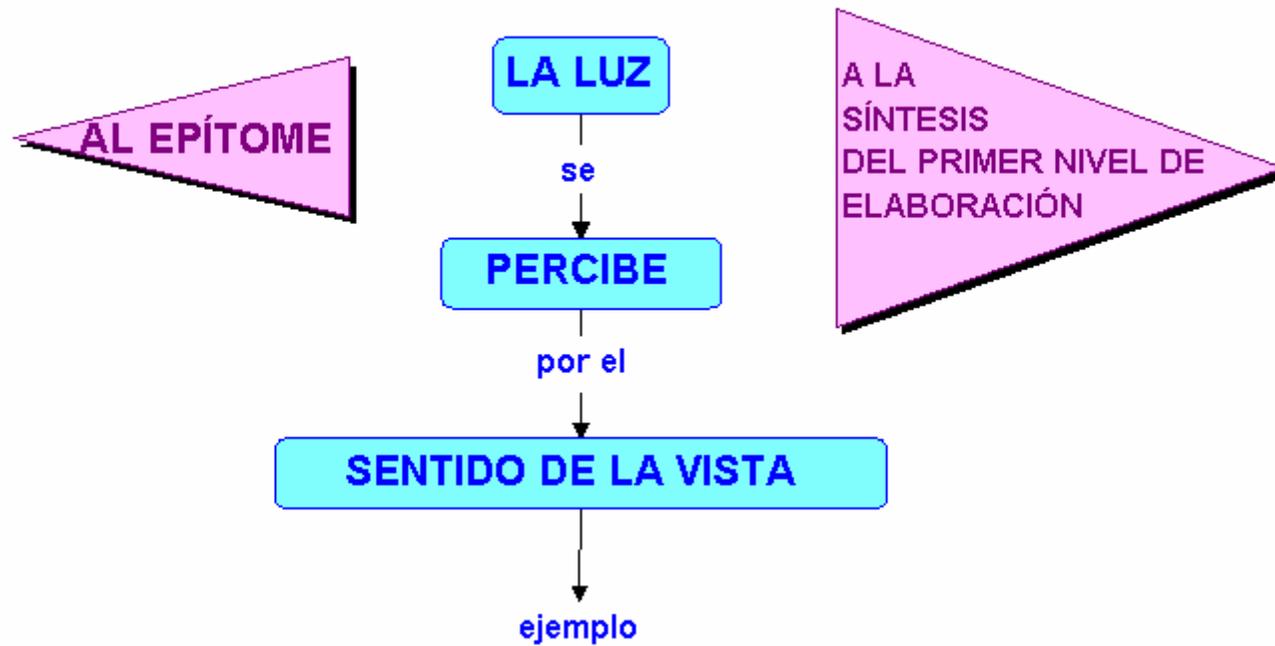
Primera Microsecuencia del primer Nivel de Elaboración

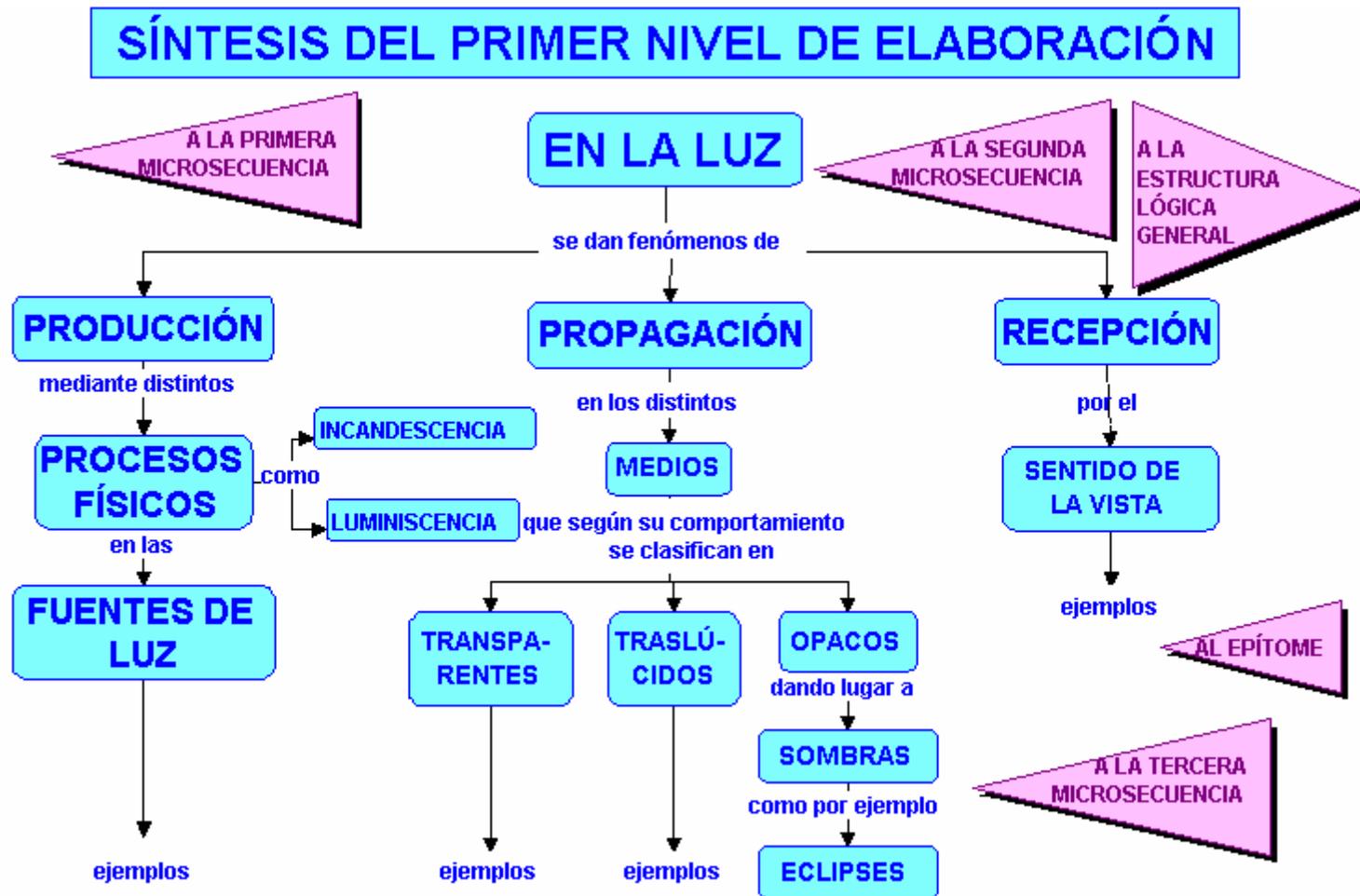


Segunda Microsecuencia del primer Nivel de Elaboración



Tercera Microsecuencia del primer Nivel de Elaboración







PRECONCEPCIONES

(PRIMER NIVEL DE ELABORACIÓN)



A LAS
AYUDAS

- # LA LUZ ES "ALGO" ESTÁTICO QUE LLENA EL ESPACIO.**
- # CUANDO VEMOS UN OBJETO "ALGO" VIAJA DE NUESTRO OJO AL OBJETO.**
- # IDENTIFICAR LA LUZ CON SU CAUSA (FUENTE).**
- # IDENTIFICAR LA LUZ CON SU EFECTO (LUMINOSIDAD).**
- # CONSIDERAR QUE LAS SOMBRAS SE REFLEJAN O QUE LOS OBJETOS TIENEN SOMBRAS.**
- # CUANTO MÁS INTENSA ES LA FUENTE LUMINOSA MAYOR ES EL TAMAÑO DE LA SOMBRA.**

CONTENIDO DE APOYO (PRIMER NIVEL DE ELABORACIÓN)



A LAS
AYUDAS

FUENTES DE LUZ

LUZ: Como trayectoria de los corpúsculos luminosos.

MEDIO TRANSPARENTE: Concepto cotidiano.

MEDIO OPACO: Concepto cotidiano.

MEDIO TRASLÚCIDO: Definición fenomenológica

OJO: Como perceptor de la luz.

EXPLICACIÓN CAUSAL BÁSICA
(PRIMER NIVEL DE ELABORACIÓN)

**ALGUNOS CUERPOS CUANDO SE CALIENTAN
SUFICIENTEMENTE EMITEN PARTÍCULAS QUE
CONSTITUYEN LA LUZ.**

MODELO FÍSICO SUBYACENTE

**LA LUZ COMO CORPÚSCULOS QUE SE
DESPLAZAN EN LÍNEA RECTA.**



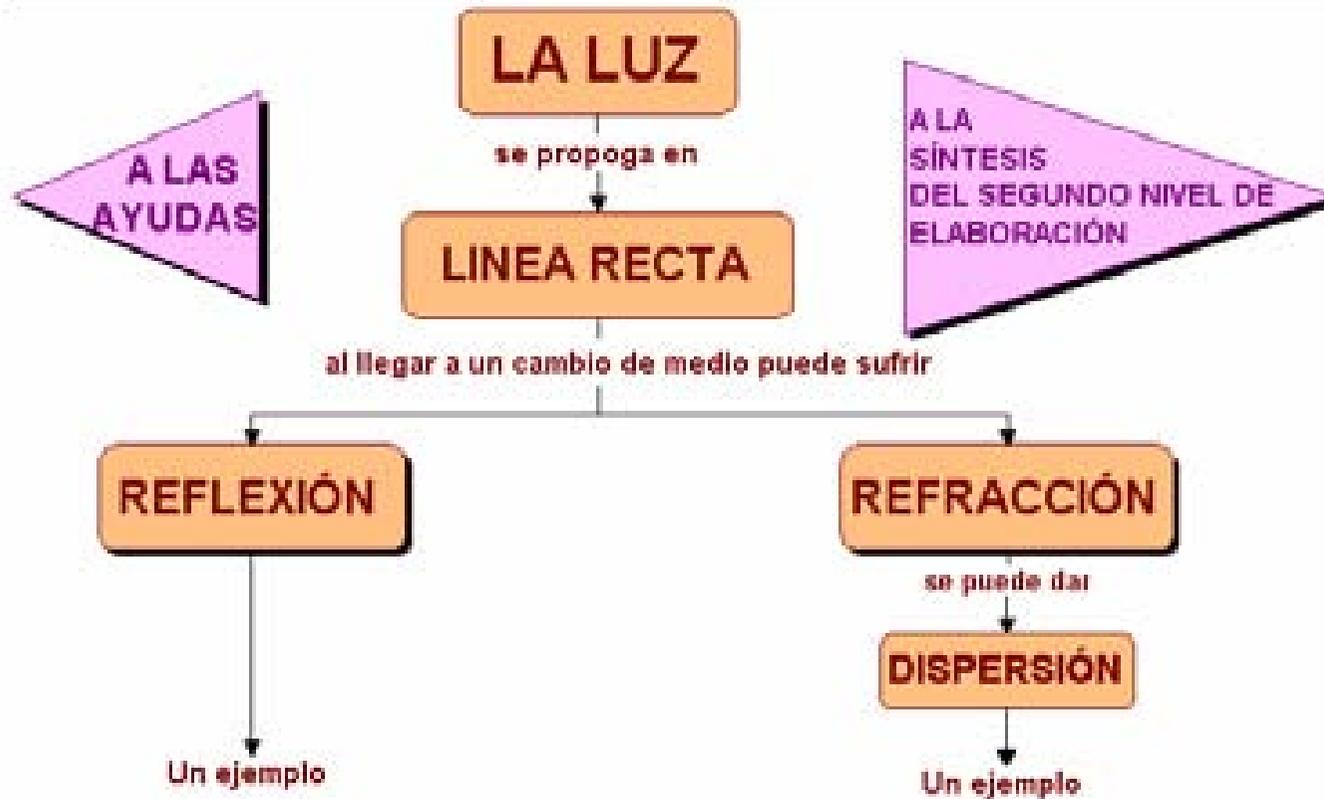
**A LAS
AYUDAS**

CONTENIDO DE PLANTEAMIENTO (PRIMER NIVEL DE ELABORACIÓN)

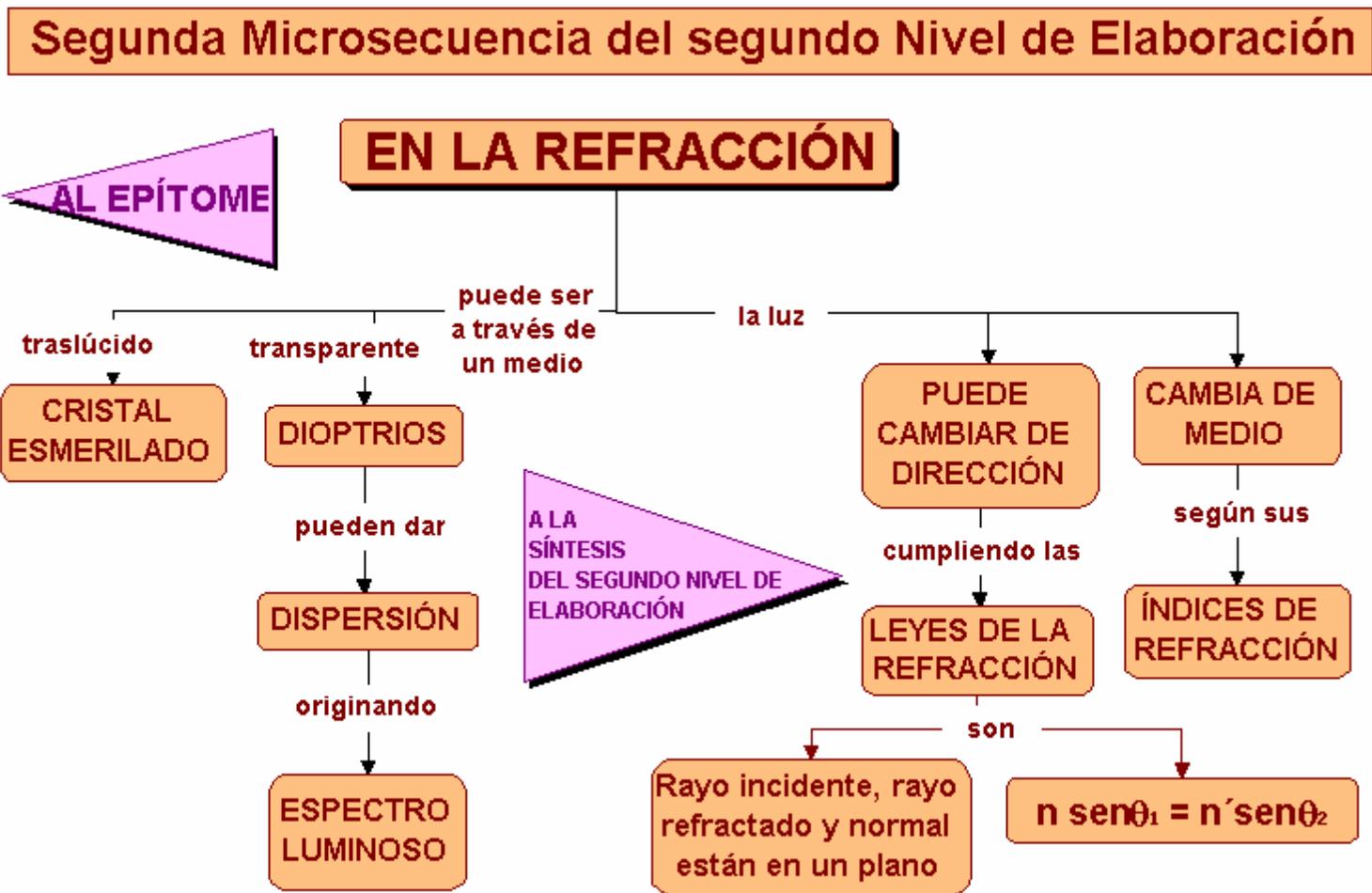


- # ¿Qué pasará si en el camino de la luz se interpone un objeto transparente?
- # ¿Qué pasará si en el camino de la luz se interpone un objeto traslúcido?
- # ¿Qué pasará si en el camino de la luz se interpone un objeto opaco?
- # ¿De qué factores depende el tamaño de la sombra de un objeto?
- # ¿Qué condición debe cumplir la cantidad de luz que llega al ojo para que veamos?

EPÍTOME DEL SEGUNDO NIVEL DE ELABORACIÓN











PRECONCEPCIONES (SEGUNDO NIVEL DE ELABORACIÓN)



**A LAS
AYUDAS**

- # LAS SEÑALADAS EN EL PRIMER NIVEL DEBIDO A SU PERSISTENCIA**
- # SÓLO LOS ESPEJOS REFLEJAN TODA LA LUZ.**
- # LA DESCOMPOSICIÓN DE LA LUZ (DISPERSIÓN) ORIGINA 7 COLORES.**

CONTENIDO DE APOYO (SEGUNDO NIVEL DE ELABORACIÓN)



A LAS
AYUDAS

RAYO DE LUZ: Como trayectoria de los corpúsculos luminosos.

MEDIOS DE PROPAGACIÓN DE LA LUZ: Medio como sustancia.

RAYO INCIDENTE: Explicación a nivel descriptivo y fenomenológico.

RAYO REFLEJADO: Explicación a nivel descriptivo y fenomenológico.

RAYO REFRACTADO: Explicación a nivel descriptivo y fenomenológico.

SUPERFICIE RUGOSA: Concepto cotidiano.

SUPERFICIE PULIDA: Concepto cotidiano.

ÁNGULO: Concepto procedente de la instrucción.

COMPARACIÓN ENTRE ÁNGULOS: Concepto cotidiano.

NORMAL A UN PLANO: Concepto procedente de la instrucción.

EXPLICACIÓN CAUSAL BÁSICA (SEGUNDO NIVEL DE ELABORACIÓN)

CUANDO LA LUZ LLEGA A UN CAMBIO DE MEDIO PUEDE CAMBIAR DE DIRECCIÓN Y CONTINUAR EN EL MISMO MEDIO O PENETRAR EN EL NUEVO MEDIO.

MODELO FÍSICO SUBYACENTE

LA LUZ COMO CORPÚSCULOS QUE SE DESPLAZAN EN LÍNEA RECTA A UNA VELOCIDAD CONSTANTE DISTINTA PARA CADA MEDIO.



**A LAS
AYUDAS**

CONTENIDO DE PLANTEAMIENTO (SEGUNDO NIVEL DE ELABORACIÓN)

- # Conocida la dirección del rayo incidente en un espejo, ¿se puede predecir la dirección del rayo reflejado?
- # Conocida la dirección del rayo incidente en una superficie de separación de dos medios transparentes, ¿se puede predecir la dirección del rayo refractado?
- # ¿Cómo explicas que te veas en un espejo y no en una pared?
- # ¿Cómo te explicas que no puedas ver a través de un cristal esmerilado?
- # ¿Cómo te explicas que se forme el Arco Iris?
- # ¿Cómo te explicas que la luz del sol produzca colores al pasar por algunos "cristales"?

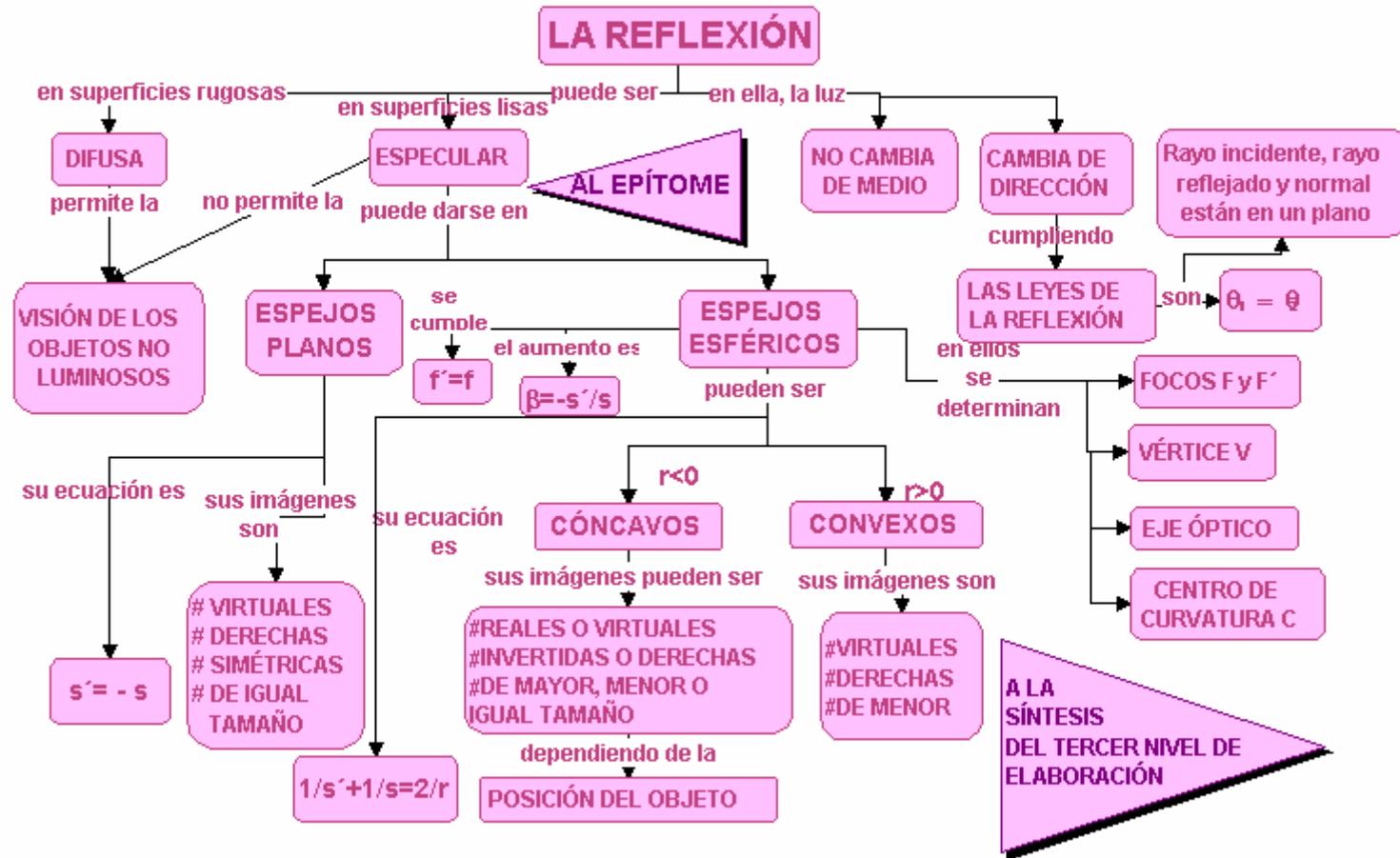


A LAS
AYUDAS

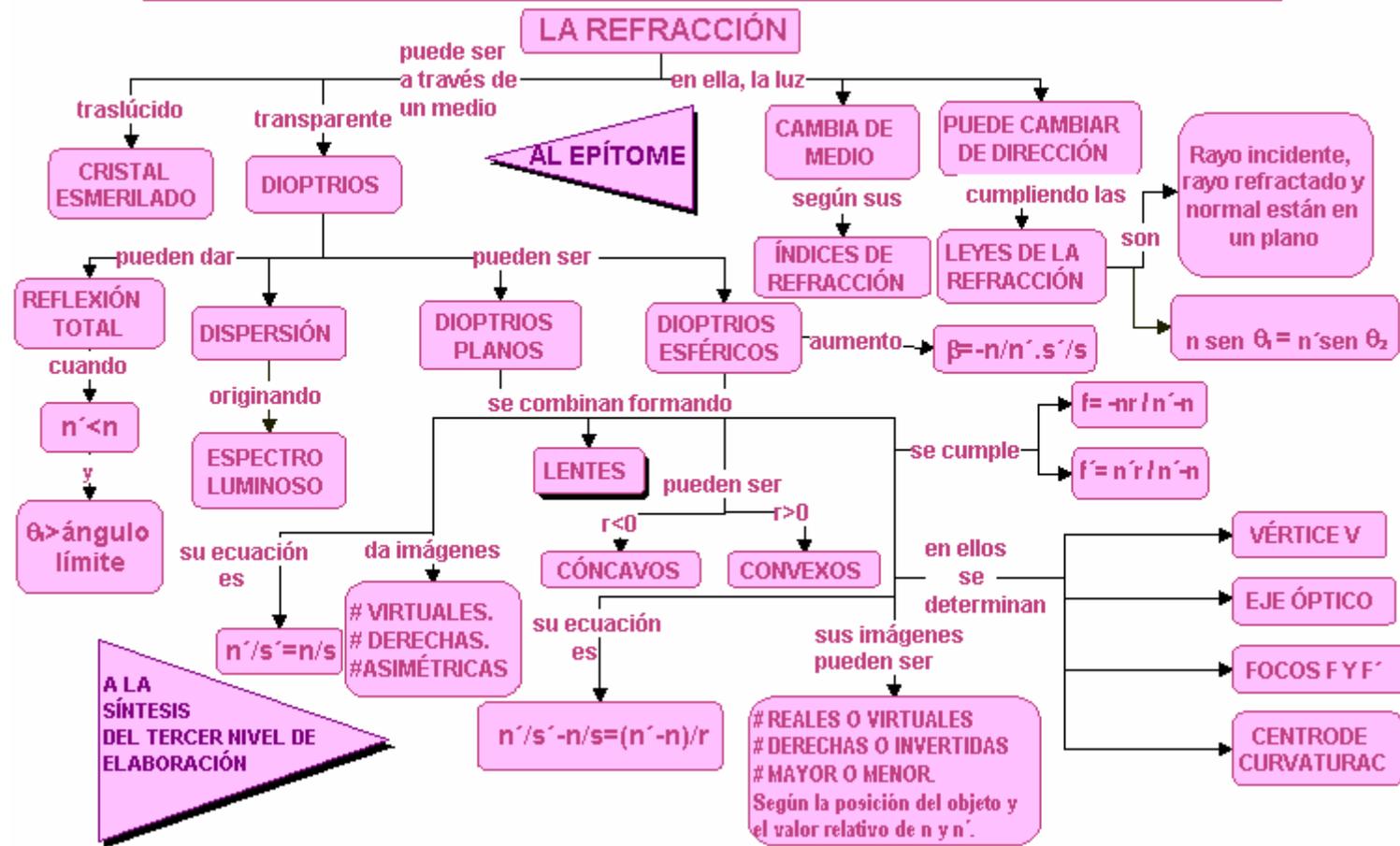
EPÍTOME DEL TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN



Primera Microsecuencia del tercer Nivel de Elaboración



Segunda Microsecuencia del tercer Nivel de Elaboración



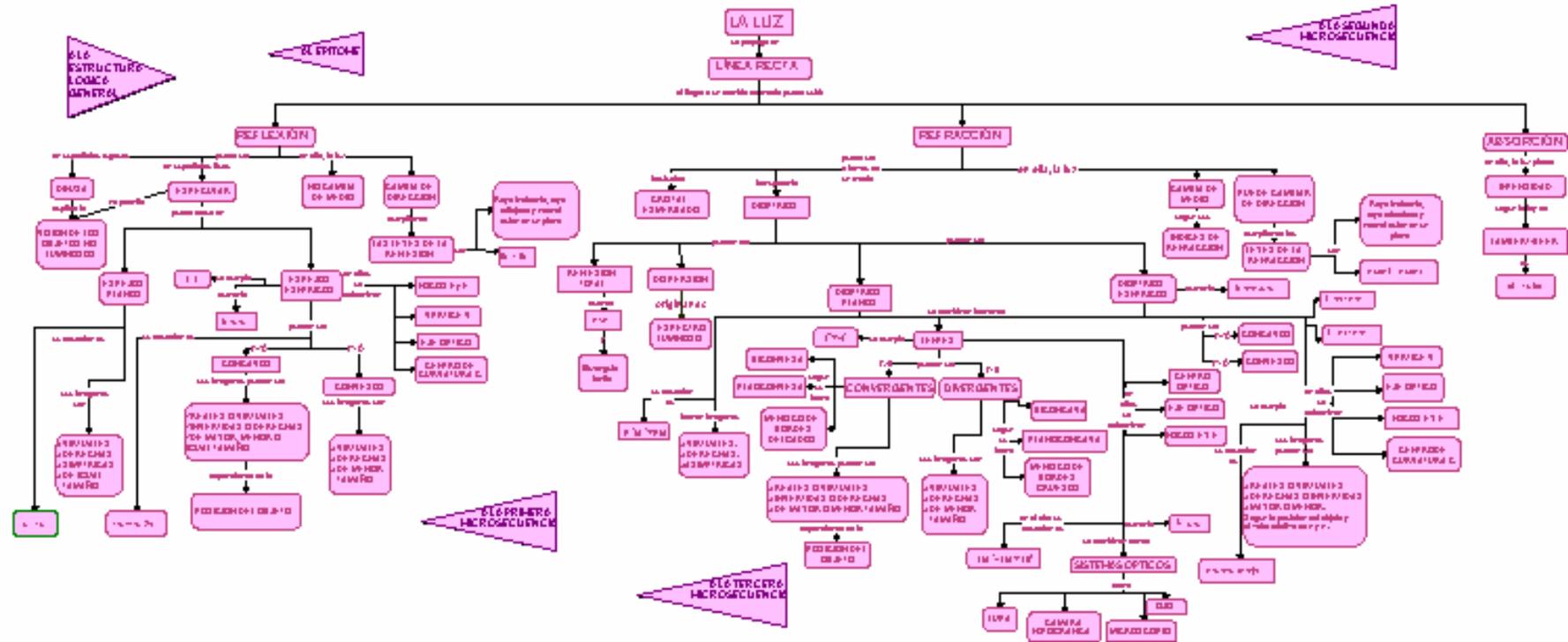
Continuación de la Segunda Microsecuencia del tercer Nivel de Elaboración



Tercera Microsecuencia del tercer Nivel de Elaboración



SÍNTESIS DEL TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN





PRECONCEPCIONES (TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN)

- # Las señaladas en los niveles anteriores debido a su persistencia.
- # Los espejos reflejan la luz y absorben las imágenes.
- # Cuando nos vemos en un espejo algo penetra en él.
- # Todas la imágenes son virtuales.
- # Una lupa no se limita a transmitir la luz, sino que "produce" luz.
- # Sobre la propagación de la luz: línea recta pero restringiéndola a la dirección horizontal.
- # Considerar que la luz se ve.
- # Considerar que la posición de la imagen de un objeto en un espejo plano depende de la posición que ocupa el observador.
- # Considerar la existencia de imágenes en ausencia de la lente que la forma
- # Considerar a la pantalla como un elemento activo en la formación de imágenes reales.



A LAS
AYUDAS

CONTENIDO DE APOYO (TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN)

- # **CONTENIDOS DE APOYO** de los dos niveles anteriores.
- # **INTENSIDAD DE LA LUZ (LUMINOSIDAD):** Concepto cotidiano.
- # **COEFICIENTE DE ABSORCIÓN:** Coeficiente que depende de la naturaleza del medio absorbente.
- # **IMAGEN:** Concepto cotidiano.
- # **VELOCIDAD:** Concepto cotidiano.
- # **SUPERFICIE ESFÉRICA:** Concepto proveniente de la instrucción.
- # **CÓNCAVO:** Concepto proveniente de la instrucción.
- # **CONVEXO:** Concepto proveniente de la instrucción.
- # **CONVERGENTE:** Concepto proveniente de la instrucción.
- # **DIVERGENTE:** Concepto proveniente de la instrucción.



EXPLICACIÓN CAUSAL BÁSICA (TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN)

Cuando la luz llega a un cambio de medio puede cambiar de dirección y continuar en el mismo medio, penetrar en el nuevo medio o ser absorbida por él.

Las reflexiones y refracciones que experimenta la luz al chocar con los obstáculos (dióptrios, espejos y lentes) originan imágenes.

MODELO FÍSICO SUBYACENTE

MODELO GEOMÉTRICO: La luz está formada por corpúsculos que se propagan en línea recta. Estas trayectorias rectilíneas "son los rayos de luz" y son modificadas al chocar con los obstáculos.

A LAS
AYUDAS

CONTENIDO DE PLANTEAMIENTO (TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN)

A LAS
AYUDAS

- # (Los correspondientes a los niveles anteriores)
- # Cuando ves un objeto en el fondo de una piscina, ¿te parece que se encuentra más o menos profundo de lo que en realidad está?
- # ¿Cómo verías un pez a través de la pared de una pecera esférica?
- # ¿Cómo son las imágenes que se forman en los espejos esféricos que hay en algunos cruces de calles?
- # ¿Podrías quemar un papel con una lupa? ¿Cómo? ¿Y con una lente divergente?
- # ¿De qué factores depende la cantidad de luz que es absorbida por un medio?

Capítulo 7

Diseño de secuencias de aprendizaje en la práctica del aula. Ejemplificación de una unidad didáctica de Óptica

7.1. Importancia de las unidades didácticas.

Para la elaboración de esta unidad didáctica se ha tenido en cuenta el trabajo realizado anteriormente en nuestro grupo de investigación sobre electricidad (Pérez y col., 1998a).

El análisis que hemos culminado en el capítulo anterior puede facilitar fundamentalmente una secuenciación de contenidos coherente, en tres niveles de elaboración, para los dos ciclos de la E.S.O. y el Bachillerato, respectivamente.

Cuando se pretende elaborar una unidad didáctica resulta útil tener en cuenta lo que hasta ahora se ha presentado en la Teoría de la Elaboración: las ayudas metodológicas (contenidos de planteamiento, contenidos de apoyo y explicación causal básica) y las microsecuencias de aprendizaje que ayudan en la secuenciación de los contenidos. Como ya se ha señalado, una de las carencias más evidentes e importantes de la Teoría de la Elaboración es no tomar en cuenta la existencia de teorías espontáneas para el diseño de secuencias de instrucción. Quizá en otros ámbitos del conocimiento, la influencia de las teorías espontáneas que pudieran tener los sujetos es insignificante, pero no ocurre así en la enseñanza de la Física. Reigeluth y Stein no tienen en cuenta las importantes interferencias que las teorías implícitas producen en el proceso de aprendizaje (los prerequisites de los que se habla en la Teoría de la Elaboración, como ya hemos comentado, no tienen nada que ver con las ideas espontáneas que estamos mencionando, sino con las estrategias de comprensión necesarias para acceder a la estructura interna de los contenidos). Por esta razón, se han incluido las teorías espontáneas en la macrosecuencia presentada en el capítulo anterior y en este capítulo se desarrollan actividades dirigidas a detectar dichas teorías espontáneas.

Aunque la Teoría de la Elaboración está específicamente dirigida al perfeccionamiento de macrodiseños curriculares que abarquen amplios periodos de instrucción, estos difícilmente serán eficaces si no están en último término orientados a facilitar la elaboración de las unidades didácticas. Estas unidades deben incluir los contenidos específicos de las microsecuencias, así como las actividades necesarias para el desarrollo del epítome y los contenidos correspondientes a un nivel determinado de elaboración o parte de él. Además, deberían contemplar también el tratamiento de los contenidos actitudinales. En el mapa siguiente (Figura 12) se representan los diferentes componentes que debe reflejar una unidad didáctica desde el enfoque de la Teoría de la Elaboración (Pérez y col., 1998a).

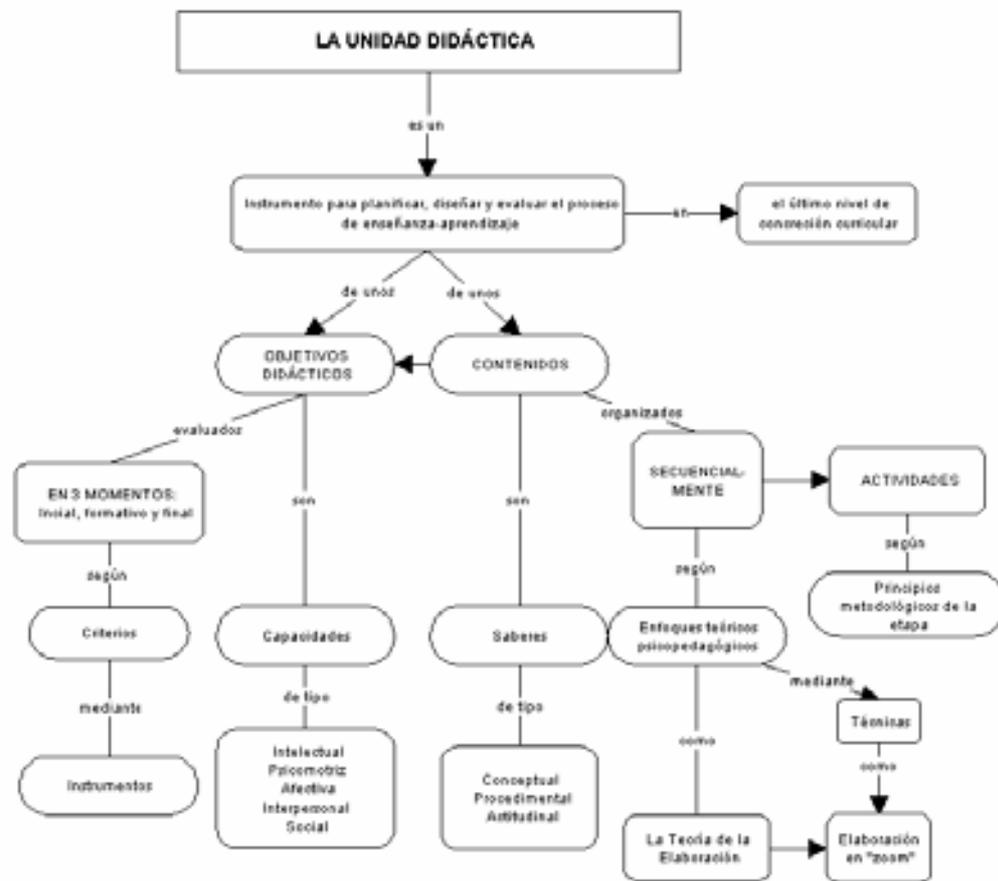


Figura 12: Componentes de una unidad didáctica

Si nos fijamos en el anterior mapa conceptual podríamos decir que, la Teoría de la Elaboración supone un enfoque didáctico innovador que debe afectar especialmente a la secuenciación de contenidos y actividades en las programaciones de aula. Sin embargo, un diseño didáctico coherente requiere considerar también otra serie de orientaciones que afectan al análisis previo que el profesor debe realizar en la planificación de la unidad, así como a la confección de cada una de las actividades.

La elaboración de una unidad didáctica debe hacerse en dos fases.

✓ La primera de ellas, de planificación, debería fundamentarse en ese triple análisis que prescribía Ausubel (1976) para poder abordar las condiciones básicas que posibilitan el aprendizaje significativo:

- el contexto situacional (definido por el conjunto de expectativas, actitudes y disposiciones para el aprendizaje del alumno);
- el análisis de la estructura lógica del contenido de enseñanza; y
- el análisis de la estructura psicológica (conformada inicialmente por los conocimientos previos y las teorías implícitas del alumno) que el proceso de instrucción debe modificar y enriquecer.

Como hemos visto, el enfoque de la Teoría de la Elaboración añade importantes elementos de reflexión especialmente en lo que se refiere al análisis del contenido; de manera que, además de la explicitación de la estructura lógica el profesor puede servirse de los mapas de experto para tratar de representar los contenidos del epítome (utilizando los fenómenos como contenido organizador). Además, debemos anticipar la explicación causal básica que pretendemos inducir al alumno en el nivel de elaboración en que se inserta la unidad didáctica, así como los contenidos de apoyo y planteamiento que van a sustentar a las actividades del epítome.

✓ La segunda fase, es decir, la del diseño curricular propiamente dicho, debe culminar en la concreción de unos objetivos didácticos, unos contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, con sus correspondientes actividades.

Por último el profesor debe tratar de explicitar los criterios, actividades e instrumentos de evaluación que permitirán valorar la consecución de los objetivos planteados.

7.2.- Unidad didáctica de Óptica

Los principales aspectos de una unidad didáctica que pretenda reflejar los presupuestos de la Teoría de la Elaboración son los siguientes:

1. Análisis previo.

- 1.1. Contextualización y análisis situacional.
- 1.2. Descripción del grupo de alumnos.
- 1.3. Directrices y principios psicopedagógicos del Proyecto Educativo de Centro (PEC).
- 1.4. Finalidades educativas.

2. Análisis de la estructura lógica (análisis de contenido).

- 2.1. Mapa de experto.
- 2.2. Mapa del epítome.
 - 2.2.1. Contenido y/o tópico organizador.
 - 2.2.2. Determinación de la explicación causal básica (ECB).
 - 2.2.3. Contenido de apoyo.
 - 2.2.4. Contenido de planteamiento.

3. Objetivos didácticos.

- 3.1. Objetivos didácticos instruccionales.
- 3.2. Objetivos didácticos expresivos.

4. Selección y secuenciación de contenidos.

- 4.1. Científicos: Conceptuales y procedimentales.
- 4.2. Relación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS).
- 4.3. Actitudinales.

5. Niveles de Elaboración.

- 5.1. Primer Nivel de Elaboración.
 - 5.1.1. Mapa del epítome del Primer Nivel de Elaboración.
- 5.2. Segundo Nivel de Elaboración.

5.2.1. Mapa del epítome del Segundo Nivel de Elaboración.

5.3. Tercer Nivel de Elaboración.

5.3.1. Mapa del epítome del Tercer Nivel de Elaboración.

6. Diseño del Tercer Nivel de Elaboración.

6.1. Actividades.

6.2. Actividades para la detección de teorías implícitas.

6.2.1. Test de teorías implícitas.

6.3. Actividades para el desarrollo del epítome.

6.4. Actividades para el desarrollo del Tercer Nivel de Elaboración.

6.4.1. Aspectos históricos.

6.4.2. Aspectos teóricos.

6.4.3. Aspectos humanos y sociales. Relación C-T-S.

7. Evaluación.

7.1. Respecto del papel que representa el profesor.

7.2. Respecto a los alumnos.

8. Bibliografía de la unidad didáctica de Óptica.

La unidad didáctica que se presenta corresponde a los contenidos de Óptica de la ESO y Bachillerato, aunque sólo se ha desarrollado, de acuerdo con los apartados indicados anteriormente, el Tercer Nivel de Elaboración, que se ha probado con 202 alumnos de 6 centros de la provincia de Badajoz, y los resultados se presentan en el capítulo siguiente.

7.2.1. ANÁLISIS PREVIO

7.2.1.1. Contextualización y análisis situacional

Optamos en el Primer Nivel de Elaboración por un modelo corpuscular “rudimentario” porque consideramos que así los alumnos construyen el conocimiento y porque en este modelo es donde van a encontrar explicaciones causales.

En el Segundo Nivel de Elaboración seguimos con el modelo corpuscular y nos centramos en la propagación de la luz al cambiar de medios (reflexión y refracción) a través de superficies planas.

En el Tercer Nivel de Elaboración, se profundiza y se explican fenómenos que no se habían considerado en los niveles anteriores (ángulo límite, reflexión total, paradigmas en la Ciencia...). En este nivel nos centramos, siguiendo el modelo dado por la Óptica Geométrica, en el comportamiento de la luz al cambiar de medio y en la formación de imágenes, de forma general, es decir a través de superficies planas y esféricas.

7.2.1.2. Descripción del grupo de alumnos

La unidad didáctica que se presenta ha sido elaborada para impartirla a unos alumnos con las siguientes características:

Primer nivel de elaboración está dirigido a los alumnos de edades comprendidas entre 12 y 14 años (1º y 2º de ESO).

El segundo nivel de elaboración está dirigido a los alumnos de edades comprendidas entre 14 y 16 años (3º y 4º de ESO).

Y el tercer nivel de elaboración está dirigido a los alumnos de edades comprendidas entre 16-18 años (1º y 2º de bachillerato). Como en el currículo del primer curso de bachillerato no aparece ningún contenido que haga referencia a la Óptica, este nivel se desarrollará en 2º de Bachillerato.

7.2.1.3. Directrices y principios psicopedagógicos del Proyecto Educativo de Centro (PEC)

Son específicas del centro escolar y de su organización.

7.2.1.4. Finalidades educativas

Las finalidades o fines educativos pretendidos en esta unidad didáctica concretan algunos de los expresados en los objetivos generales de la etapa a la que pertenece este nivel escolar. Aunque todos van dirigidos al alumno, según su procedencia podemos distinguir tres tipos:

a) Finalidades centradas en el alumno:

- Desarrollar la capacidad de comunicación de ideas y sentimientos.
- Lograr la autoestima a través del éxito en experiencias y aprendizaje.
- Crear relaciones maduras con los compañeros y los adultos, aceptando la responsabilidad de sus propias acciones.
- Encontrar en la ciencia el placer de conocer el mundo que nos rodea, descubriendo posibles aficiones e intereses relacionados con ella.

b) Finalidades centradas en la sociedad:

- Reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para mejorar las condiciones de existencia de los seres humanos.
- Adoptar una actitud crítica ante los grandes problemas que hoy plantean las relaciones entre ciencia y sociedad.
- Asumir que, en la toma de decisiones, los criterios científicos y tecnológicos deben estar equilibrados con las consideraciones económicas, éticas y sociales.

c) Finalidades centradas en la ciencia:

- Comprender hechos, conceptos, procedimientos y teorías científicas mediante el estudio sistemático de los fenómenos físicos propuestos en esta unidad didáctica.

- Valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción sometido a evolución y revisión continua.
- Desarrollar actitudes positivas tanto científicas como hacia la ciencia.
- Reconocer a la ciencia como un camino más de búsqueda de una verdad que trasciende a los fenómenos naturales y al hombre mismo.

Las metas educativas propuestas pueden ser conseguidas a través de tres dimensiones del desarrollo de la unidad didáctica:

1. Mediante una adecuada selección de los contenidos a impartir.
2. Mediante una correcta elaboración de las actividades que desarrollarán aquellos contenidos.
3. Mediante una acertada metodología, adecuada a los alumnos y a los contenidos.

Es decir, determinadas finalidades, o determinados aspectos de éstas, se alcanzarán con unos contenidos adecuados, pero otras, en cambio, dependerán o bien del tipo de actividad que se haya elegido para impartir esos contenidos (o sea, para un mismo contenido pueden elaborarse distintas actividades, según sea la meta educativa pretendida), o bien de la metodología aplicada (expositiva, trabajo cooperativo, etc.).

Por esta última razón, la metodología apropiada la iremos exponiendo al hilo del desarrollo de las actividades. En este aspecto metodológico es en el que, esencialmente, radica el estilo pedagógico utilizado: dos currículos pueden plantear la misma selección de contenidos y ofrecer actividades muy parecidas, pero, si cambia la metodología, las metas educativas de mayor acento pedagógico serán muy distintas.

7.2.2. ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA LÓGICA (ANÁLISIS DE CONTENIDO)

Podríamos definir la estructura lógica de unos contenidos como la organización conceptual exigida por la ciencia oficial en su estado ya elaborado. Pero el camino que ha de seguir el alumno para la asimilación de estos conocimientos no coincide con el orden lógico mencionado, de aquí la necesidad ineludible de distinguir uno del otro. La estructura lógica de la que partimos se representa mediante el siguiente mapa de experto de manera que nos ayude a reflexionar sobre cuál debe ser el estado final del aprendizaje del alumno a nivel meramente cognitivo: construir un esquema de conocimientos análogo al propuesto por la ciencia oficial.

7.2.2.1. Mapa de experto

El mapa de experto corresponde al mapa de la Estructura Lógica General y debido a su tamaño no se incluye en este apartado. Para consultarlo se encuentra en el capítulo anterior en el apartado 6.2. Macrosecuencia de Óptica.

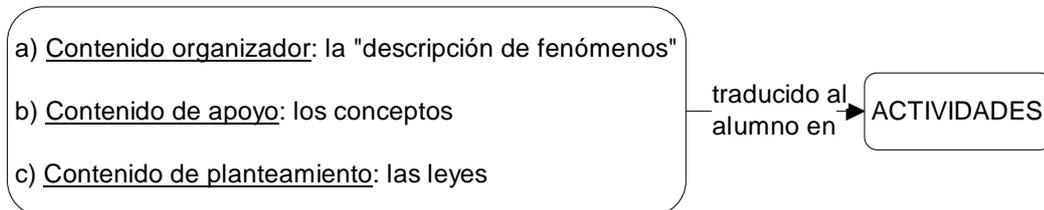
7.2.2.2. Mapa del epítome

El *epítome* al constituir una especie de visión general de todo el tema, permite al alumno partir de una percepción completa y bien sistematizada de los elementos esenciales que va a estudiar. Asimismo, le facilita situarse en cada momento en qué punto del proceso de aprendizaje se encuentra.

El desarrollo del epítome se hará en dos fases:

1. La primera de ellas, correrá a cargo del profesor, el cual deberá construir la estructura del epítome (es la que a continuación vamos a acometer).
2. La segunda fase, será realizada por el alumno, resolviendo actividades que permitan el desarrollo del epítome (la posponemos hasta llegar a la sección general de “Actividades”).

El epítome consta de:



7.2.2.2.1 Contenido y/o tópico organizador

La secuencia de instrucción la organizaremos a través del contenido organizador que sirve de guía a modo de “mapa de carreteras”. Todos los tipos de contenidos aparecerán en el epítome pero en tanto en cuanto sean necesarios para la comprensión del contenido organizador (a modo de contenidos de apoyo).

En nuestro caso, la organización de la secuencia instruccional la vamos a basar en una *descripción de los fenómenos físicos* fundamentales que el alumno va a estudiar. Creemos que es necesario comenzar por presentar el núcleo en el que se asentará la *experiencia* del alumno. Esta presentación debe hacerse en el grado más *concreto* posible y a un nivel de *aplicación* (es decir, que el alumno lo resuelva).

Teniendo en cuenta la estructura lógica que se ha presentado anteriormente, hacemos la selección, subordinada jerárquicamente (vale decir, caminando de lo más general a lo más particular), de fenómenos físicos que potenciarán en el alumno la adquisición de una experiencia fuertemente sistematizada. La presentamos también en el siguiente diagrama:



7.2.2.2.2. Determinación de la explicación causal básica (ECB)

Como ya se ha dicho, una vez obtenido la representación jerárquica de los fenómenos que constituyen los contenidos básicos del epítome, el profesor trata de explicitar una explicación causal básica que subyace a los diferentes fenómenos, para poder orientar posteriormente a los alumnos hacia la inducción de un hipotético nexo causal que puede abstraerse de las invariantes perceptivas a partir de la observación de los mismos.

En este caso, **la explicación causal básica es:**

Cuando la luz llega a un cambio de medio puede cambiar de dirección y continuar en el mismo medio, penetrar en el nuevo medio o ser absorbida por él.

Las reflexiones y refracciones que experimenta la luz al chocar con los obstáculos (dioptrios, espejos y lentes) originan imágenes.

Modelo físico subyacente:

La luz está formada por corpúsculos que se propagan en línea recta. Estas trayectorias rectilíneas “son los rayos de luz” y son modificadas al chocar con los obstáculos.

7.2.2.2.3. Contenido de apoyo

A través de las actividades que más tarde se elaborarán, el alumno dará una explicación causal de los fenómenos presentados y enunciará los detalles descriptivos básicos de los mismos. Naturalmente, esta descripción a nivel general y concreto, de los hechos físicos debe ir acompañada de una primera *reflexión* en la que necesariamente se ha de utilizar una serie imprescindible de *conceptos*. Es lo que constituye el contenido de apoyo, en este caso formado por los conceptos:

- Rayo luminoso.
- Rayo incidente, rayo reflejado, rayo refractado.
- Ángulo de incidencia, de reflexión y de refracción.
- Objeto e imagen real y virtual.
- Distancia objeto y distancia imagen.
- Espejo plano y espejo esférico cóncavo y convexo.
- Medios de propagación de la luz.
- Medios transparentes, traslúcidos y opacos.
- Índice de refracción.
- Dioptrio plano y esférico cóncavo y convexo.
- Lente convergente y divergente.
- Intensidad de la luz (luminosidad).
- Coeficiente de absorción.

Una cuestión de la cual se debe advertir a los profesores es que es muy frecuente entre ellos la tendencia que hay, tal vez procedente de una forma anterior de concebir el aprendizaje, de “explicar” los contenidos agotando al máximo, desde el primer momento, todos los detalles concretos y abstractos que conforman los conceptos y la teoría; sin embargo, la construcción de los significados por parte del alumno requiere pasar por una fase previa en la cual el concepto aún se encuentra vago o difuso. El espíritu de la Teoría de la Elaboración solicita del profesor la formación, preparación y paciencia (incluso, cierto carisma pedagógico) para que, en estadios iniciales del aprendizaje, el

alumno sólo comience a atribuir un significado superficial a los conceptos que está manejando y, al mismo tiempo, se sienta motivado a terminar y completar aquella atribución, siendo metacognoscitivamente consciente de que es él quien construye tales significados y que el profesor es un *mediador* que se lo facilita.

Por lo tanto, no es malo que las ideas queden todavía sin perfilar, sino que, por el contrario, es coherente con una auténtica interpretación de la teoría constructivista del aprendizaje.

7.2.2.2.4. Contenido de planteamiento

Las actividades que se proponen al alumno como descripción de fenómenos deben abocarle a plantear las relaciones causales pertinentes (las teorías) entre los conceptos que ha empezado a elaborar. Es un paso más en la reflexión sobre la experiencia anterior, propiciada sobre todo por una representación, como se ha dicho antes, en un nivel de aplicación, es decir, que comprometa la *acción* del alumno en la búsqueda de explicaciones.

Esta fase resulta muy motivante para el alumno, ya que siente la necesidad de encontrar explicaciones causales a lo que ve, todo ello unido a la componente *afectiva* que de aquí pudiera derivarse, si las condiciones y clima de la clase son adecuados, para hacer que el alumno se comprometa de una forma más plena en su propio proceso de aprendizaje.

En esta unidad didáctica las teorías que deben quedar planteadas (no resueltas, ni mucho menos escritas en forma matemática, sino en forma de meras hipótesis) son, entre otras:

- De qué factores depende el tamaño de la sombra de un objeto?
- Conocida la dirección del rayo incidente en un espejo, ¿se puede predecir la dirección del rayo reflejado?
- Conocida la dirección del rayo incidente en una superficie de separación de dos medios transparentes, ¿se puede predecir la dirección del rayo refractado?

- ¿De qué factores depende la cantidad de luz que es absorbida por un medio?
- ¿Cómo explicas que te veas en un espejo y no en una pared?
- ¿Cómo te explicas que no puedas ver a través de un cristal esmerilado?
- Cuando ves un objeto en el fondo de una piscina, ¿te parece que se encuentra más o menos profundo de lo que en realidad está?
- ¿Cómo te explicas que se forme el Arco Iris?
- ¿Cómo te explicas que la luz del sol produzca colores al pasar por algunos vidrios?
- ¿Cómo verías un pez a través de la pared de una pecera esférica?
- ¿Cómo son las imágenes que se forman en los espejos esféricos que hay en algunos cruces de calles?
- ¿Podrías quemar un papel con una lupa? ¿Cómo? ¿Y con una lente divergente?

El epítome, por tanto, puede ser considerado como el preludio dentro de una visión actualizada de las teorías del aprendizaje, en lo cual el profesor juega un importante papel de mediador.

7.2.3. OBJETIVOS DIDÁCTICOS

Los objetivos didácticos (OD) concretan las intenciones de la unidad didáctica haciendo una referencia explícita a los contenidos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) de la misma.

Distinguiremos dos clases de objetivos didácticos: los *instruccionales* y los *expresivos*, que articulan los resultados esperados del proceso de aprendizaje en coherencia con el paradigma pedagógico que lo enmarca.

7.2.3.1. Objetivos didácticos instruccionales

Son de cuatro tipos: de Percepción, de Análisis, de Síntesis y de Aplicación.

a) De “Percepción”

Tratan tanto de delimitar el *contexto* instruccional más inmediato como de sistematizar la *experiencia* más fundamental. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

a.1. Localizar las teorías implícitas que los alumnos puedan poseer sobre los contenidos de la unidad didáctica.

a.2. Recordar ideas, sobre los contenidos de la unidad didáctica, adquiridas anteriormente a través de la instrucción, activando los esquemas de conocimiento pertinentes.

a.3. Situar, de forma sistemática, los conocimientos experienciales básicos (base de datos experiencial) propios de la unidad didáctica.

a.4. Situar, de forma sistemática, los contenidos teóricos que van a ser tratados en la unidad didáctica.

a.5. Localizar, perceptivamente, los elementos esenciales de cada fenómeno óptico que se va a tratar, como una de las bases de construcción del conocimiento científico.

b) De “Análisis”

Pretenden, además de profundizar en la *experiencia*, iniciar una *reflexión* detallada de la experiencia. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

b.1. Descubrir la existencia de diversos modelos para explicar la naturaleza de la luz, viendo las razones que llevaron a su aceptación.

b.2. Clasificar los procesos de producción de luz.

b.3. Descubrir que la luz de las fuentes naturales y las de las fuentes artificiales tienen las mismas características.

b.4. Explicar el mecanismo de visión.

b.5. Clasificar los distintos medios por su comportamiento frente a la propagación de luz.

b.6. Descubrir los hechos causales que se dan en los distintos fenómenos ópticos que van a ser tratados en la unidad didáctica (propagación rectilínea de la luz, refracción, dispersión, reflexión especular y difusa y absorción,).

b.7. Descubrir los efectos que se producen en aquellos fenómenos ópticos.

b.8. Distinguir los detalles descriptivos básicos de los fenómenos ópticos tratados.

b.9. Clasificar los tipos de fenómenos ópticos tratados.

b.10. Distinguir cuáles son las ideas básicas que constituyen las antiguas teorías sobre la luz.

b.11. Distinguir las características básicas que determinarán los conceptos de rayo de luz, índice de refracción, medio transparente, medio opaco, medio traslúcido, sombra, penumbra, dioptrios, prismas, espejos y lentes.

b.12. Clasificar los fenómenos ópticos por los efectos que producen en la propagación de la luz: Reflexión, refracción y absorción.

b.13. Distinguir los elementos que intervienen en cada fase del método científico.

b.14. Descubrir la relación entre el ángulo de incidencia y el de reflexión.

b.15. Descubrir la relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de

refracción.

b.16. Descubrir la relación entre el plano que ocupa el rayo incidente, el rayo reflejado, el refractado y la normal a la superficie de separación.

b.17. Descubrir la relación entre la intensidad inicial y la final en el fenómeno de absorción.

b.18. Descubrir la relación entre índice de refracción de un medio y la longitud de onda de la radiación que incide en ese medio.

b.19. Descubrir los elementos esenciales que forman parte en un sistema óptico centrado (distancia focal y focos, radio y centro de curvatura e índice de refracción).

b.20. Distinguir entre los distintos sistemas ópticos.

b.21. Analizar la formación de imágenes en los distintos sistemas ópticos (espejos planos y esféricos, dioptrios planos y esféricos, lentes).

b.22. Deducir la relación entre las posiciones del objeto y de la imagen para los distintos sistemas ópticos.

b.23. Distinguir entre imagen virtual y real.

b.24. Distinguir entre espejo plano, cóncavo y convexo.

b.25. Distinguir entre dioptrio plano, cóncavo y convexo.

b.26. Distinguir entre lente convergente y divergente.

c) De “Síntesis”

La *reflexión* que se trataba en el apartado anterior debe culminar siempre en una síntesis de modo que los esquemas de conocimiento queden bien consolidados, lo cual significa resúmenes, comparaciones, relaciones, revisiones, repeticiones, reconciliaciones, formulación de conclusiones, etc. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

c.1. Relacionar lógicamente (de forma verbal o matemáticamente) las causas con sus respectivos efectos en los fenómenos ópticos estudiados.

c.2. Relacionar, en una estructura lógica, mediante la utilización de un mapa conceptual, las ideas básicas que desarrollan la “perspectiva general” de la unidad didáctica.

c.3. Resumir, en un listado ilustrado con un ejemplo, los fenómenos ópticos que son tratados en la unidad didáctica.

c.4. Comparar las ideas fundamentales de las distintas teorías antiguas sobre la luz.

c.5. Resumir, en un listado, algunos de los descubrimientos más importantes de la óptica.

c.6. Relacionar, en una estructura lógica, mediante la utilización de un mapa conceptual, los contenidos teóricos de la unidad didáctica.

d) De “Aplicación”

Los nuevos esquemas de conocimiento obtenidos por el alumno deben, por su propia naturaleza, modificar las conductas de éste. Es decir, deben conducirle a una *acción* que, instruccionalmente, se traducirá en saber aplicar aquellos conocimientos para resolver situaciones concretas. En esta unidad didáctica se han formulado los siguientes:

d.1. Aplicar el método científico en la investigación de sencillos fenómenos ópticos: identificar el problema, formular hipótesis, elaborar diseños experimentales de comprobación, obtener datos experimentales, analizar e interpretar los resultados obtenidos.

d.2. Transferir al lenguaje matemático la definición de magnitudes ópticas (índice de refracción, ángulo de incidencia, ángulo de refracción, ángulo de reflexión, distancias objeto e imagen, distancias focales) y las relaciones expresadas por las leyes físicas (propagación rectilínea de la luz, leyes de Snell, las expresiones de los puntos conjugados (fórmulas generales) para lentes, espejo y dioptrios).

d.3. Resolver ejercicios numéricos de aplicación de los principales conceptos y leyes.

d.4. Aplicar el “control de variables” para comprobar alguna ley física.

d.5. Aplicar los conocimientos de las leyes de la óptica para el montaje de algún instrumento óptico.

d.6. Aplicar el conocimiento de las leyes físicas para entender el

funcionamiento de los instrumentos ópticos (lupa, cámara fotográfica, el microscopio, el telescopio, el ojo humano).

d.7. Transferir el significado de los elementos reales que intervienen en un sistema óptico a un esquema y viceversa.

d.8. Representar con diagramas de rayos la formación de sombras y penumbra.

d.9. Representar con diagramas de rayos la formación de una imagen en dioptrios, espejos y lentes.

d.10. Resolver problemas “abiertos” de Óptica.

d.11. Aplicar los conocimientos científicos sobre la propagación de la luz a situaciones problemáticas de la vida cotidiana.

7.2.3.2. Objetivos didácticos expresivos

Estos objetivos didácticos no están relacionados con lo que el alumno va a aprender sino que pretenden estimular ciertas actitudes en orden a la acción.

Son de dos tipos: de actitudes científicas y de actitudes personales y sociales.

A) De actitudes científicas y hacia la ciencia

A.1. Reconocer la posible existencia de teorías implícitas propias elaboradas espontáneamente.

A.2. Apreciar, a través del estudio de las antiguas teorías, el carácter evolutivo y no dogmático de los conocimientos científicos.

A.3. Comunicar las ideas científicas con precisión y rigor conceptual.

A.4. Mediante el análisis cada vez más detallado de las leyes físicas, apreciar las diferencias epistemológicas entre las teorías implícitas y las oficiales (mayor carácter explicativo, existencia de elementos como el objeto modelo, el sistema físico y el sistema teórico).

A.5. Reconocer las aportaciones que el conocimiento científico, respecto a la “luz”, ha hecho al progreso y al bienestar social.

A.6. Reconocer tanto la necesidad de aplicar una metodología sistemática

para la utilización del método científico, como la de aplicar también la imaginación en muchas de sus fases (proceso creativo).

A.7. Aplicar la habilidad manual y los conocimientos a la resolución de problemas ópticos de la vida cotidiana.

A.8. Informar honestamente de los resultados y conclusiones obtenidos en los trabajos experimentales.

B) De actitudes personales y sociales

B.1. Respetar las ideas de los demás.

B.2. A través de la constatación de la existencia de las teorías implícitas, convencerse de que la explicación científica es consustancial al ser humano.

B.3. Captar, afectivamente, el reto que supone la experimentación científica encaminada al descubrimiento de la realidad.

B.4. A través de los debates, reconocer que las ideas propias contienen un compromiso personal que afecta a nuestros sentimientos.

B.5. Dejarse afectar por los sentimientos que despierta el esfuerzo de los científicos por la búsqueda del conocimiento.

B.6. Dejarse afectar por los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

B.7. Apreciar, como experiencia personal, el carácter cooperativo que posee el trabajo científico.

B.8. Participar en las tareas de planificación y realización de actividades tanto individuales como en equipo.

B.9. Valorar el esfuerzo y la superación de dificultades durante el proceso de aprendizaje.

Los objetivos didácticos deben proporcionar un desarrollo armónico y equilibrado de las finalidades educativas, pero, al mismo tiempo, no se debe caer en la “dominación de estos objetivos”. Precisamente, muchas de las metas de más calado educativo no pueden expresarse en forma de objetivos o, en el mejor de los casos, se pueden formular a modo de objetivos expresivos, como más arriba se ha hecho. La excesiva supeditación a objetivos didácticos muy concretos merman las

posibilidades formadoras del currículo. Esta es la razón por la que, aunque se ha confeccionado una matriz que relaciona los objetivos didácticos con las actividades (aparece al final de la unidad didáctica), no se ha hecho lo mismo con las finalidades.

7.2.4. SELECCIÓN Y SECUENCIACIÓN DE CONTENIDOS

La selección de contenidos dentro de una unidad didáctica puede tener múltiples alternativas. En todo caso, deben estar claramente explicitados cuáles son los criterios utilizados para esta selección. En este caso son los siguientes:

- ✓ Que favorezcan lo más posible la consecución, por parte de los alumnos, de las finalidades educativas propuestas.
- ✓ Que sean relevantes para el alumno cultural y científicamente.
- ✓ Que sean interesantes y cercanos para el alumno.

En favor de una mayor claridad didáctica los hemos dividido en tres grupos:

7.2.4.1.-Científicos: Conceptuales y procedimentales

Conceptuales

1. Procedencia y propiedades de la luz.
2. Clasificación de materiales según su comportamiento con la luz:
Cuerpos transparentes, traslúcidos y opacos.
3. Percepción de la luz.
4. Naturaleza de la luz.
5. Propagación rectilínea de la luz.
6. Propagación de la luz en los distintos medios: Formación de sombras.
Reflexión especular y difusa. Refracción. Fenómenos de absorción.
7. Leyes de la reflexión.
8. Leyes de la refracción.
9. Índice de refracción.
10. Reflexión total.
11. Fenómenos de dispersión. Espectro luminoso.
12. Sistemas ópticos centrados.
13. Dioptrios esféricos. Formación de imágenes en un dioptrio esférico.

14. Dioptrio plano. Formación de imágenes en un dioptrio plano.
15. Espejos esféricos. Formación de imágenes en un espejo esférico.
16. Espejos planos. Formación de imágenes en un espejo plano.
17. Lentes delgadas. Construcción de imágenes en lentes.
18. Instrumentos ópticos.

Procedimentales

1. Búsqueda de información sobre temas científicos.
2. Estrategias de percepción, análisis, síntesis y aplicación.
3. Debates sobre temas científicos.
4. Montaje de algún sistema óptico.
5. Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.
6. Aplicación del método científico.
7. Recogida y tratamiento de datos mediante representaciones gráficas.
8. Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionada con los fenómenos estudiados.
9. Elaboración de mapas conceptuales que sinteticen lo aprendido.

7.2.4.2.-Relación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS)

1. Breve desarrollo histórico de algunos aspectos importantes de la Óptica.
2. La utilización de los instrumentos ópticos en la vida cotidiana.
3. Aportaciones que el conocimiento científico, respecto a la Óptica, ha hecho al progreso y al bienestar social.
4. Las aplicaciones en otras ramas de las ciencias y de la tecnología de los últimos descubrimientos ópticos.

7.2.4.3-Actitudinales

1. Carácter no dogmático y evolutivo de la Ciencia.
2. Valoración afectiva del esfuerzo de los científicos y del propio esfuerzo.

3. Autoestima.
4. Cooperación responsable en el trabajo en grupos.
5. Utilidad práctica del conocimiento científico.
6. Curiosidad e interés por investigar fenómenos relacionados con la luz.
7. Respeto a las conclusiones obtenidas por los compañeros.
8. Valoración de las aportaciones de los conocimientos sobre la luz en la mejora de la calidad de vida.
9. Precisión, orden y claridad en el tratamiento y presentación de datos y resultados.

7.2.5. NIVELES DE ELABORACIÓN

La Teoría de la Elaboración, como dicen sus autores, actúa como un “zoom”. El epítome corresponde a la visión general y *lejana* de todo el tema. Luego se acerca este “zoom” para conseguir en más profundidad una visión más cercana y completa a partir de los contenidos propuestos.

En esta unidad didáctica se han distinguido tres niveles de elaboración para secuenciar los contenidos seleccionados. Aunque solo se presenta desarrollado el tercer nivel de elaboración, se exponen, junto con el mapa del epítome, los contenidos científicos seleccionados para el primer y segundo nivel de Elaboración.

A continuación hacemos referencia a los contenidos conceptuales ya que los procedimentales, y actitudinales enunciados anteriormente se corresponden para los tres niveles.

7.2.5.1. Primer Nivel de Elaboración

Corresponde al nivel mínimo y va dirigido a los alumnos de 1º y 2º de ESO (12-14 años).

Los contenidos seleccionados son tratados en un nivel descriptivo-fenomenológico:

1. Fuentes de luz.
2. Clasificación de los materiales según su comportamiento con la luz en transparentes, translúcidos y opacos.
3. Propagación de la luz: Sombra.
4. Percepción de la luz: el ojo.

7.2.5.1.1. Mapa del epítome del Primer Nivel de Elaboración



7.2.5.2. Segundo Nivel de Elaboración

Una vez finalizado el aprendizaje del primer nivel, antes descrito, se procede a retomar de nuevo algunos de los contenidos para ser tratados (a modo de currículo en espiral) con un grado de mayor abstracción y complejidad. Este nivel está dirigido a los alumnos de 3º y 4º de ESO (14-16 años)

Los contenidos científicos correspondientes a este nivel son:

1. Propagación rectilínea de la luz.
2. Reflexión de la luz.
3. Refracción de la luz.
4. Espectro luminoso.

7.2.5.2.1. Mapa del epítome del Segundo Nivel de Elaboración



7.2.5.3. Tercer Nivel de Elaboración

Volvemos a retomar nuevamente algunos de los contenidos tratados en el primer y segundo nivel de elaboración (a modo de currículo en espiral) con un grado de mayor abstracción y de complejidad. El Tercer Nivel de Elaboración corresponde a un grado de exigencia más avanzado y dirigido a los alumnos del último ciclo de la Enseñanza Secundaria: 1º y 2º de Bachillerato (16- 18 años).

A.- Científicos

A.1. Conceptuales

1. Naturaleza de la luz.
2. Propagación rectilínea de la luz.
3. Propagación de la luz en los distintos medios: Formación de sombras.

Reflexión especular y difusa. Refracción. Fenómenos de absorción.

4. Leyes de la reflexión.
5. Leyes de la refracción.

6. Índice de refracción.
7. Reflexión total.
8. Fenómenos de dispersión. Espectro luminoso.
9. Sistemas ópticos centrados.
10. Dioptrios esféricos. Formación de imágenes en un dioptrio esférico.
11. Dioptrio plano. Formación de imágenes en un dioptrio plano.
12. Espejos esféricos. Formación de imágenes en un espejo esférico.
13. Espejos planos. Formación de imágenes en un espejo plano.
14. Lentes delgadas. Construcción de imágenes en lentes.
15. Instrumentos ópticos.

A.2. Procedimentales

1. Búsqueda de información sobre temas científicos.
2. Estrategias de percepción, análisis, síntesis y aplicación.
3. Debates sobre temas científicos.
4. Montaje de algún instrumento óptico.
5. Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.
6. Aplicación del método científico.
7. Recogida y tratamiento de datos mediante representaciones gráficas.
8. Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionadas con los fenómenos estudiados.
9. Elaboración de mapas conceptuales que sinteticen lo aprendido.

B. De relación Ciencia-Técnica-Sociedad (C-T-S)

1. Breve desarrollo histórico de algunos aspectos importantes de la Óptica.
2. La utilización de los instrumentos ópticos en la vida cotidiana.
3. Aportaciones que el conocimiento científico, respecto a la Óptica, ha hecho al progreso y al bienestar social.
4. Las aplicaciones en otras ramas de las ciencias y de la tecnología de los últimos descubrimientos ópticos.

C. Actitudinales

1. Carácter no dogmático y evolutivo de la Ciencia.
2. Valoración afectiva del esfuerzo de los científicos y del propio.
3. Autoestima.
4. Cooperación responsable en el trabajo en grupos.
5. Utilidad práctica del conocimiento científico.
6. Curiosidad e interés por investigar fenómenos relacionados con la luz.
7. Respeto a las conclusiones obtenidas por los compañeros.
8. Valoración de las aportaciones de los conocimientos sobre la luz en la mejora de la calidad de vida.
9. Precisión, orden y claridad en el tratamiento y presentación de datos y resultados.

7.2.5.3.1. Mapa del epítome del Tercer Nivel de Elaboración



7.2.6. DISEÑO DEL TERCER NIVEL DE ELABORACIÓN

7.2.6.1.- Actividades

Aunque al tratar las fases de elaboración de la unidad didáctica el desarrollo de las actividades y la metodología se dio de forma separada, vamos, sin embargo, a dar las orientaciones metodológicas al hilo de la exposición de las actividades, según convenga, con objeto de facilitar la labor del profesor.

El desarrollo de cada uno de los anteriores puntos es trabajo personal del profesor que no tiene por que llegar directamente al alumno. En cambio, las actividades que ahora proponemos son a las que el alumno ha de dar respuesta.

Atendiendo a la intencionalidad de los principios educativos que rigen la elaboración de esta unidad didáctica, para mayor claridad vamos a distinguir tres tipos de actividades:

1. El primer paso es el desarrollo de actividades para la detección de las *teorías implícitas* que nuestros alumnos pudieran tener sobre los fenómenos físicos que vamos a tratar.

Estas actividades, por tanto, inciden sobre el *contexto* cognitivo del estudiante.

2. Las actividades para el desarrollo del epítome inciden sobre todo en la *experiencia* del alumno, organizando y potenciando su experiencia inicial (que luego será ampliada a lo largo de toda la unidad didáctica), pero también afecta al contexto cognitivo porque nos brinda una buena ocasión para explorar las ideas instruccionales previas (no nos referimos a las concepciones alternativas o teorías implícitas antes mencionadas).

3. Las actividades para el desarrollo de los contenidos complementan las experiencias inicialmente propuestas y las profundizan, sometiendo al alumno a una *reflexión* sobre las mismas y a una aplicación (*acción*) como consecuencia del deseable compromiso cognitivo y afectivo al que el alumno debe llegar.

7.2.6.2. Actividades para la detección de teorías implícitas

Es el punto de partida del trabajo del alumno. Es decir, intentamos que nuestros alumnos expliciten las teorías alternativas que sobre fenómenos poseen y que se enfrenten al conflicto conceptual que se produce con las teorías oficiales.

Como “Orientaciones Metodológicas” generales acerca de las actividades sobre ideas previas se puede decir que partir en la instrucción de las teorías implícitas es, además de cognitivamente necesario, una de las opciones más motivadoras para los alumnos. El compromiso que toda persona tiene con sus propios esquemas de conocimiento operativos le implica rápidamente en una experiencia para ella sugestiva y le permite un acercamiento afectivo, elemento fundamental de nuestro paradigma pedagógico, a los contenidos del tema que se está tratando.

Se puede seguir una de las dos alternativas siguientes de trabajo en la utilización de estas pruebas de “lápiz y papel”:

1. Trabajo individual de los alumnos que culmina en una puesta en común de todo el grupo.
2. Trabajo en pequeños grupos (de 2 a 4 alumnos, por ejemplo).

Cada grupo discute (se debe dar gran importancia al debate dentro del grupo) y acuerda la respuesta. Se termina también en una puesta en común del gran grupo.

El profesor debe valorar si es conveniente desvelar todas o algunas de las respuestas correctas o, por el contrario, es más útil, didácticamente dejar la solución verdadera para ir dándola a lo largo del desarrollo posterior de los contenidos de la unidad didáctica (aspecto que, hábilmente utilizado, puede incrementar la motivación en el alumno). De cualquier forma, en la puesta en común, el profesor debe formular explícitamente las teorías implícitas que hayan reflejado los alumnos a través de sus respuestas. Este trabajo de “exposición” de

las ideas espontáneas es fundamental para plantear e intentar resolver el conflicto conceptual existente entre las teorías implícitas y oficiales.

Una precaución que debemos tomar con nuestros alumnos es no llevar a su ánimo la idea de que la existencia de estas preconcepciones es cuestión de una mayor o menor “inteligencia”, ni, por supuesto, ridiculizarlas. Todos los seres humanos las construimos.

Las teorías implícitas que se quieren detectar son:

- ✓ Identificar la luz con sus fuentes o con sus efectos (Guesne, 1989).
- ✓ Ideas previas sobre el mecanismo de la visión (Guesne, 1989).
- ✓ Relacionar el tamaño de las sombras con la luminosidad de la fuente de luz (Hierrezuelo y Montero, 1991).
- ✓ Sobre la propagación de la luz: La luz procedente de una fuente se propaga en unas direcciones preferenciales (Feher y Rice, 1992).
- ✓ Considerar que la propia luz es visible (Viennot y Chauvet, 1997)
- ✓ Idea previa sobre la posición de la imagen formada en un espejo plano (Goldberg y MacDermott, 1986).
- ✓ Considerar que una lupa aumenta la intensidad (cantidad) de la luz (Guesne, 1989).
- ✓ Considerar la existencia de una imagen en ausencia de lentes (Kaminski, 1989).
- ✓ Dificultad en conocer la localización de la imagen real (¿se propaga la luz o las imágenes?)(Galili 1996).

7.2.6.2.1. Test de teorías implícitas.

1. ?

En una habitación, hay una lámpara encendida, un espejo, una mesa y varias sillas. ¿Dónde hay luz?:

- a) La luz está en la lámpara
- b) En la lámpara y en el espejo
- c) En todos los objetos: las paredes, el espejo, la mesa, las sillas....
- d) En toda la habitación

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:Sugerencias metodológicas:

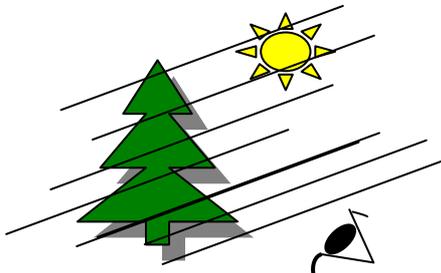
Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la naturaleza de la luz. Diversos autores, han comprobado que los alumnos suelen identificar la luz con sus fuentes o con sus efectos y no como una entidad independiente en el espacio.

Objetivos didácticos que desarrolla:

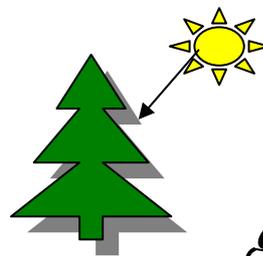
a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

2. ?

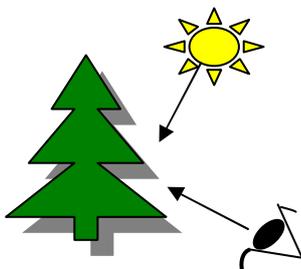
De los siguientes esquemas ¿Cuál crees tú que explica mejor por qué vemos el árbol?:



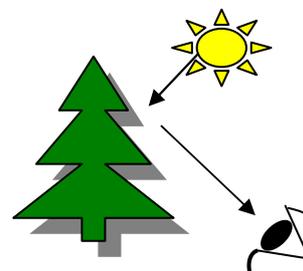
a) La luz del sol llena el espacio



b) El árbol está iluminado por el sol



c) La visión va del ojo al árbol que está iluminado por el sol



d) La luz del sol se refleja en el árbol y llega a nuestros ojos

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre el mecanismo de la visión. Es muy provechoso que las ideas intuitivas aquí explicitadas puedan ser luego utilizadas en el desarrollo de los contenidos históricos, en relación con las teorías antiguas, tanto de los pitagóricos como de Platón, etc... Resulta interesante que los alumnos comprueben que sus preconcepciones coinciden con aquellas teorías. Es una buena ocasión para tratar cuestiones epistemológicas relacionadas con la evolución del conocimiento científico.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

3. ?

¿Cómo es la sombra de un objeto iluminado por una bombilla que alumbra muy poco con respecto a la sombra del mismo objeto iluminado por una bombilla que alumbra mucho?:

- Más grande
- Más pequeña
- Del mismo tamaño
- No lo sé

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la formación de sombras. Los distractores están relacionados con la idea de que el tamaño de las sombras depende de la intensidad de la bombilla con la que se ilumine

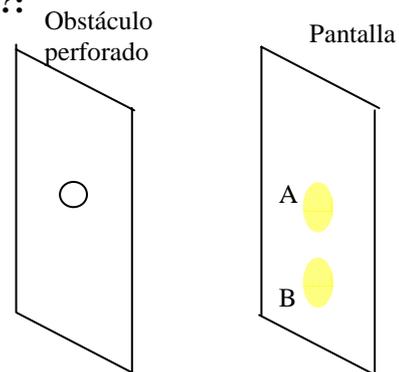
Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

4. ?

En la siguiente figura se representa una bombilla, un obstáculo con un orificio y una pantalla. ¿Llegará luz a la pantalla?:

- No
- Sí, estará iluminada la zona A
- Sí, estará iluminada la zona B
- Sí, estarán iluminadas las zonas A y B

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**Sugerencias metodológicas:

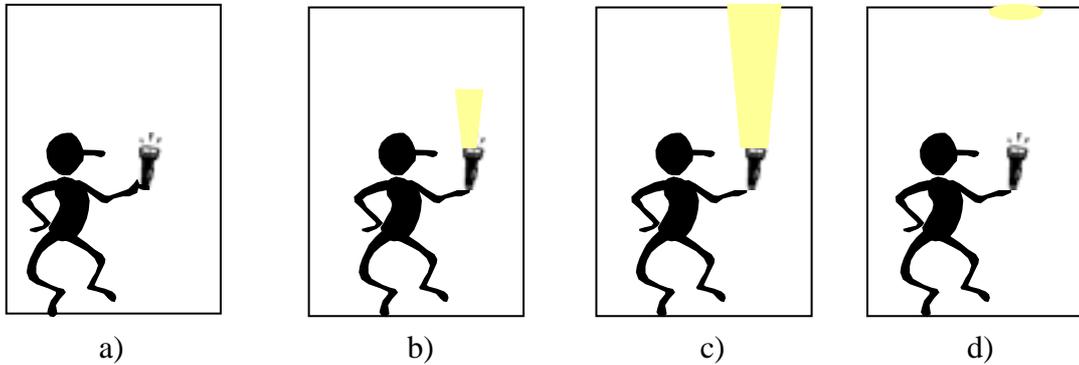
Con esta actividad se pretende detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la propagación rectilínea de la luz, orientadas hacia la idea de que la luz procedente de una fuente se propaga en unas direcciones preferenciales (dirección horizontal normalmente) según la situación que se plantee y no emite rayos en todas las direcciones.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

5. ?

Si en una habitación oscura perfectamente limpia sin polvo ni humo en el aire, encendemos una linterna dirigida hacia el techo. Elige el dibujo que represente lo que observarías:

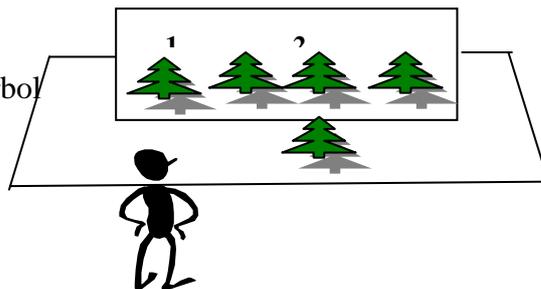


ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:
Sugerencias metodológicas:
 Los alumnos rechazan la idea de que la luz es invisible y la asemejan a sus efectos, por ejemplo a la difusión de las partículas de polvo cuando un haz de luz entra por la ventana.
 Las ideas intuitivas aquí explicitadas pueden ser aprovechadas para entender el mecanismo de la visión.
Objetivos didácticos que desarrolla:
 a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

6. ?

En la figura siguiente, ¿dónde localiza el observador la imagen del árbol en el espejo?:

- Posición 1, frente al observador
- Posición 2, entre el observador y el árbol
- Posición 3, frente al árbol
- Posición 4, a la derecha del árbol



ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar las concepciones que los alumnos tienen sobre la relación que guarda la posición de la imagen dada por un espejo y la posición del observador delante del espejo.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

7. ?

La luz del sol al atravesar una lupa es capaz de quemar un papel. En esta situación se cumple que:

- La cantidad de luz que sale de la lupa es mayor que la que llega a la lupa
- La cantidad de luz que sale de la lupa es menor que la que llega a la lupa
- La cantidad de luz que sale de la lupa es igual que la que llega a la lupa
- La cantidad de luz que llega al papel depende de lo oscuro que sea el papel

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar si los alumnos consideran que una lupa, lente convergente, aumenta la intensidad de la luz.

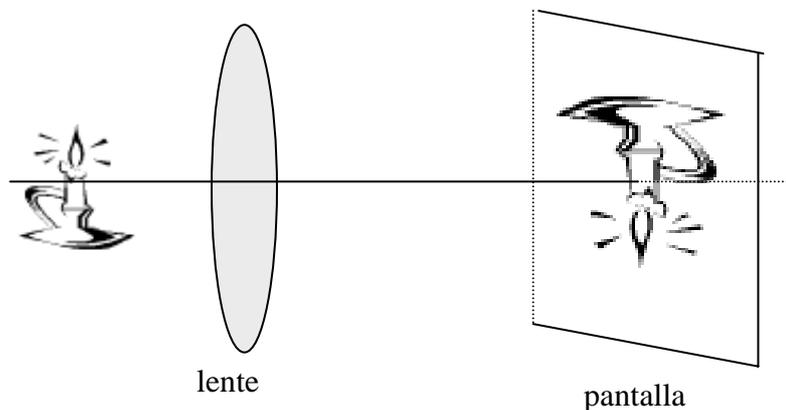
Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

8. ?

Observa la imagen invertida que de la vela forma la lente sobre la pantalla. Al quitar la lente:

- La imagen desaparece
- La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero derecha
- La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero más pequeña
- La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero derecha y del mismo tamaño

**ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**Sugerencias metodológicas:

Los alumnos suelen considerar que la imagen existe realmente en el lugar donde se ve, por eso al quitar la lente, la imagen puede seguir en aquel lugar.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

9.- ?

Como en la cuestión anterior, observa la imagen formada de una vela por una lente en la pantalla. Al quitar la pantalla

- La imagen no se forma
- La imagen no se ve, pero sí se forma
- La imagen no desaparece pero está derecha
- La imagen no desaparece pero se hace más pequeña

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar si los alumnos tienen dificultad para distinguir entre "formación de una imagen real" y "percepción de una imagen real". Si se quita la pantalla para la mayoría de los alumnos la imagen no se forma o se transforma en virtual (Salinas y Sandoval 1999). El debate puede ir dirigido hacia el papel que ejerce la pantalla en la formación de imagen.

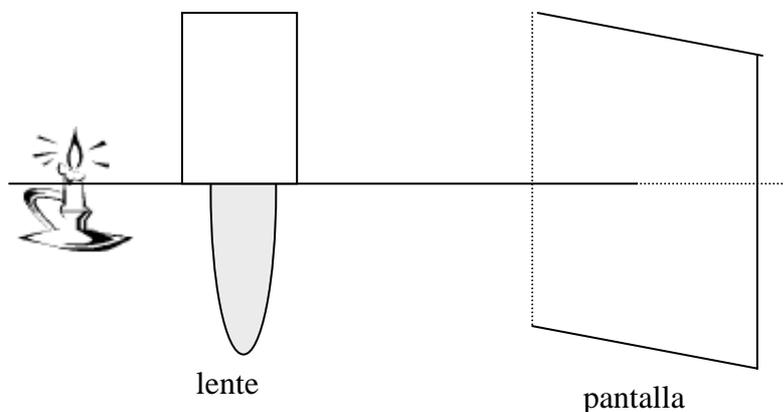
Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

10.- ?

Siguiendo con la misma figura, si se tapa la mitad de la lente:

- Se formará sólo la mitad correspondiente de la imagen
- Se formará la imagen entera
- No se formará la imagen
- Se formará una imagen de tamaño la mitad que la anterior



ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad está orientada a detectar si los alumnos tienen dificultad en entender la formación de una imagen real: ¿se propaga la luz o las imágenes?

Los distractores están relacionados con la idea de que cada punto del objeto emite un solo rayo luminoso que porta información estructural del punto origen. Es lo que Galili (1996) llama "imagen proyectada".

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.1, A.1, B.1, B.2, B.4

7.2.6.3. Actividades para el desarrollo del epítome

Tratamos de introducir a los alumnos en el tema, desde lo más general y concreto y al mismo tiempo más cercano. El epítome también proporciona una ocasión más de seguir insistiendo en las teorías ya tratadas.

Es conveniente que dejemos participar a los alumnos libremente, sin rectificarles los naturales errores científicos que puedan cometer, pues se pretende que den descripciones generales partiendo directamente de la percepción de los fenómenos. Se trata de implicarlos en la experiencia y que la vivan con “gusto”: La experimentación debe proporcionar sensaciones que el alumno debe captar a un nivel *afectivo*. Por otra parte, aunque el profesor deba encauzar la discusión y obtener una síntesis mínimamente coherente, no debe caer en la tentación de dar explicaciones a los hechos observados que vayan más allá de la conjetura sobre el **hecho causal fundamental**

⊕ 1. Epítome (Propagación rectilínea de la luz)

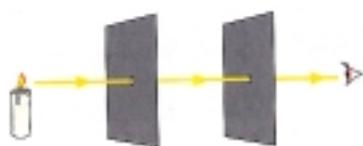
Material: Dos cartulinas, tijeras, una fuente de luz y una regla.

El profesor realiza un orificio en cada cartulina y las coloca, de forma que los orificios queden alineados, una detrás de la otra separadas unos centímetros, delante del foco de luz. A continuación enciende la fuente de luz y le pide a varios alumnos que miren a través de los orificios.

Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado.

En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Qué ocurriría si movemos una cartulina? ¿Y si movemos la fuente o el ojo?
- ¿Cómo tenemos que colocar los elementos que forman parte de nuestra actividad para que la luz de la fuente luminosa llegue a los ojos? (*planteamiento de una relación*)



ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

El profesor no indicará a los alumnos que los orificios de las cartulinas están alineados sino que montará la actividad como si no hubiese tenido en cuenta esto.

Conceptos de apoyo que han surgido: Rayo luminoso como la trayectoria seguida por la luz en su propagación.

Leyes de planteamiento: Relación entre la propagación de la energía luminosa y el camino que lleva en su propagación.

Como fuente luminosa se puede utilizar una linterna de oftalmólogo.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

⊕ 2. Epítome (Reflexión y formación de imágenes en espejos planos)

Material: Un espejo plano y un lápiz

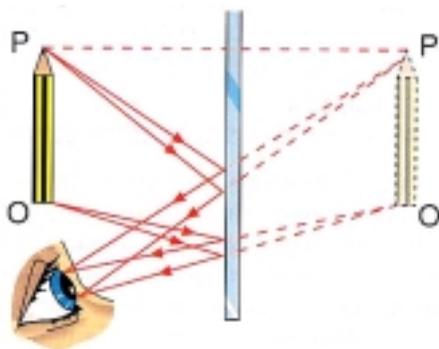
Con un espejito el profesor trata de captar la luz del sol que entra por la ventana de la clase (o de una fuente artificial, por ejemplo de un puntero láser) y dirigirla (reflejarla) hacia la pared de la clase.

Se pide a los alumnos que den una explicación fenomenológica de lo que están observando. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- Conocida la dirección del rayo incidente en un espejo, ¿se puede predecir la dirección del rayo reflejado? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocido el plano en el que se encuentra el haz de luz que llega al espejo, ¿se puede predecir el plano donde se encuentra el rayo reflejado? (*planteamiento de una relación*).

A continuación se coloca un lápiz verticalmente frente al espejo. Les pedimos a los alumnos que observen la imagen en el espejo y expliquen el fenómeno. En concreto:

- Conocido el tamaño del objeto, ¿se puede predecir el tamaño de la imagen? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).



- Conocida la distancia, con respecto al espejo, a la que se encuentra el objeto, ¿se puede predecir la distancia a la que se encuentra la imagen? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Conceptos de apoyo que han surgido: espejo plano, rayo incidente y reflejado, ángulo de incidencia y de reflexión, plano y normal a un plano en un punto como conceptos provenientes de la instrucción anterior, objeto e imagen, distancia objeto y distancia imagen.

Leyes de planteamiento: relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo reflejado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia al espejo del objeto y la distancia a la que se forma la imagen.

Si no fluye la comunicación con los alumnos el profesor puede plantear preguntas como:

- ¿Cambiaría el tamaño de la imagen al acercar o alejar el lápiz al espejo?

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

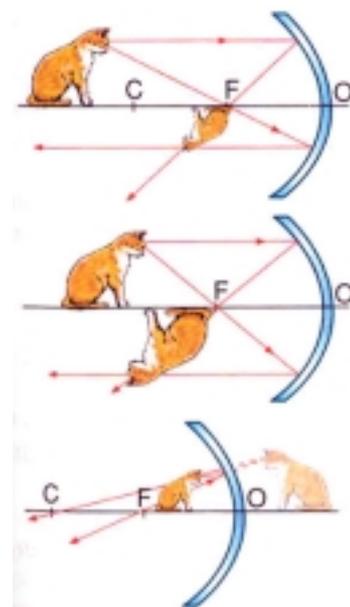
⊕ 3. Epítome (reflexión y formación de imágenes en espejos esféricos)

Material: Espejo esférico cóncavo (sirve uno de tocador “de los de aumento”).

Se les pide a los alumnos que observen la imagen de su cara (o la de cualquier objeto), formada por el espejo, para distintas distancias del espejo con respecto a la cara.

A) Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Cómo es el tamaño de la cara observada en el espejo con respecto al tamaño real?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocida la distancia, con respecto al espejo, a la que se encuentra el objeto, ¿se puede predecir la distancia a la que se encuentra la imagen?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Existe alguna posición cara-espejo donde no se vea la imagen de la cara?



- ¿Que ha ocurrido en este caso?
- ¿Qué diferencias observas con el espejo de la actividad anterior?
- ¿Se cumplirán las mismas leyes (reflexión) que has planteado en la actividad anterior?

B) Se pueden repetir los apartados anteriores pero con un espejo convexo (es opcional)

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

El profesor no dirá que es un espejo esférico, ya que a simple vista no se ha de notar. Con esta actividad tratamos que los alumnos encuentren diferencias entre la imagen dada por este espejo y la debida al espejo plano anterior, aunque en definitiva la explicación causal básica sea la misma: Cuando la luz llega a un cambio de medio puede cambiar de dirección y continuar en el mismo medio.

Si no tenemos un espejo cóncavo serviría una cuchara y además conseguimos también un espejo convexo dando la vuelta a la cuchara.

También se pretende que los alumnos comprendan que las leyes de la reflexión se cumplen siempre, ya sea el espejo esférico o plano.

Conceptos de apoyo que han surgido: espejo, rayo incidente y reflejado, ángulo de incidencia y de refracción, plano y normal a un plano en un punto como conceptos provenientes de la instrucción anterior, objeto e imagen real y virtual, distancia objeto, distancia imagen, superficie esférica, cóncava y convexa, como conceptos provenientes de la instrucción anterior.

Leyes de planteamiento: relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo reflejado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia al espejo del objeto y la distancia a la que se forma la imagen.

Si no fluye la comunicación con los alumnos el profesor podrá plantear preguntas como:

- ¿Cambiaría el tamaño de la imagen al acercar o alejar el espejo a la cara?

Cuantos más aumentos tenga el espejo mejor (de x4 ó x5)

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

❖ 4. Epítome (Refracción y formación de imágenes en dioptrios planos)

Material: Un recipiente con agua, un lápiz y una canica.

Los alumnos examinarán el recipiente vacío observando principalmente la profundidad de este. A continuación el profesor introduce el lápiz, un poco inclinado, parcialmente en el agua.

A) Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo se ve ahora el lápiz?
- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).



- ¿De qué depende que el lápiz parezca doblarse? (*planteamiento de una relación*).

B) A continuación colocamos una canica en el fondo del recipiente y se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- ¿A qué profundidad se observa la canica?
- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- Conocida la profundidad (posición de la canica) del recipiente ¿se puede predecir la distancia a la que se ve la canica? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).

En ambos apartados puede preguntarse a los alumnos:

- Conocida la dirección del rayo incidente en la superficie del agua, ¿se puede predecir la dirección del rayo refractado? ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocido el plano en el que se encuentra el haz de luz que llega a la superficie del agua, ¿se puede predecir el plano en el que se encuentra el rayo refractado? ¿De qué depende? (*planteamiento de una relación*).

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Conceptos de apoyo que han surgido: medios de propagación de la luz (como sustancia), medio transparente, dioptrio plano, rayo incidente y refractado, ángulo de incidencia y de refracción, índice de refracción (como magnitud que caracteriza a los medios), plano y normal a un plano en un punto como concepto proveniente de la instrucción anterior, objeto e imagen, distancia objeto, distancia imagen.

Leyes de planteamiento: relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción del primer y segundo medio; relación entre la dirección del ángulo de incidencia y la dirección del ángulo de refracción; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el rayo refractado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen; relación entre la distancia objeto y la distancia a la que se forma la imagen.

Si no fluye la comunicación con los alumnos el profesor podrá plantear preguntas como:

- ¿Habrá algún caso en el que el lápiz no se doble? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Depende del tipo de líquido empleado? ¿Y del material del que está fabricado el lápiz?

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

⊕ 5. Epítome (refracción y formación de imágenes en dioptrios esféricos)

Material: Un recipiente transparentes de paredes esféricas y unas canicas

Un recipiente transparente de paredes esféricas (una copa), se llena de agua, y se observa a través de las paredes algún objeto que pongamos dentro del agua (por ejemplo unas canicas). Se pide a los alumnos una explicación global de lo que están viendo. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).
- ¿Como es el tamaño del objeto observado a través de las paredes de la pecera con respecto al tamaño real?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*).
- Conocida la distancia, con respecto a la superficie esférica, a la que se encuentra el objeto, ¿se puede predecir la distancia a la que se encuentra la imagen?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)
- ¿Se cumplirán las mismas leyes (refracción) que has planteado en la actividad anterior?
- Que ocurriría si miramos el interior de la pecera pero a través de la superficie superior (plana) del agua.



ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Conceptos de apoyo que han surgido: medios de propagación de la luz (como sustancia), medio transparente, dioptrio esférico, rayo incidente y refractado, ángulo de incidencia y de refracción, índice de refracción (como magnitud que caracteriza a los medios), plano y normal a un plano en un punto como conceptos provenientes de la instrucción anterior, objeto e imagen, distancia objeto, distancia imagen y superficie esférica, cóncava y convexa, como conceptos provenientes de la instrucción anterior.

Leyes de planteamiento: relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción del primer y segundo medio; relación entre la dirección del ángulo de incidencia y la dirección del ángulo de refracción; relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el rayo refractado; relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen para el dioptrio esférico; relación entre la distancia objeto y la distancia a la que se forma la imagen para el dioptrio esférico.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.2; a.3; a.4; b.6; b.7; b.8; c.1; B.1; B.3; B.4.

❖ 6. Epítome (refracción y formación de imágenes en lentes)

Material: Un foco luminoso, una lupa (lente convergente), un folio blanco y una lente divergente (opcional).

A) El profesor enciende el foco de luz y coloca un folio en blanco frente al foco de luz. A continuación intercala la lupa entre el foco y el folio.

Se les pide a los alumnos que:

- Indiquen las diferencias que observan en el aspecto del folio iluminado antes y después de intercalar la lente entre el foco y el folio.

- ¿A qué se debe este cambio? (*hecho causal fundamental*).

A continuación se le sugiere a los alumnos que toquen la lupa, y se les pregunta:

- ¿Qué forma tiene?

- ¿Dependerá el efecto producido, de la forma de la lente? (*planteamiento de una relación*).

B) A continuación se coloca la lupa entre nuestros ojos y una página del libro de Física. Se les pide a los alumnos que expliquen el fenómeno. En concreto:

- ¿Qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).

- ¿Cómo es el tamaño de las letras observado a través de la lupa respecto de su tamaño real?, ¿de qué depende? (*planteamiento de una relación*)

- ¿Habrá alguna posición para la cual no se puedan leer las letras a través de la lupa?

- En este caso ¿qué está ocurriendo? (*hecho causal fundamental*).

B) Se puede repetir la actividad con una lente divergente (opcional)





⊕ 7. Epítome (Absorción)

Material: Recipiente transparente, agua, unas gotas de leche o de tinta, una linterna, un diafragma con una ranura o con un orificio.

El profesor monta la siguiente actividad: Sobre un recipiente transparente que contiene agua y unas gotas de leche, se hace incidir un haz de luz procedente de una linterna después de atravesar un diafragma con una ranura o con un orificio. Se observa y compara la luz que entra en el recipiente con la que sale del mismo.

Se pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado. En concreto:

- Una explicación fenomenológica de lo que ha ocurrido (*hecho causal fundamental*).
- ¿De qué depende la disminución de intensidad de la luz a la salida del recipiente? (*planteamiento de una relación*).



8. Epítome (síntesis)

Los alumnos realizarán un mapa conceptual en donde expongan, de forma jerárquica y relacional, los tipos de fenómenos descritos a través del desarrollo de las actividades anteriores.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

En las actividades anteriores se ha trabajado en aspectos de la percepción de los fenómenos físicos (base para potenciar la experiencia del alumno) y en el análisis de los mismos (primer paso de la reflexión), dentro de un nivel de aplicación, como es preceptivo en la Teoría de la Elaboración. Es obligado ahora seguir con la reflexión, pero trabajando aspectos de la síntesis que proporcionen al alumno una visión de conjunto de todo lo tratado, así como una consolidación.

Esta actividad está dirigida a la repetición de los conocimientos que el alumno ha debido adquirir. Sería deseable que realizaran un mapa conceptual lo más aproximado posible al que le ha servido de base, al profesor, para elaborar estas actividades, que sirva también de evaluación de la asimilación del alumno.

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.3; c.2; B.6.



9. Epítome (síntesis)

Los alumnos deberán confeccionar un resumen en el que figuren los siguientes elementos:

- Cada uno de los tipos de fenómenos referidos a la actividad anterior.
- Un ejemplo práctico de aplicación (en la vida real) de cada uno de ellos.
- Un sencillo esquema de cada uno de ellos.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

Sugerencias metodológicas:

Ya se ha explicado que el epítome debe proporcionar una perspectiva total de la unidad didáctica, en un nivel muy general (sin profundizar, manejando todavía los conceptos “difusos”, de forma muy concreta y aplicada, planteando y sugiriendo, motivando experiencialmente, etc). En consecuencia debe contar, a este nivel de generalidad al que nos referimos, con todos los elementos que conforman nuestra visión pedagógica fundamental: experiencia, reflexión y acción. Con esta última actividad (una repetición/evaluación más) se cierra el ciclo inicial de aprendizaje, ofreciendo una actividad de síntesis más, en un nivel de aplicación (de acción).

Objetivos didácticos que desarrolla:

a.3; a.4; c.3.

7.2.6.4. Actividades para el desarrollo del Tercer Nivel de Elaboración

Se propone un número amplio de actividades secuenciadas con la intención de que cada profesor elija las que crea más convenientes a su proyecto didáctico y al tiempo disponible para la instrucción de la unidad didáctica, aunque las mejores actividades serán siempre las que el propio profesor construya. De cualquier forma, en los libros de texto siempre se podrán encontrar muy buenas actividades; lo imprescindible es que la selección que se haga responda a la intención, ritmo y sentido del concepto de enseñanza/aprendizaje que el profesor quiere aplicar.

En cada actividad, dentro de las “Orientaciones Metodológicas”, incluiremos:

- ✓ Sugerencias metodológicas.
- ✓ Referencia a los objetivos didácticos desarrollados.
- ✓ Breve análisis de los tipos de contenidos tratados.

De nuestra experiencia docente y de los resultados obtenidos del test de teorías implícitas, se hace necesario tener en cuenta una serie de recomendaciones, que pueden considerarse como unas orientaciones metodológicas generales, en la realización de las actividades para este tercer nivel de elaboración. Estas son las siguientes:

- Los alumnos deben distinguir entre “formación de una imagen” y “percepción de una imagen”, para poder resolver incomprensiones derivadas de la ausencia de una clara diferenciación entre ambas nociones. Por ejemplo, el papel activo que se asigna incorrectamente a la pantalla en la formación de una imagen real. Si se quita la pantalla para la mayoría de los alumnos la imagen desaparece o se transforma en virtual (Salinas y Sandoval 1999). Si embargo, sin pantalla, la imagen podrá ser observada colocando el ojo en regiones próximas al eje óptico del sistema, detrás de la posición que ocupaba la pantalla, y mirando hacia el objeto a través del sistema óptico (Golberg y McDermott 1987; Salinas y

Sandoval 1997).

- Los alumnos deben llegar a la conclusión de que la distinción entre “imagen real” e “imagen virtual” proviene de la “óptica de las imágenes” (es decir del mecanismo físico responsable del haz divergente de rayos que emerge del sistema óptico) y no del mecanismo de su percepción visual, que es idéntico para ambos tipos de imágenes.

- Se debe incorporar sistemáticamente el ojo del observador como parte del sistema óptico que interviene en el proceso complejo formación - percepción de la imagen, a fin de favorecer una adecuada comprensión de los “comportamientos” ópticos observados.

- Seguir los pasos propuestos en lo que nosotros llamamos “La técnica del ojo Grande” para la representación de las imágenes (Pérez y col., aceptado). Estos pasos pueden resumirse en:

- 1) Construir imágenes de puntos, no de objetos extensos.
- 2) Trazar al menos 2 rayos procedentes de cada punto objeto y que ambos lleguen a un ojo.
- 3) En las imágenes reales, prolongar los rayos más allá del punto donde se crucen (lugar donde se forma la imagen), dirigiéndolos hacia un ojo.
- 4) El ángulo que formen esos 2 rayos debe ser lo más pequeño posible, si no compensarlo pintando el ojo muy grande (técnica del ojo grande).

- Los alumnos deben comprender que el carácter de “objeto” o “imagen” de una entidad óptica no es ontológica (no está “en el ser” de la entidad en cuestión) sino operativa: la imagen formada por una superficie refringente o reflectante puede actuar como objeto para otra superficie. Consideraremos las siguientes definiciones:

- a) “Objeto”, cuando emita rayos divergentes que incida sobre la superficie bajo estudio.

- b) “Imagen real”, cuando a ella lleguen rayos convergentes provenientes de la superficie bajo estudio.

c) “Imagen virtual”, cuando prolongando los rayos divergentes provenientes de la superficie bajo estudio, éstos parezcan venir de dicha imagen.

(En este nivel no vamos a tener en cuenta los objetos virtuales).

- Advertir a los alumnos del carácter convencional y arbitrario de reglas mnemotécnicas usadas habitualmente en Óptica, como las tablas de signos, con el fin de que adquieran significación, utilidad y funcionalidad ante los alumnos.

A continuación se detallan las actividades seleccionadas para el desarrollo del tercer nivel de elaboración.

7.2.6.4.1. Aspectos históricos



1.- Teorías antiguas sobre la explicación de la naturaleza de la luz.

Se propone a los alumnos que hagan un estudio bibliográfico de la evolución histórica sobre la naturaleza de la luz:

- ✓ Las teorías antiguas.
- ✓ La luz como un flujo de partículas (teoría corpuscular de Newton).
- ✓ La luz como una onda.
- ✓ El vacío y el éter.
- ✓ Ondas electromagnéticas.

Se pide a los alumnos que:

- a) En el plano de la experiencia:
 - Reseñen los fenómenos ópticos más importantes conocidos en cada época.
 - Perciban el grado de desarrollo tecnológico correspondiente a los aparatos entonces utilizados.
- b) En el plano de la reflexión:
 - Descubran la relación de cada teoría con los fenómenos ópticos por aquella época conocidos y su progresión en la explicación de tales fenómenos.

- Analicen las semejanzas entre muchos de los aspectos de las teorías antiguas y las explicaciones dadas por los alumnos en la fase de “detección de teorías implícitas”.
- Elaboren un esquema con las características esenciales de aquellas teorías antiguas.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas: La información se le puede facilitar al alumno según se considere el grado de dificultad que se quiera poner y las disponibilidades de material en el aula. Una forma sería dirigir al alumno a una búsqueda personal de la bibliografía adecuada. Más sencillo es disponer en el aula de algún libro ya identificado para la consulta de estos contenidos. Lo más directo es, desde luego entregarle unas fotocopias con un material ya elaborado por el propio profesor. También se le puede indicar al alumno que haga una búsqueda en Internet, con lo cual el alumno tendría contacto con las nuevas tecnologías. Una dirección apropiada para este fin es: <http://www.pntic.mec.es>.

Se utilizará esta actividad para que el alumno reflexione sobre la evolución de los conocimientos científicos y el carácter no dogmático de los paradigmas de la ciencia. También concurren elementos epistemológicos muy interesantes, que pueden ser sometidos a un breve análisis: necesidad de partir de los hechos, observación muy condicionada por el propio paradigma científico del momento y por las posibilidades de experimentación, necesidad de construir un modelo de lo observado, etc. Es decir, se trata de aprovechar este buen momento para abrir la mente del alumno a las consideraciones más elementales provenientes de la Filosofía de la Ciencia (y en actividades posteriores insistir en ellas).

Objetivos didácticos que desarrolla: b.1; b.10; c.4; A.2; A.3; B.5; B.7

2. Breve glosario cronológico de los grandes descubrimientos ópticos.

Los alumnos elaborarán un listado de los grandes descubrimientos, reseñando el año y el autor.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Se pretende con esta actividad que el alumno disponga de un eje cronológico de las principales efemérides de descubrimientos en el campo de la Óptica, que le permita tener una referencia histórica.

Se puede proporcionar a los alumnos una bibliografía concreta y que ellos elijan los descubrimientos que le parecen más importantes (también cabe la posibilidad de exigir que en la selección entren determinados descubrimientos que el profesor considere imprescindible).

Las dos actividades anteriores las podemos proponer conjuntamente utilizando el trabajo cooperativo de grupo, de la siguiente manera:

En una clase de 20 alumnos se hacen 10 grupos de 2 alumnos cada uno, que se enumeran correlativamente: 1, 2. Los grupos 1 a 5 (que llamaremos ‘a’) desarrollan la primera actividad y los grupo 6 a 10 (que llamaremos ‘b’) la segunda actividad. Una vez finalizada las actividades se forman otros 10 grupos, con el siguiente criterio: grupo A1, formado por los números 1 de los dos

grupos primitivos 1 y 6; grupo B1, formado por los números 1 de los grupos 2 y 7; C1 formado por los números 1 de los grupos 3 y 8; D1 formado por los números 1 de los grupos 4 y 9; el grupo E1 formado por los números 1 de los grupos 5 y 10. De forma análoga, con los números 2, se formaría los restantes grupos A2, B2, C2, D2, E2. Como en cada grupo hay un elemento de los grupos 'a' y otro de los 'b', se pasan mutuamente la información obtenida en sus grupos originales, la cual corresponde a una de las actividades propuestas.

Objetivos didácticos que desarrolla: c.5; A.3; B.7

Tipo de contenidos de la dos actividades anteriores:

Conceptuales:

Modelos Físicos y teóricos de cada teoría antigua.
Cronología histórica.

Procedimentales:

Búsqueda bibliográfica.
Debates.
Realización de esquemas.

Actitudinales:

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.
Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.
Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.
Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

7.2.6.4.2. Aspectos teóricos



3. Anticipar al alumno que en adelante, como mínimo, deberá

conocer:

- **Conceptos:**
 - ✓ Rayo luminoso.
 - ✓ Rayo incidente y reflejado.
 - ✓ Ángulo de incidencia y de reflexión.
 - ✓ Medios de propagación de la luz.
 - ✓ Rayo refractado.
 - ✓ Ángulo de refracción.
 - ✓ Ángulo límite.
 - ✓ Dispersión de la luz.
 - ✓ Intensidad de la luz (luminosidad), como concepto cotidiano.
 - ✓ Coeficiente de absorción.

- ✓ Sistema óptico.
 - ✓ Objeto.
 - ✓ Imagen real y virtual.
 - ✓ Distancia objeto y distancia imagen.
 - ✓ Sistema óptico estigmático.
 - ✓ Dioptrio esférico.
 - ✓ Dioptrio plano.
 - ✓ Espejo esférico.
 - ✓ Espejo plano.
 - ✓ Lente: Lente convergente y divergente.
- **Leyes:**
 - ✓ La relación entre la propagación de la energía luminosa y el camino que lleva en su propagación.
 - ✓ La relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión.
 - ✓ La relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo reflejado.
 - ✓ La relación entre los senos de los ángulos de incidencia y refracción y los índices de refracción del primer y segundo medio.
 - ✓ La relación entre el plano al que pertenece el rayo incidente y el plano al que pertenece el rayo refractado.
 - ✓ La relación entre el índice de refracción de un medio y la longitud de onda de la radiación que atraviesa el medio.
 - ✓ La relación del valor de la intensidad de la luz antes y después de atravesar un medio material.
 - ✓ La relación entre la distancia objeto y la distancia imagen para un dioptrio esférico y para un dioptrio plano.
 - ✓ La relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen formada por un dioptrio esférico y por un dioptrio plano.
 - ✓ La relación entre la distancia objeto y la distancia imagen para un espejo esférico y para un espejo plano.

- ✓ La relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen dada por un espejo esférico y por un espejo plano.
- ✓ La relación entre el tamaño del objeto y de la correspondiente imagen formada por una lente.
- ✓ La relación entre la distancia objeto y la distancia imagen para una lente.
- ✓ La relación entre la forma de la lente y la convergencia (o divergencia) de los rayos refractados.
- ✓ La relación entre el índice de refracción de la lente y el índice de refracción del medio exterior.
- **Procedimientos:**
 - ✓ Medir ángulos.
 - ✓ Representar con un diagrama de rayos la sombra y la penumbra formada, al interponerse un objeto opaco entre la fuente luminosa y una pantalla.
 - ✓ Montar sencillas experiencias donde se observen las leyes de la reflexión y de la refracción.
 - ✓ Representar en un diagrama de rayos las distintas imágenes formadas por un dioptrio esférico y por un dioptrio plano, para las distintas posiciones del objeto.
 - ✓ Representar en un diagrama de rayos las distintas imágenes formadas por un espejo esférico y por un espejo plano para las distintas posiciones del objeto.
 - ✓ Representar en un diagrama de rayos las distintas imágenes formadas por una lente para las distintas posiciones del objeto.
 - ✓ Montar sencillas experiencias donde se observe la formación de las imágenes en los distintos sistemas ópticos estudiados.
 - ✓ Resolver problemas numéricos de óptica geométrica.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**Sugerencias metodológicas:**

Se pretende con esta actividad orientar el aprendizaje del alumno. No se trata solamente de presentar al alumno un listado de estos contenidos (en donde intencionadamente no se han expresado los contenidos actitudinales), sino de ayudarlo a relacionarlo con lo estudiado en el epítome.

El epítome debe ser una continua referencia para resituar al estudiante en cada momento de su aprendizaje (a este efecto es muy útil disponer en todo momento de unas transparencias, por ejemplo, en donde figure la síntesis y el resumen del epítome y presentarla como perspectiva general cuando la situación lo demande), utilizando siempre contenidos cercanos a la realidad del alumno. Es esta actividad una buena ocasión para intentar despertar en ellos una relación afectiva con lo que van a aprender, induciéndoles un sentimiento de identificación y compromiso con su propio aprendizaje.

Objetivos didácticos que desarrolla: a.4; B.6

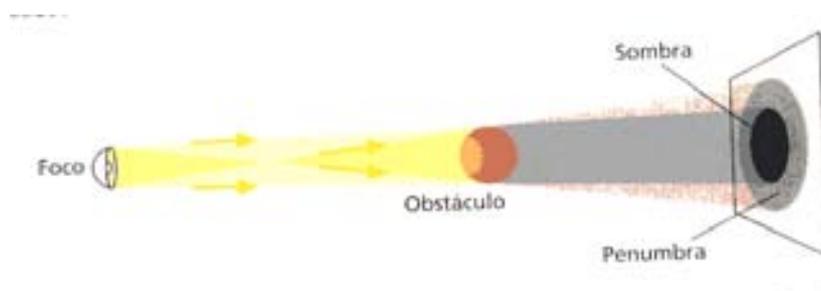
Dada la dificultad para observar las experiencias ópticas y que para la realización de éstas se necesita que el aula esté a oscuras, o como mucho en penumbra, se recomienda que siempre que se pueda, las actividades se realicen en grupos de 3 o 4 alumnos. Si son experiencias de cátedra se acercarán los alumnos al lugar donde se ha montado la práctica en grupos de 6 o 7 alumnos.

Todas las experiencias que proponemos a continuación pueden hacerse con material “casero”, que se describirá en cada actividad, o también con los equipos de Óptica, que pueda haber en cualquier Instituto de Enseñanza Secundaria, ya que el material necesario para el desarrollo de las mismas es económicamente bastante asequible.



4. Propagación rectilínea de la luz y formación de sombras.

Material: Un foco luminoso (extenso), por ejemplo un flexo, linterna de oftalmología (foco luminoso puntual), objeto opaco, pantalla (pared), regla.



El profesor coloca el foco luminoso extenso de modo que un objeto opaco, proyecte una sombra sobre una pantalla o en la pared. A continuación repetirá la actividad pero con el foco puntual, manteniendo fija la posiciones relativas foco luminoso-objeto-pantalla.

- Se le pide a los alumnos, en grupo de dos o tres, que representen en un diagrama lo que están observando y que expliquen verbalmente su esquema.
- ¿Qué diferencias observan entre iluminar con el flexo o iluminar con la linterna puntual?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, explica la formación de sombra y penumbra mediante un diagrama de rayos. Es el momento de indicarle que esas líneas rectas que hemos dibujado representan el camino que lleva la luz en su propagación (Modelo Geométrico).

- Pregunta abierta: ¿qué sucede con el tamaño de la sombra y la penumbra si la fuente de luz se aleja del objeto manteniendo fija la posición del objeto- pantalla?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, representa en un diagrama semejante al anterior este nuevo caso.

- Pregunta abierta: ¿qué sucede con el tamaño de la sombra y la penumbra si la fuente de luz se acerca al objeto manteniendo fija la posición del objeto- pantalla?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, representa en un diagrama semejante al anterior este nuevo caso.

- Pregunta abierta: ¿qué sucede con el tamaño de la sombra y la penumbra si la fuente luminosa es más intensa?

El profesor, después de haber puesto en común las respuestas de los alumnos, explicará, ayudándose de una fuente más o menos luminosa, que el tamaño de una sombra o penumbra depende solamente de las posiciones relativas fuente-objeto opaco-pantalla.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**Sugerencias metodológicas:**

Con esta actividad se refuerza por un lado la ley de la propagación rectilínea de la luz y por otro la formación de sombras y su dependencia con las fuentes.

Debemos llamar aquí la atención sobre la palabra rayo, ya que para los estudiantes tiene entidad real y lo asemejan a los halos coloreados que se ven alrededor de las fuentes, o a la difusión de las partículas de polvo cuando un haz de luz entra por la ventana (Selley, 1996). Los rayos de luz son constructores teóricos útiles para indicar cada una de las direcciones de propagación desde el objeto luminoso pero que no brillan, ni se muestran como los destellos en el aire con humo o polvo.

También se debe recordar a los alumnos el concepto de objeto opaco.

Objetivos Didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; c.1; d.8; A.4; B.3

Tipo de contenidos de la actividad anterior:**Conceptuales:**

Propagación rectilínea de la luz.

Formación de sombra y penumbra.

Objeto opaco.

Procedimentales:

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Representación gráfica de la formación de sombra.

Actitudinales:

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

**5. Reflexión de la luz en superficies planas.**

Material: Un foco luminoso, un folio, un diafragma de una rendija, un disco de Hartl (círculo de papel graduado) y un espejo.

Se coloca el diafragma entre el foco luminoso y el espejo. Sobre el folio se dibuja una línea recta y se coloca el espejo perpendicular a ella. Se hace coincidir la línea 0°-180° del disco de Hartl con esta línea y se dirige el foco luminoso hacia el espejo:

a) De forma que el haz luminoso incida perpendicular al espejo.

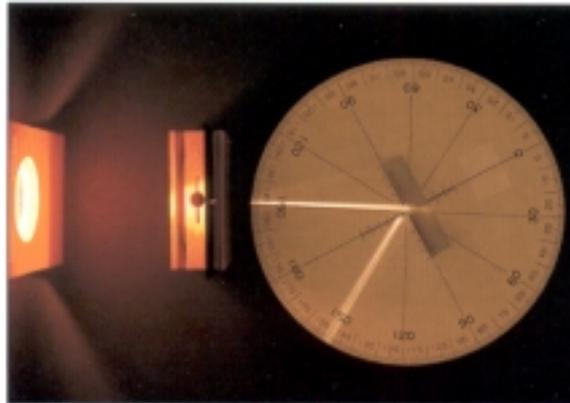
b) Repetir el apartado anterior para distintas direcciones (30°,45°,60°) del rayo incidente.

A continuación el profesor dobla el folio por la mitad y coloca el espejo

sobre una de las partes. Después orienta la otra parte a distintas posiciones para que entre ambas partes del folio se formen ángulos de 90° , 60° , 45° ,...y 0° .

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo son los ángulos incidentes y reflejados en cada caso?



- ¿En qué plano se encontraran el rayo incidente y el rayo reflejado?

¿Cómo es este plano con respecto al espejo?

Se les pide a los alumnos que:

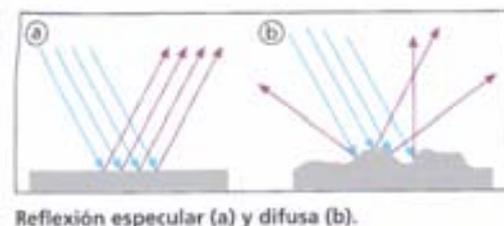
- Dibujen en un diagrama de rayos lo que han observado.
- Planteen, en grupos de dos o tres, las leyes que rigen este fenómeno.

El profesor pone en común estas respuestas y junto con un diagrama de rayos enuncia las dos leyes de la reflexión:

El rayo incidente, la normal y el rayo reflejado están en el mismo plano

El ángulo de incidencia y el ángulo de reflexión son iguales.

A continuación el profesor indicará que en realidad la reflexión que acabamos de estudiar es la llamada reflexión especular, pero que además tenemos que tener en cuenta la reflexión difusa (difusión) que es la más común y explicará las diferencias entre ambas.



Reflexión especular (a) y difusa (b).

A partir de la difusión podemos comentar con los alumnos el mecanismo de la visión:

Pregunta abierta:

- ¿Cómo vemos a los objetos que no son luminosos?

El profesor pone en común las respuestas y dará la explicación final.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Si se utiliza como foco luminoso un puntero láser, no se necesita el diafragma.

Esta actividad se puede realizar a partir de la visión y estudio de la película de vídeo “Las mil y una prácticas”, en el apartado de Reflexión en espejos planos.

“Las mil y una prácticas” es un video de practicas de Óptica, realizado en el Área de Óptica del departamento de Física de la Universidad de Extremadura. El video muestra la reflexión de la luz en un espejo plano en donde se pone de manifiesto las leyes de la reflexión:

Se observa que cuando las dos partes del folio forman un ángulo aparece sobre el folio un punto luminoso en la dirección del rayo reflejado, sin embargo si las dos partes del folio forman un ángulo de 0° se puede observar el rayo incidente y reflejado en el mismo plano, siendo este el plano perpendicular al espejo.

Con esta actividad volvemos a incidir sobre el mecanismo de la visión, que ya se trató en una de las actividades de las teorías implícitas.

Objetivos didácticos que se desarrolla: b.4; b.6, b.7; b.8; b.11; b.12; b.14; b.16; c.1; d.2; A.3; B.3

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Reflexión especular y difusa.

Leyes de la reflexión.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Debates.

Realización de esquemas.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Actitudinales:

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respecto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

Otras actividades: Si llegados a este punto, advertimos que los alumnos no han superados los modelos espontáneos de visión, se les puede proponer que miren en una habitación con sólo una linterna encendida a través de un tubo. El observador sólo podrá ver los objetos a los que le llega la luz emitida por la linterna.



6. Refracción de la luz en superficies planas.

Se trata de una actividad que se desarrollará siguiendo una metodología de descubrimiento dirigido, en grupos de 3 o 4 alumnos, con las fases que más abajo se describen.

Material: Cualquier recipiente transparentes de paredes planas (y muy delgadas), un foco luminoso, por ejemplo un puntero láser y un disco de Hartl (círculo de papel graduado).

1ª Fase: Motivación

El profesor plantea la investigación como un problema a resolver, como reto, no sólo a los conocimientos, sino también a la imaginación y sentido creativo, y crea así un contexto adecuado de descubrimiento.

2ª Fase: Planteamiento del problema

El profesor plantea la investigación:

- a) descubrir la posible relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción en la interfase aire-agua.
- b) descubrir la posible relación entre el plano donde se encuentran el rayo incidente, el plano donde se encuentra el rayo refractado y el plano de la superficie de separación de los dos medios.

3ª Fase: Formulación de hipótesis:

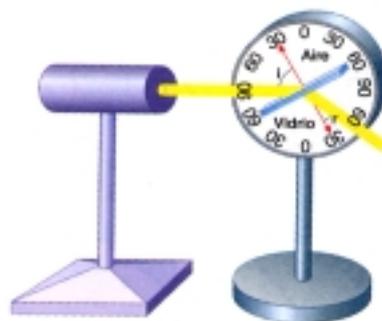
Dejando un tiempo prudencial de debate entre los grupos, se pone en común lo acordado, para que todos los grupos trabajen en la misma línea experimental:

Comprobar la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción para distintos valores del ángulo de incidencia, a la vez que observamos el plano en el que se encuentra el rayo incidente y el rayo reflejado, con respecto a la superficie de separación, en cada caso.

4ª Fase: Elaboración del diseño experimental

El profesor explica que es necesario un diseño experimental para aceptar o rechazar las hipótesis formuladas. Se debe explicar que con este diseño se pretende:

- ✓ Medir los valores de las magnitudes que supuestamente están relacionadas (de la fase anterior). Con esos valores se construirá una



Comprobación experimental de las leyes de la refracción de la luz.

tabla como la siguiente:

Ángulo de incidencia θ_1	Ángulo de refracción θ_2	$\text{sen } \theta_1 / \text{sen } \theta_2$
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		

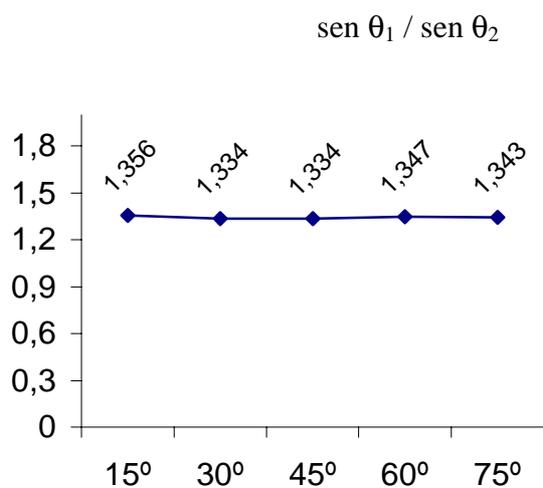
El profesor debe ir revisando por grupos los diseños propuestos y luego hacer una puesta en común en donde se fije para todos un único diseño:

Se llena de agua el recipiente y se coloca sobre el disco graduado de forma que unas de las líneas que se cruzan haga de normal en el punto que elijamos de incidencia. Con el puntero láser se hace incidir el rayo luminoso en el punto de incidencia elegido y se mide el ángulo de refracción.

Repetir la experiencia para distintos ángulos de incidencia.

5ª Fase: Obtención y análisis de resultados.

Los alumnos obtienen los datos empíricos y los organizan para su análisis. Sería bueno que los alumnos advirtieran que la mejor forma de analizar los datos es construir con ellos una representación gráfica cartesiana. Si no es así, el profesor lo explicará y todos los grupos construirán sus gráficas de acuerdo con el procedimiento explicado. Debería obtenerse un resultado parecido a:



En este momento el profesor explica la importancia de la imprecisión de las medidas y el ajuste de la curva presentada en esta gráfica.

6ª Fase: Interpretación de resultados: Enunciado de la ley.

Se propone a los alumnos que observen tanto los resultados de la tabla como la gráfica obtenida y, a modo de conclusión, escriban la fórmula de la ley descubierta y sintetizen su significado:

- ✓ Relación entre el ángulo de incidencia y el ángulo de refracción en cada caso.
- ✓ Relación de proporcionalidad entre $\sin \theta_1$ y $\sin \theta_2$.
- ✓ Que de la observación en cada medida den la relación entre el plano que ocupa el rayo de incidencia, el de refracción y la superficie de separación.
- ✓ Dibujar en un diagrama de rayos lo que han observado.

7ª Fase: Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de la ley obtenida.

En este momento el profesor explica la relación del cociente del seno del ángulo de incidencia y del ángulo de refracción con la velocidad de la luz en cada medio. A continuación dará la definición de índice de refracción.

Se les propone a los alumnos que hagan un estudio bibliográfico sobre los distintos experimentos, indicados a continuación, que se han realizado para medir la velocidad de la luz:

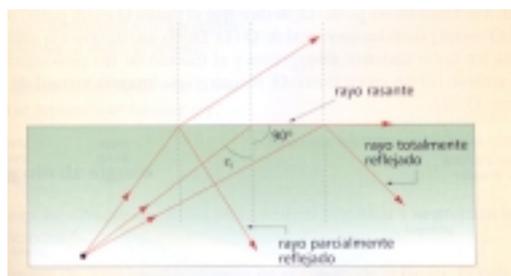
- ✓ El experimento de Galileo
 - ✓ El experimento de Olaf Römer
 - ✓ El experimento de Fizeau
 - ✓ El experimento de Foucault
 - ✓ Experimento de Michelson
- Se les pide a los alumnos que analicen las principales diferencias entre los experimentos y comparen los resultados obtenidos en ellos.

El profesor vuelve a enunciar la ley de Snell, en este caso en función de los índices de refracción de los dos medios que intervienen: $n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$.

Pregunta abierta:

- ¿Y si la luz pasara del agua al aire como sería el ángulo de refracción con respecto al ángulo de incidencia?

El profesor con el mismo material de esta experiencia hace un montaje de forma que se puedan medir los ángulos de refracción cuando la luz pasa del agua al aire, eligiendo igual que antes, que una de las líneas que se cortan del disco graduado haga de normal a la superficie de separación en el punto de incidencia. Va cambiando el ángulo de incidencia y anotando los ángulos de refracción, hasta que se observe la reflexión total.



Se les pregunta a los alumnos

- ¿Cómo son ahora entre sí los ángulos de incidencia y de refracción?
- ¿Qué ocurre al ir aumentando el ángulo de incidencia en el agua?
- ¿A partir de qué ángulo ocurre esto?
- ¿De que dependerá este ángulo?

El profesor pone en común las respuestas y en este momento explicará el concepto de ángulo límite y como se calcula, para dos medios determinados, a partir de la ley de Snell.



- Se les pide a los alumnos que indiquen alguna aplicación de la reflexión total.

Como aplicación de la reflexión total el profesor les hablará de las fibras ópticas.

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:**Sugerencias metodológicas:**

En estas actividades se observará con facilidad el rayo incidente, el reflejado y el refractado, por lo que es buen momento para confirmar que cuando un haz luminoso se encuentra con un cambio de medio parte de su energía se refleja y parte se refracta.

Como resultado de medir los ángulos de refracción nos quedará una tabla como la siguiente:

Ángulo de incidencia θ_1	Ángulo de refracción θ_2	Sen θ_1 / Sen θ_2
15°	11°	1,356
30°	22°	1,334
45°	32°	1,334
60°	40°	1,347
75°	45°	1,343

Para observar más casos de reflexión total, se puede ver la película de vídeo “Las mil y una prácticas”, en el apartado Prisma de reflexión. Con la visión del video se pretende que los alumnos afiancen la idea de reflexión total.

Objetivos didácticos que se desarrollan: b.6; b.7; b.8; b.11; b.13; b.15; b.16; c.1; d.1; d.2; d.3; d.4; A.3; A.4; A.6;A.8; B.3;B.6;

Tipo de contenidos de la actividad anterior:**Conceptuales:**

Refracción.
Leyes de la refracción.
Índice de refracción.
Reflexión total.

Procedimentales:

Aplicar de forma general y aproximada el método científico.
Medir ángulos.
Obtener y analizar gráficas.
Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.
Búsqueda bibliográfica.
Debates.

Actitudinales:

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.
Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.
Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.
Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

Otras actividades:

Observar el fenómeno de la reflexión total en un prisma:

Material: Diafragmas, foco luminoso, disco de Hartl, un prisma de 90° y filtros de tres colores.

Colocamos el diafragma de una ranura y hacemos que el haz de rayos incida:

- perpendicular a un cateto del prisma. Describir que ocurre.
- perpendicular a la hipotenusa del prisma. Describir que ocurre.

¿Podrías dar una explicación de lo que ocurre?

Colocamos el diafragma de tres ranuras y los filtros de tres colores coincidentes con las ranuras.

c) Colocar el prisma para que los rayos incidan por un cateto. Indicar cuantos detalles hayas observado. ¿Siempre hay refracción?



7. Dispersión.

Material: linterna, diafragma de una rendija, prisma y un folio en blanco que hace de pantalla.

Detrás de una linterna se coloca un diafragma, a continuación un prisma sobre el que se hace incidir la luz procedente de la linterna y detrás del prisma el folio en blanco.



Preguntas abiertas:

- ¿Qué le ocurre al haz que emerge del prisma?
- ¿De qué depende?
- ¿Qué color se desvía más y cual menos?

El profesor, pondrá en común todas las respuestas. En este momento y a partir de la definición de índice de refracción, hecha anteriormente, hará hincapié en la relación de éste con la longitud de onda λ que incide en el medio.

recisará que se entiende por espectro refiriéndose al espectro electromagnético en general y al visible en particular.

Definirá que se entiende por medio dispersivo.

A continuación el profesor cambia el foco luminoso, utilizado anteriormente, por un puntero láser.

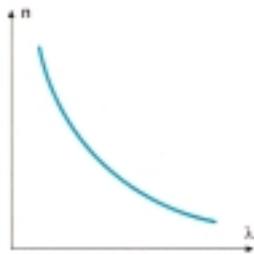
Preguntas abiertas:

- ¿Qué se observa ahora en la pantalla?
- ¿Habrá refracción? y ¿dispersión?

El profesor, pondrá en común todas las respuestas y concretará que se entiende por luz monocromática.

Se les pedirá a los alumnos que:





Dispersión normal. El índice de refracción de un medio es inversamente proporcional a la longitud de onda de la radiación que lo atraviesa.

- Representen en un gráfico el fenómeno
- Relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno.
- Planteen la posible ley (cualitativamente) que rige este fenómeno.

El profesor pondrá en común todas las respuestas y dará una explicación del fenómeno.

ORIENTACIONES METODOLOGICAS:

Sugerencias metodológicas

Conviene animar y dirigir las opiniones de los alumnos acerca de las hipótesis que se les pide.

El profesor puede presentar unas transparencias donde aparezca el espectro electromagnético y las principales aplicaciones de las distintas radiaciones.

Objetivos Didácticos: b.6; b.7; b.8; b.12; b.18; c.1; d.8; d.10; A.3; B.3; B.7

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Dispersión. Espectro luminoso.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionada con los fenómenos estudiados.

Realización de un esquema del fenómeno estudiado.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Actitudinales:

Aceptación del carácter no dogmático de la ciencia.

Aceptación de la necesidad de evolución y progreso en la búsqueda de la verdad.

Respeto a las opiniones y argumentaciones de los demás producidas en el debate.

Valoración del esfuerzo humano en los trabajos de la ciencia.

Todos los conocidos que se derivan del *trabajo cooperativo* (Valoración del trabajo de los demás y del propio, responsabilidad de colaborar en el aprendizaje propio y de los demás, idea socializadora del trabajo en común, trabajo como servicio a los demás, etc.).

Otras actividades para observar la dispersión:

- Con la luz de un flexo se ilumina una copa que contiene agua. La copa se inclina un poco hasta que se observe en un folio, colocado detrás de la copa, el espectro visible.
- Encendiendo el retroproyector y mirando a la base también se observa la dispersión de la luz.
- También se les puede hacer reflexionar sobre el arco iris: Conviene que el profesor insista en que es un fenómeno muy frecuente, lo que ocurre que con el prisma (que es como viene en todos los libros) se observa muy bien y además se puede precisar que color se desvía más, etc.

- Observa el arco iris en la clase:

Material: Un recipiente algo grande lleno de agua, un espejo plano de tocador, una linterna potente que proyecte un haz fino (se puede tapar parcialmente el foco con una cartulina agujereada en el centro), un poco de plastilina par mantener el espejo en la posición correcta.

Con la clase lo más a oscuras posible, se coloca el espejo dentro del agua, con una inclinación de unos 45° , envía el haz de luz al espejo y se observa que la luz reflejada ya no es blanca sino es el arco iris.



8. Resumen de las dos actividades anteriores.

Se propone a los alumnos que realicen y expliquen, a modo de resumen, un mapa conceptual, donde de forma jerárquica y relacional expongan los fenómenos descritos en las dos actividades anteriores.

ORIENTACIONES METODOLOGICAS:

Sugerencias metodológicas: Conviene ahora hacer una reflexión y sintetizar todo lo tratado en las dos actividades anteriores, para consolidar los esquemas de conocimientos conseguidos.

Los alumnos pueden elaborar el mapa en grupos de 2 o tres y después ponerlos en común.

Por otro lado, esta actividad brinda una excelente oportunidad de insistir en los aspectos afectivos porque se trata de proponer al alumno que haga una reflexión personal para recapacitar sobre tres cuestiones:

1ª Autoevaluación: Qué conocía antes de empezar la unidad didáctica y qué sabe ahora. Es decir que valore cuál ha sido su progreso (hay que ayudarle en esta valoración porque es muy frecuente que menosprecien lo que han conseguido aprender; el aprendizaje, y sobre todo la evaluación, lo solemos presentar como una interminable carrera de obstáculos que da la impresión al alumno de no conseguir metas importantes).

2ª Que experimente la satisfacción del progreso alcanzado y la posibilidad de conseguir más metas.

3ª Que reconozca y valore la ayuda que ha recibido (aportaciones de la construcción de la ciencia, apoyo del profesor, de otros compañeros,..) y la que él haya podido proporcionar.

(Es necesario tener en cuenta a aquellos alumnos cuya reflexión esté condenada a resultados negativos. Es este el momento, cuando todavía hay tiempo, de invitarles a recuperara lo perdido y que se sientan ayudados de una manera afectiva en ese empeño).

Objetivos Didácticos: b.9; c.2; B.4; B.6; B.9

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Refracción.
Leyes de la refracción.
Índice de refracción.
Reflexión total.
Dispersión. Espectro luminoso.

Procedimentales:

Elaborar un mapa de conceptos.
Debate.

Actitudinales:

Todos los reseñados para las actividades anteriores.
Valorar desde un plano más afectivo los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

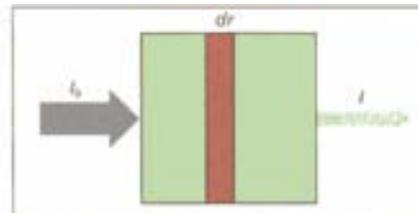


9. Absorción.

Material: Recipiente transparente, agua, unas gotas de leche, foco luminoso, un diafragma con una ranura o con un orificio.

El profesor monta la siguiente actividad:

Sobre un recipiente transparente que contiene agua y unas gotas de leche, se hace incidir un haz de luz procedente de una linterna después de atravesar un diafragma con una ranura o con un orificio. Se observa y compara el haz de luz que entra en el recipiente con el que sale del mismo.



Se observa y compara el haz de luz que entra en el recipiente con el que sale del mismo.

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo es el haz luminoso que emerge de la mezcla de agua y leche comparado con el que llega?
- ¿De que depende esta diferencia?
- ¿Cuál es la posible ley que rige este fenómeno?

El profesor pone en común las respuestas y explicará la ley de Lambert-Beer:

$$I = I_0 e^{-\alpha r} \quad I_0 \text{ es la intensidad del haz incidente}$$

r es el espesor de la sustancia

α es el coeficiente de absorción que depende de las características del medio.

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de la ley obtenida.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Podemos montar la misma experiencia del epítome o hacer referencia a ella (si vamos mal de tiempo).

Hay que tener en cuenta que los alumnos ya han visto absorción de una onda en el bloque temático de Ondas.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.12; b.17; c.1; A.3; B.1; B.3;

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Absorción.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

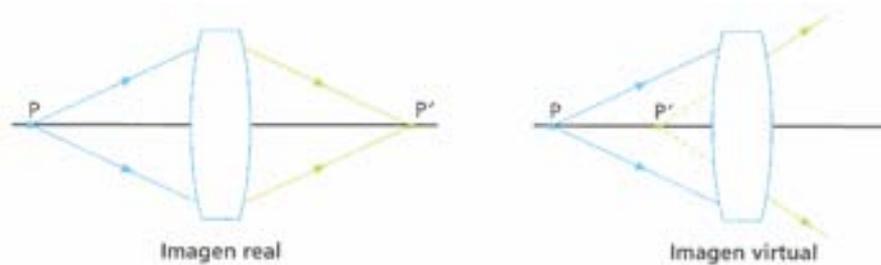
Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad 7.

Llegados a este punto el profesor indicará, que con la ayuda de estos fenómenos, se explicará la formación de las imágenes en los distintos sistemas ópticos.

Se comenzará haciendo una descripción de los siguientes conceptos:

- Óptica Geométrica
- Sistema óptico. Clasificación de los sistemas ópticos.
- Objeto. Imagen real y virtual.
- Sistema óptico estigmático.
- Convenio de signos, que vamos a utilizar.
- Aproximación paraxial o zona de Gauss.
- Sistema óptico centrado: Definición de foco objeto F , distancia focal objeto f , foco imagen F' , distancia focal imagen f' , centro de curvatura, radio de curvatura, vértice, polo o centro óptico, eje principal o eje óptico, eje secundario, distancia objeto s y distancia imagen s' .



10. Dioptrio esférico.

Material: Un recipiente transparentes de paredes esféricas, un disco de Hartl, un foco luminoso, un diafragma de una ranura (con un puntero láser no hace falta el diafragma), un folio en blanco y una regla.

Se llena de agua el recipiente y se coloca sobre el disco graduado de forma que unas de las líneas que se cruzan haga de normal en el punto que elijamos de incidencia. Con el puntero láser se hace incidir el rayo luminoso, en el punto de incidencia con varios ángulos y se van midiendo los ángulos de refracción en cada caso.

Pregunta abierta:

- ¿Se cumplirá la ley de los senos (ley de la refracción) que hemos visto anteriormente?

Se les pide a los alumnos que:

- Completen la tabla siguiente:

Ángulo de incidencia θ_1	Ángulo de refracción θ_2	Sen θ_1 / Sen θ_2
15°		
30°		
45°		
60°		
75°		

Una vez comprobada la ley de la refracción, el profesor explicará qué se entiende por dioptrio esférico, la diferencia entre el dioptrio esférico cóncavo y convexo y los elementos esenciales de un dioptrio.

El profesor coloca unas canicas en una copa, como en la actividad 5 del epítome.



Preguntas abiertas:

- ¿Se podrá predecir la posición y tamaño de las canicas vistas a través de las paredes de la copa?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y deducirá la ecuación de los puntos conjugados (fórmula general) para el dioptrio esférico.

$$\frac{n'}{s'} - \frac{n}{s} = \frac{n' - n}{R} \quad \text{Fórmula general del dioptrio esférico}$$

Una vez que tengamos la ecuación y con la definición dada anteriormente de F y F' se calcula la distancia focal objeto f y la distancia focal imagen f' . (Se puede hacer un cálculo numérico y un gráfico que representen los ejemplos descritos).

$$f' = \frac{n'R}{n' - n} \quad f = -\frac{nR}{n' - n}$$

Preguntas abiertas:

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie del dioptrio en dirección del centro (o pasando por él)?

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie del dioptrio en dirección del foco objeto (o pasando por él)?

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie del dioptrio en dirección del foco imagen (o pasando por él)?

Con el material inicial de esta actividad, se hace incidir, con distinta inclinación, la luz procedente del foco luminoso sobre las paredes del recipiente esférico, de forma que pase por los (o lleven la dirección de los) puntos definidos anteriormente, que previamente habrán sido calculados con las expresiones deducidas.

Se les pide a los alumnos que:

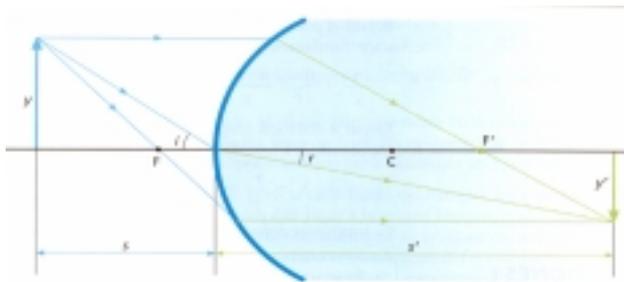
- Representen lo que están observando en un diagrama de rayos y expresen verbalmente que están representando.

El profesor pone en común las respuestas y hace la representación gráfica.

A continuación explica como se representa la formación de imágenes y dibuja todos los casos posibles, para las distintas posiciones del objeto tanto en los dioptrios cóncavos como convexos (haced el ejemplo para $n' > n$).

Preguntas abiertas:

- En cada caso ¿Cuál es la naturaleza de la imagen?(imagen, real o virtual, de menor o mayor tamaño, derecha o invertida)
- ¿Cuál de estas representaciones se corresponde con el ejemplo de las canicas dentro de la copa?



- Si no se corresponde ninguna, se les pide a los alumnos que representen en un diagrama de rayos nuestro caso (canicas dentro de la copa) y que indiquen la naturaleza de la imagen.

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y define qué se entiende por aumento lateral y su cálculo.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{ns'}{n's}$$

- Se les pide a los alumnos que relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno
- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Puede que algunos alumnos se sorprendan de que los resultados sean los mismos que en la actividad 6, ya que los alumnos tienden a pensar que la ley de refracción es distinta en las superficies planas que en las esféricas (esta conclusión puede que haya surgido en el desarrollo del epítome). En este caso se le puede explicar haciendo las siguientes preguntas:

¿No es igual el agua con la que se llenó el recipiente de paredes planas que este recipiente?

¿Cambia el índice de refracción del agua según la forma del recipiente que lo contenga?
 ¿Qué diferencia hay entre un punto de una superficie esférica y el de una superficie plana?
 Por otra parte, el profesor debe hacer hincapié en que la posición de F y de F' no es fija, es decir, además del signo del radio de curvatura dependerá de que n' sea mayor o menor que n .

Objetivos Didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.15; b.16; b.19; b.21; b.22; b.23; b.25; d.2; d.3; d.9; d.11; A.3; B.1; B.3.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Refracción.

Leyes de la refracción.

Dioptrios esféricos: Formación de imágenes en los dioptrios esféricos.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Apreciar la utilidad de los conocimientos adquiridos.



11. Formación de imágenes en el dioptrio plano.

Pregunta abierta:

- ¿Qué es un dioptrio plano?

El profesor pone en común todas las respuestas y define qué se entiende por dioptrio plano.

A continuación le presenta a los alumnos el ejemplo de la actividad 4 del epítome: el lápiz sumergido en el agua.

Se les pide a los alumnos:

- Que den una explicación de lo que están observando.
- Que representen gráficamente lo que están observando.

El profesor pone en común todas las respuestas y dibuja en la pizarra el gráfico correspondiente.

Pregunta abierta:

- ¿Se puede predecir la distancia a la que vemos (posición aparente o imagen) la punta del lápiz, desde la superficie del agua?



- ¿Cambia el tamaño de la punta de lápiz?
- ¿Cuál es la naturaleza de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y a partir de la fórmula general del dioptrio esférico deduce la correspondiente para el dioptrio plano, suponiendo que el “radio de la superficie plana” tiende a infinito.

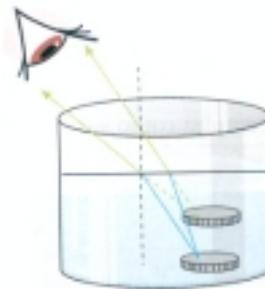
Se les propone a los alumnos:

- Que piensen un ejemplo cotidiano donde se observe el mismo fenómeno que en nuestro ejemplo.
- Que enuncie la posible ley que rige este fenómeno.

El profesor pone en común todas las respuestas y da la explicación final.

A continuación se les pide a los alumnos:

- Que pongan un ejemplo, de formación de imagen de un dioptrio plano, en el que la luz pase de un medio de menor índice de refracción a otro medio con índice de refracción mayor y lo representen gráficamente.



La moneda se ve más cerca de la superficie de lo que está.

- ¿Cuál es la naturaleza de la imagen?
- ¿Cuál es la posible ley que rige este fenómeno?

El profesor pone en común todas las respuestas y da la explicación final.

- Se proponen algunos ejercicios de aplicación, a ser posible con referencia a los ejemplos que hayan aparecido.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias Metodológicas:

Es importante hacer hincapié en el sentido del rayo reflejado porque pueden aparecer preconcepciones sobre la percepción de los objetos (el rayo se dirige desde los ojos a los objetos). El dioptrio plano es un buen ejemplo para que los alumnos entiendan la diferencia entre sistema óptico estigmático y no estigmático.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.21; b.22; b.25; d.2; d.3; d.7; d.9; d.11; A.3; B.1; B.3.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Refracción.

Dioptrios planos: Formación de imágenes en los dioptrios planos.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Otras actividades:

Material: Una taza (o cualquier recipiente de paredes opacas), una moneda y agua.

Colocar una moneda en el fondo de una taza vacía de forma que quede oculta por las paredes de la taza. Llenando lentamente la taza de agua, la moneda aparece.

Se les pide a los alumnos que den una explicación de lo que ocurre.



12. Problema abierto.

Se ha seguido el método descrito por nuestro grupo de trabajo anteriormente (Grupo Orión, 2001).

Un rojizo sol está a punto de alcanzar el horizonte tiñendo las nubes de bellos tonos rojo - anaranjados. Mientras con tu amigo o amiga te encuentras mirando este hermoso atardecer, un viejo del lugar, que por allí pasa, os dice: “¿sabíais que ese sol que estáis mirando ya no está ahí?”. Os quedáis perplejos y pensáis que el anciano “debe haber *perdido la cabeza*”. Al volver a casa recuerdas que el profesor de Física te contó hace un par de semanas una lección en la que los rayos de luz cambiaban de dirección y te preguntas: “¿tendrá el viejo algo de razón?”

¿Serías capaz de obtener, de forma aproximada, el valor del ángulo de desviación de los rayos solares en las condiciones del enunciado?

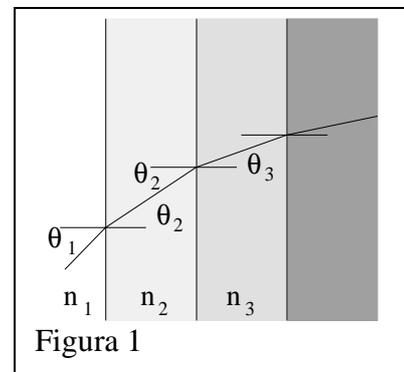
1ª Fase: Análisis verbal de la situación:

Un rayo solar, hasta llegar a nuestra retina, después de viajar a través del vacío interplanetario, deberá atravesar la atmósfera. Ésta, al ser un medio material, deberá, en alguna medida, impedir la transmisión de la luz, por lo que la velocidad

de la luz en ella, aunque muy parecida a la del vacío, no será exactamente la misma; de forma que poseerá un cierto valor para su índice de refracción. Por tanto, surgirá el fenómeno de la refracción y, con él, podrá ocurrir un cambio en la dirección de propagación de un rayo de luz. Luego, tal vez el viejo tenga algo de razón. Desde luego, para resolver este problema, la ley adecuada es la de Snell:

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_1 = n_2 \operatorname{sen} \theta_2$$

Siendo n_1 el índice de refracción en el medio desde el cual el rayo de luz incide en la superficie de separación entre dos medios con diferente índice de refracción y n_2 el índice de refracción en el segundo medio. θ_1 y θ_2 son, respectivamente los ángulos de incidencia y refracción.



Sólo surge un problema. Como el aire no posee siempre la misma densidad desde que el rayo entra en la atmósfera hasta que llega a nuestros ojos (la atmósfera no es un medio homogéneo), el índice de refracción no será constante en la atmósfera a lo largo de la trayectoria del rayo. Pero, si pensamos un poco, este problema se soluciona fácilmente; ya que, si suponemos como aproximación que, a tramos, el aire es uniforme, en cada cambio de medio se cumple la ley de Snell y, por tanto, por ejemplo, para tres capas se cumple (fig. 1):

$$n_1 \operatorname{sen} \theta_1 = n_2 \operatorname{sen} \theta_2 = n_3 \operatorname{sen} \theta_3$$

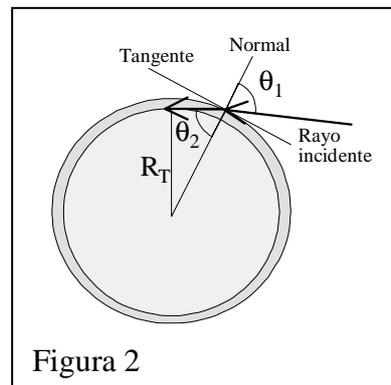
Es fácil observar que este resultado es ampliable a cualquier número de capas. De forma que, si consideramos como medio uno el vacío ($n_1=1$) y como medio final el que nos rodea a nosotros mientras observamos al sol, se cumplirá:

$$\operatorname{sen} \theta_1 = n \operatorname{sen} \theta_2 \quad (1)$$

siendo n el índice de refracción de la atmósfera al nivel en que nos encontramos observando al sol. De esta forma, concluimos que el ángulo final

refractado sólo depende del ángulo incidente y del índice de refracción al nivel de la superficie terrestre. Nosotros debemos obtener la diferencia entre el ángulo incidente en la capa en la cual consideremos que comienza la atmósfera y el ángulo refractado. Esto es, $\theta_1 - \theta_2$.

En la figura 2 hemos hecho una representación, que no se encuentra a escala, dado que el espesor de la capa atmosférica es muy pequeño si lo comparamos con el radio de la Tierra. En ella representamos un rayo que incide sobre la atmósfera, formando un ángulo θ_1 con la normal a la tangente a la capa atmosférica en el punto de incidencia del rayo, y es refractado con un ángulo θ_2 , respecto a dicha normal. Por trigonometría se puede conocer fácilmente el ángulo θ_2 conocido el radio terrestre y el espesor de la capa de atmósfera.



2ª Fase: Tabla de datos y resolución

Dado que, como se deduce de la figura 2, para calcular el valor del ángulo θ_2 necesitamos conocer el valor del radio de la Tierra y el de la capa de atmósfera, buscamos en la bibliografía y encontramos para el primero un valor de 6370 km. El valor del segundo es más difícil de encontrar en la bibliografía y también de precisar exactamente su significado, dado que la atmósfera no posee un final claro. Tomaremos para esta magnitud el valor de la altura de la Troposfera, que es de aproximadamente 10 km, altura a la que la densidad de la atmósfera es la décima parte de la que existe en la superficie.

De esta forma, el valor de θ_2 lo encontramos por trigonometría en la forma:

$$\text{Sen } \theta_2 = \text{cateto opuesto/hipotenusa} = 6370 / (6370 + 10) = 6370 / 6380$$

$$\theta_2 = \text{arcsen}(6370/6380) = 86,8^\circ$$

Ahora, para poder emplear la expresión (1) necesitamos el valor del índice de refracción de la atmósfera terrestre al nivel de la superficie de la Tierra.

Buscando en la bibliografía, finalmente podremos encontrar el valor de 1,0003. Y aplicando la expresión (1) tendremos que:

$$\theta_1 = \arcsen(n \sen \theta_2) = 87,1^\circ$$

De esta forma, la diferencia entre el ángulo de incidencia y el de refracción es de $0,3^\circ$.

El valor obtenido se corresponde con el del ángulo que estando un cuerpo celeste por debajo de la línea del horizonte el objeto seguiría viéndose debido al efecto de la refracción atmosférica, que cambia la dirección del movimiento del rayo de luz, de forma que incide sobre nosotros paralelamente a la superficie de nuestro horizonte.

3ª Fase: Interpretación de los resultados y comentarios finales:

En primer lugar hemos comprobado que el viejo tenía, al menos, algo de razón. Desde luego, el Sol no se encontraba en el lugar que se le veía. Ahora bien, para saber si ya no había ninguna parte de Sol sobre el horizonte deberemos obtener el tamaño angular aparente del Sol.

Hemos de decir que el procedimiento seguido para resolver el problema es sólo aproximado, dado que para rayos que inciden en la atmósfera con ángulos tan cercanos al horizonte es imprescindible considerar la curvatura de las diversas capas que va atravesando el rayo luminoso. Lo que implica que la expresión (1), que puede considerarse una aproximación muy buena para cuerpos celeste que formen ángulos respecto a la normal al punto de observación, menores de 60° , conduce a resultados erróneos que son proporcionalmente importantes para ángulos superiores a 80° . Si miramos en la bibliografía, el resultado que se obtiene se encuentra entre $0,5^\circ$ y $0,6^\circ$ para cuerpos en las proximidades de la línea del horizonte. El tamaño aparente del Sol, se obtiene con mucha facilidad y su valor es, aproximadamente, de $0,5^\circ$, por lo que cuando el Sol se ve justo encima de la línea del horizonte, es que está justo debajo de la misma.

Para ángulos menores de 60° , la curvatura de la Tierra puede despreciarse y, a diferencia de la forma en la cual se ha resuelto el ejercicio, el ángulo de refracción es prácticamente el mismo medido respecto al punto de observación o al punto en el cual consideramos el inicio de la atmósfera.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:Sugerencias Metodológicas:

Esta técnica de los “problemas abiertos” constituye una excelente estrategia encaminada a **enseñar a pensar** a los alumnos y, en consecuencia, a romper la rutina procesual frecuentemente utilizada en la resolución de problemas.

Requiere un entrenamiento por parte de los alumnos y una dirección inicial, sobre todo en la fase del *análisis verbal*. La coherencia, por otra parte, entre los procesos de Percepción, Análisis, Síntesis y Aplicación que venimos utilizando es evidente y es bueno aprovecharla para hacer un ejercicio de metacognición en este sentido.

Por otro lado, se comprueba que la implicación de los alumnos en esta tarea es grande porque el problema lo hacen como algo suyo, con la dimensión afectiva que esto conlleva.

Objetivos didácticos que desarrolla: a.5; b.6; b.7; b.8; c.1; d.10; A.3; B.6.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:**Conceptuales:**

Refracción.

Leyes de la refracción.

Índice de refracción.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Identificación e interpretación de situaciones de la vida cotidiana relacionada con los fenómenos estudiados.

Estrategias de percepción, análisis, síntesis y aplicación.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

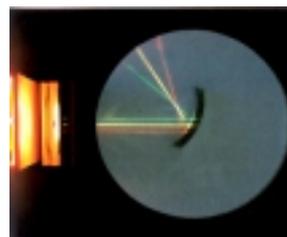
Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

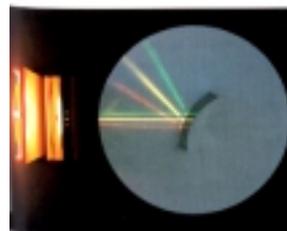
**13. Espejos esféricos.**

Material: Un foco luminoso, un folio, un diafragma de una rendija, un disco de Hartl (círculo de papel graduado) y un espejo esférico.

A) Se coloca el diafragma entre el foco luminoso y el espejo esférico. Sobre el folio se dibuja una línea recta y se coloca el espejo esférico perpendicular a ella. Se hace coincidir la línea 0°-180° del disco de Hartl con la línea dibujada en el folio y se dirige el foco luminoso hacia el espejo:



Reflexión de la luz
en un espejo cóncavo.



Reflexión de la luz
en un espejo convexo.

- a) De forma que el haz luminoso incida perpendicular al espejo.
- b) Repetir el apartado anterior para distintos ángulos de incidencia (30° , 45° , 60°) del rayo incidente.

A continuación el profesor dobla el folio por la mitad y coloca el espejo sobre una de las partes. Después orienta la otra parte a distintas posiciones para que entre ambas partes del folio se formen ángulos de 90° , 60° , 45° ,...y 0° .

Preguntas abiertas:

- ¿Cuales son las leyes que rigen este fenómeno?

Una vez comprobada la ley de la reflexión, el profesor explicará qué se entiende por espejo esférico, la diferencia entre el espejo esférico cóncavo y convexo y los elementos esenciales de un espejo esférico.



El profesor vuelve a la actividad 3 del desarrollo del epítome (espejo de aumento), y además puede ofrecer a los alumnos unas cucharas para que observen la imagen formada por ambos lados de éstas.

Preguntas abiertas:

- ¿Se podrá predecir la posición y tamaño de las imágenes formadas?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y deducirá la ecuación de los puntos conjugados (fórmula general) para el espejo esférico.

$$\frac{1}{s'} + \frac{1}{s} = \frac{2}{R}$$

Una vez que tengamos la ecuación y con la definición dada anteriormente de F y F' se calcula la distancia focal objeto f y la distancia focal imagen f' (Se puede hacer un cálculo numérico y un gráfico que represente nuestro ejemplo).

$$f = f' = \frac{R}{2}$$

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo son ente sí f y f' ? ¿y con respecto al radio del espejo?

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo reflejado si el incidente llega a la superficie del espejo en dirección de (o pasando por) el centro?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo reflejado si el incidente llega a la superficie del espejo en dirección del foco objeto (o pasando por él)?
- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo reflejado si el incidente llega a la superficie del espejo en dirección del foco imagen (o pasando por él)?

Con el material inicial de esta actividad, se hace incidir, con distinta inclinación, la luz procedente del foco luminoso sobre el espejo esférico, de forma que pasen por (o lleven la dirección de) los puntos definidos anteriormente, que previamente habrán sido calculados con las expresiones deducidas.

Se les pide a los alumnos que:

- Representen lo que están observando en un diagrama de rayos y expresen verbalmente que están representando.

El profesor pone en común las respuestas y hace la representación gráfica.

B) Imágenes en un espejo cóncavo:

El profesor coloca un objeto entre el foco luminoso y el espejo esférico cóncavo que estará orientado hacia la pantalla (folio) que estará colocada, a un lado, entre el objeto y el espejo:

a) Situado el objeto del espejo a una distancia mayor que dos veces la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. Se les pide a los alumnos que observen la imagen sobre la pantalla, que indiquen cómo es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

b) Situado el objeto del espejo a una distancia igual a dos veces la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. Se les pide a los alumnos que observen la imagen sobre la pantalla, que indiquen cómo es la



imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

c) Se repite el apartado anterior en el caso de que el objeto esté situado a una distancia del espejo menor que dos veces la distancia focal y mayor que una vez la distancia focal.

d) Se repite el apartado anterior en el caso de que el objeto esté situado a una distancia del espejo menor que la distancia focal. ¿Se consigue en este caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente al espejo, que indiquen como es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

e) ¿Hay alguna distancia objeto – espejo para la cual no se forme imagen alguna? ¿Cómo es la distancia objeto, en este caso, en relación con la distancia focal?

Preguntas abiertas:

- Se les pide a los alumnos que relacionen los casos anteriores con el ejemplo inicial de esta actividad, para distintas posiciones de la cara (objeto) con respecto al espejo cóncavo.
- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y calcula el aumento lateral en el caso de los espejos esféricos.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s' \cdot n}{s \cdot n'} = -\frac{s'}{s}$$

Al final de cada apartado, el profesor, pone en común las respuestas de los alumnos y va dando las explicaciones oportunas.

Se les pide también a los alumnos que en los casos que sea posible midan la distancia entre el objeto y el espejo (distancia objeto) y entre el espejo y la pantalla (distancia imagen) y comprueben la expresión general para los espejos esféricos, calculada anteriormente.

C) Imágenes en un espejo convexo:

Se puede repetir el apartado anterior para un espejo convexo.

Se coloca el objeto en distintas posiciones respecto al espejo. Para cada posición se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en algún caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan estos casos y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente al espejo y que dibujen un gráfico que represente como se forman las imágenes en los espejos convexos.



Preguntas abiertas:

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y con ayuda de la expresión del aumento lateral concluye que siempre es más pequeño el tamaño de la imagen que del objeto.

- Se les pide a los alumnos que relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno.
- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS**Sugerencias metodológicas.**

Como espejo esférico sirve cualquier objeto pulido en forma esférica (tapaderas, cucharas ..) Puede haber sorpresa por parte de los alumnos que pensaban (resultado aparecido en el desarrollo del epítome) que la ley de la reflexión “no se cumple en los espejos esféricos”.

El profesor, en cada caso, pedirá a los alumnos a que comparen el tamaño y la orientación de la imagen con el objeto, así como que se aventuren a asegurar que tipo de imagen es: real o virtual.

También, con el objetivo de reforzar los conocimientos adquiridos, podemos ver en el video “*Las mil y una prácticas*” los apartados de Reflexión en espejo convexo, Reflexión en espejo cóncavo, Imágenes en los espejos cóncavos e Imágenes en los espejos convexos, donde se muestra la ley de la reflexión y todos los casos de formación de imágenes que se describen en esta actividad.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.14; b.16; b.19; b.21; b.23; b.24; d.2; d.3; d.7; d.9; d.11; A.3; B.1; B.3

Tipo de contenidos de la actividad anterior:**Conceptuales:**

Reflexión.

Leyes de la reflexión.

Espejos esféricos: Formación de imágenes en los espejos esféricos.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución ejercicios numéricos de aplicación.

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Otras actividades:

- Localización de focos en un espejo esférico cóncavo.

Material: Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo cóncavo, folio en blanco y regla.

Encima del folio en blanco se coloca el diafragma de tres ranuras entre el foco luminoso y el espejo. Se les pide a los alumnos:

Que indiquen la dirección que toman los tres rayos que salen del diafragma. ¿Se cortan en algún punto?

A continuación se mueve el espejo de forma que cambie la orientación de éste con respecto al foco luminoso.

¿Qué ocurre con la dirección de los tres rayos?

El profesor les indicará a los alumnos que ese punto donde se cruzan los rayos es el foco y les aclarará cuantas propiedades crea necesarias sobre ese punto, que ya hemos definido.

- Calcular la relación entre el radio de curvatura y la distancia focal.

Material: Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo cóncavo, folio en blanco y regla.

Repetir la experiencia anterior midiendo la distancia entre espejo y el foco (distancia focal), sobre el eje óptico del espejo.

Sobre el eje óptico del espejo se dibuja otro punto C a una distancia doble de la que hemos medido para la distancia focal. Con el diafragma de una rendija hacemos incidir sobre distintos puntos del espejo un haz luminoso de forma que éste pase antes por el punto C.

¿Qué ocurre con el rayo reflejado?

¿Para qué ángulo de incidencia el rayo incidente y el reflejado tienen la misma dirección? El profesor les indicará (si ellos no lo saben) que en el caso de una esfera esa dirección coincide con un radio de la esfera.

(Para dibujar el eje óptico se hace lo siguiente: en el folio en blanco dibujar con la regla una línea recta. En un extremo del folio se coloca el foco luminoso orientado según esta línea y en el folio, sobre la línea, se coloca el espejo. Entre el foco y el espejo se pone un diafragma de una rendija. Orientar el espejo de forma que el haz que sale de la rendija se refleje en el espejo según la línea que hemos dibujado).

En este caso el profesor encaminará al alumno a que entienda que el radio del espejo es el doble de la distancia focal y el punto C es el centro del espejo

- Localización de focos en un espejo esférico convexo.

Material: Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo convexo, folio en blanco y regla.

Encima del folio en blanco se coloca el diafragma de tres ranuras entre el foco luminoso y el espejo. Se le pide a los alumnos:

Que indiquen la dirección que toman los tres rayos que salen del diafragma. ¿Se cortan en algún punto?

A continuación se mueve el espejo de forma que cambie la orientación de éste con respecto al foco luminoso.

¿Qué ocurre con la dirección de los tres rayos?

Como en este caso, los rayos divergen al reflejarse en el espejo, prolongaremos las direcciones de los rayos reflejados y donde se crucen, el profesor les indicará a los alumnos que ese punto es el foco (virtual en este tipo de espejo) y les aclarará cuantas propiedades crea necesarias sobre ese punto, que ya hemos definido.

- Calcular la relación entre el radio de curvatura y la distancia focal.

Material: Diafragmas de una y tres ranuras, foco luminoso, espejo convexo, folio en blanco y regla.

Repetir la experiencia anterior midiendo la distancia entre espejo y el foco (distancia focal), sobre el eje óptico del espejo.

Sobre el eje óptico del espejo se dibuja otro punto C a una distancia doble de la que hemos medido para la distancia focal. Con el diafragma de una rendija hacemos incidir sobre el espejo un haz en dirección del punto C.

¿Qué ocurre con el rayo reflejado?

¿Para qué ángulo de incidencia el rayo incidente y el reflejado tienen la misma dirección?

El profesor les indicará que en el caso de una esfera esa dirección coincide con el radio.



14. Formación de imágenes en espejos planos.

Material: Un espejo plano, dos lápices iguales de longitud mayor que, al menos, uno de los lados del espejo, una regla y un folio de papel.

Se coloca el espejo perpendicular al folio. Un lápiz se sitúa, verticalmente, frente al espejo y el otro detrás (de forma que sobresalga por la parte superior del espejo) donde parece estar la imagen del primero (los ojos del observador deben estar a la altura del espejo). Se señalan las posiciones de los dos lápices sobre el



folio y se miden con la regla las distancias de estas marcas con respecto al espejo.

Repetir la experiencia para distintas posiciones (distancias distintas) del lápiz frente al espejo.

Preguntas abiertas:

- ¿Qué relación existe entre la posición del objeto y la posición de la imagen formada por el espejo?

- ¿Qué relación existe entre el tamaño del objeto y tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y podrá comparar estas respuestas con la fórmula general para el espejo plano, deducida a partir de la del espejo esférico sin más que suponer que el radio de una superficie plana tiende a infinito.

$$s = -s'$$

- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

- Se puede proponer a los alumnos, como un trabajo para realizar fuera del aula, que construyan un periscopio, de forma que:

1. Indiquen su utilidad,
2. hagan un boceto de un periscopio y
3. dibujen la trayectoria de la luz dentro del periscopio.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:Sugerencias metodológicas:

Como el espejo plano es siempre un sistema estigmático es el momento de volver a este contenido y diferenciar un sistema óptico estigmático de otro que no lo es, para entender mejor este concepto.

Para la realización del periscopio se les puede dejar a los alumnos que investiguen la forma de hacerlo sugiriéndole la bibliografía adecuada o directamente se les puede proporcionar todo lo necesario. Por ejemplo:

Material: Dos cajas vacías de leche, tijeras, cinta adhesiva y dos espejos.

✓ Se corta la tapa de dos cajas vacías de leche y se abre con las tijeras una ventanilla a unos tres centímetros del fondo de cada paquete.

✓ Se colocan los espejos dentro de los paquetes y se sujetan bien con cinta adhesiva. Se debe poner mucho cuidado en que los espejos queden colocados igual en los dos paquetes.

✓ Se introduce un paquete dentro del otro de forma que las ventanillas queden mirando cada una a un lado. Si se quiere que el sistema quede fijo, se pueden sujetar los paquetes con cinta adhesiva.

✓ Con un ojo puesto en la ventanilla de abajo, se emplea la otra ventanilla para mirar por encima de un obstáculo: Se les pide a los alumnos que miren lo que hay en un estante al que no lleguen, o que miren por una ventana sin que se asomen.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.14; b.16; b.21; b.22; b.23; b.24; c.1; d.2; d.3; d.5; d.7; d.9; d.11; A.3; A.7; .B.1; B.3; B.6; B.8

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Reflexión.

Espejos planos: Formación de imágenes en los espejos planos.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

Montaje de algún instrumento óptico.

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

**15. Lentes.**

El profesor vuelve a la actividad 6 del desarrollo del epítome (lupa y libro de Física) y explica que la lupa es un ejemplo del sistema óptico denominado lente y explicita una definición general de lente (como combinación de dioptros uno de los cuales, al menos, debe ser esférico).

Preguntas abiertas:

- ¿Se podrá predecir la posición y tamaño de las letras que vemos a través de la lupa?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y a continuación y a partir de la fórmula general de los dioptros esféricos deduce la fórmula del constructor de lentes para las lentes delgadas.

$$\frac{1}{s'} - \frac{1}{s} = (n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

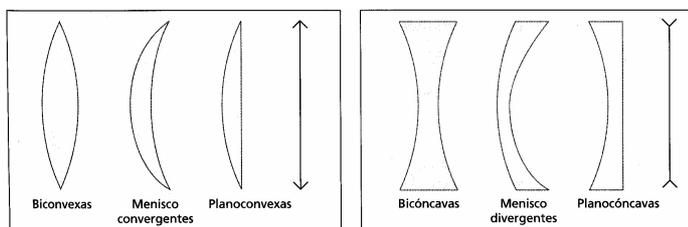
Una vez que tengamos la ecuación y con la definición dada anteriormente para el foco objeto F y para el foco imagen F', se calcula la distancia focal objeto f y la distancia focal imagen f'.

$$(n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f} \quad -(n - 1) \cdot \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \frac{1}{f'}$$

Preguntas abiertas:

- ¿Cómo son entre sí f y f'?

El profesor pondrá en común las respuestas de los alumnos y clasificará a las lentes en convergentes y divergentes.



Además, atendiendo a su forma, dará los nombres de los tipos de lentes en cada caso, clasificándolas también

en convergentes y divergentes.

También explicará a los alumnos como se representan las lentes delgadas, según sean convergentes o divergentes.

A continuación se definirá la potencia de una lente, como la inversa de la distancia focal imagen, y la unidad utilizada es la dioptría (m^{-1}).

Preguntas abiertas:

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie de la lente en dirección del (o pasando por el) centro óptico?

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el

incidente llega a la superficie de la lente en dirección del (o pasando por el) foco objeto?

- ¿Se puede predecir qué dirección llevará el rayo refractado si el incidente llega a la superficie de la lente en dirección del (o pasando por el) foco imagen?

Sobre una lente de distancia focal conocida, se hace incidir, con distinta inclinación, la luz procedente del foco luminoso, de forma que pasen por (o lleven la dirección de) los puntos definidos anteriormente.

Se les pide a los alumnos que:

- Representen lo que están observando en un diagrama de rayos y expresen verbalmente que están representando.

El profesor pone en común las respuestas y hace la representación gráfica.

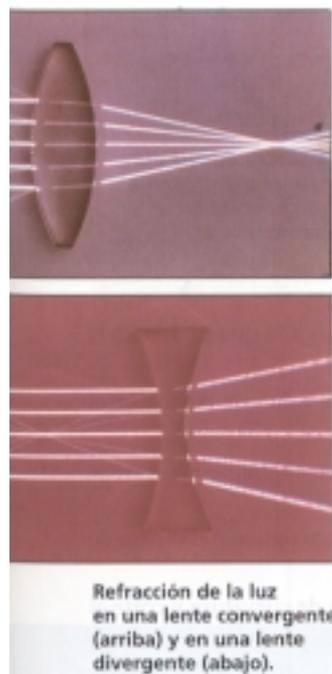
A) Imágenes en una lente convergente:

El profesor coloca un objeto entre el foco luminoso y la lente y a continuación la pantalla (folio).

a) Situado el objeto, con respecto a la lente, a una distancia mayor que la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. Se les pide a los alumnos que observen la imagen sobre la pantalla, que indiquen como es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente la imagen formada.

b) Situado el objeto, con respecto a la lente, a una distancia igual que la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en este caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente a la lente ¿Se forma alguna imagen? Y que dibujen un gráfico que represente qué sucede en este caso.

c) Situado el objeto, con respecto a la lente, a una distancia menor que la distancia focal, se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue



en este caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente a la lente, que indiquen como es la imagen formada y que dibujen un gráfico que represente como se ha formado esa imagen.

El profesor, al final de cada apartado, pone en común las respuestas de los alumnos y va dando las explicaciones oportunas.

Se les pide también a los alumnos que en los casos que sea posible midan la distancia entre el objeto y la lente (distancia objeto) y entre la lente y la pantalla (distancia imagen) y comprueben la expresión del constructor de lentes calculada anteriormente.

B) Imágenes en una lente divergente:

Se puede repetir el apartado anterior para una lente divergente:

El profesor coloca el objeto en distintas posiciones respecto a la lente. Para cada posición se mueve la pantalla hasta que la imagen sea nítida. ¿Se consigue en algún caso una imagen sobre la pantalla? Se les deja a los alumnos que discutan este caso y que busquen la imagen. A continuación se les propone a los alumnos (si ellos no lo han descubierto antes) que miren directamente a la lente.

Preguntas abiertas:

¿Qué tipo de imagen se forma?

Dibujar un gráfico que represente la imagen formada por las lentes divergentes.

Preguntas abiertas:

- ¿Cuál de los casos, tanto del apartado A) como del B), se corresponde con el ejemplo inicial de esta actividad (mirar las letras de un libro a través de una lupa)?

- ¿Se puede predecir el tamaño de la imagen?

El profesor pone en común todas las respuestas y calcula el aumento lateral en el caso de las lentes.

$$A_L = \frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$$

- Se les pide a los alumnos que relacionen este fenómeno con experiencias análogas de su entorno.
- Resolver algunos ejercicios numéricos con la utilización de las leyes obtenidas.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS

Sugerencias metodológicas:

Se debe hacer hincapié en que la unidad de la potencia de una lente, dioptría, es la misma unidad que se utiliza en optometría, ya que es un concepto habitual para el alumno.

Para consolidar conocimientos se puede ver el video “*Las mil y una prácticas*” en los apartados Trayectoria de los rayos y distancia focal en una lente convexa y Trayectoria de los rayos y distancia focal en una lente cóncava.

Así, en los apartados, del mismo, Imágenes en la lente convexa e Imágenes en la lente cóncava, se muestra la formación de imágenes en ambos tipos de lentes.

Objetivos didácticos que desarrolla: b.6; b.7; b.8; b.11; b.19; b.21; b.22; b.26; c.1; d.2; d.3; d.6; d.7; d.9; d.11; A.3; A.7; B.1; B.3; B.6; B.8.

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Lentes delgadas: Formación de imágenes en lentes.

Clasificación de las lentes.

Procedimentales:

Planificación y realización de experiencias para contrastar hipótesis.

Búsqueda de la relación lógica, de forma verbal o matemática, de las causas con los respectivos efectos en el fenómeno estudiado.

Realización de esquemas que representan la trayectoria seguida por la luz, la formación de imágenes, etc.

Resolución de ejercicios numéricos de aplicación.

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior

Otras actividades:

Determinación de los focos de una lente.

Material necesario: Un foco luminoso, lente convergente, lente divergente, un folio en blanco, una regla y un diafragma de tres ranuras.

a) Colocar el diafragma entre el foco luminoso, y la lente de modo que el rayo intermedio esté dirigido a lo largo del eje óptico.

Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado.

b) Medir la distancia desde la lente hasta el punto donde se cruzan los tres rayos, para distintas posiciones de la lente respecto al foco luminoso. Anotar el resultado en cada caso.

c) Calcular la inversa de la distancia (en metros) del apartado anterior.

d) Para determinar el foco de una lente divergente, podemos hacerlo de dos formas:

1.- Acoplar una lente divergente a una lente convergente de distancia focal conocida (puede ser la anterior). Colocar el diafragma entre el foco luminoso, y las lentes. ¿Se cortan los tres rayos? ¿Que diferencia existe entre la distancia focal medida para la lente convergente y la obtenida para el doblete? ¿Cuál será la distancia focal de la lente divergente?

2.- Colocar el diafragma entre el foco luminoso y la lente divergente, de forma que los tres rayos sean paralelo al eje óptico. ¿En este caso convergerán los rayos refractados en un punto? Prolongar los rayos refractados. Se les pide a los alumnos que indiquen cuantos detalles hayan observado.

Conviene que la lente convergente sea potente (distancia focal pequeña) y de buena calidad (sino no se aprecia la convergencia del haz luminoso).

El profesor indicará que ese punto donde convergen los rayos luminosos se llama foco.

El profesor indicará a los alumnos que la diferencia entre la potencia de la lente convergente y potencia del doblete es justamente la potencia de la lente divergente (con signo negativo).

- Calcular, utilizando la expresión del constructor de lente, la distancia focal de una lente convergente:

Par ello proponemos utilizar un banco óptico (o cualquier regla) y medir, para distintas posiciones del objeto, las distancias del objeto y de la imagen (distancia lente-pantalla) a la lente. Con estos datos se puede hacer una tabla. ¿Verificarán estos valores las relaciones cuantitativas previstas por el modelo teórico?

(Se les indicará a los alumnos que muevan la pantalla a lo largo del eje óptico del sistema hasta que la imagen formada sobre ella aparezca lo más definida posible)

Se les propone a los alumnos que hagan un diagrama de rayos donde se represente de forma gráfica la formación de la imagen.

- Para algunas posiciones del objeto es imposible conseguir que la imagen se vea sobre la pantalla, en este caso se les pedirá a los alumnos:

- a) Que anoten el valor de la distancia objeto y comparen estos valores con el valor obtenido para la distancia focal en el apartado anterior.

- b) Que intenten dar una explicación de lo que ocurre en estos casos.

- c) A continuación se les pedirá a los alumnos que vuelvan a repetir algunas de estas posiciones para el objeto y que miren hacia el objeto a través de la lente. ¿qué se observa ahora?

- d) Hacer un diagrama de rayos donde se represente de forma gráfica la formación de la imagen.

- e) ¿Qué diferencias hay entre los dos tipos de imágenes que se forman?



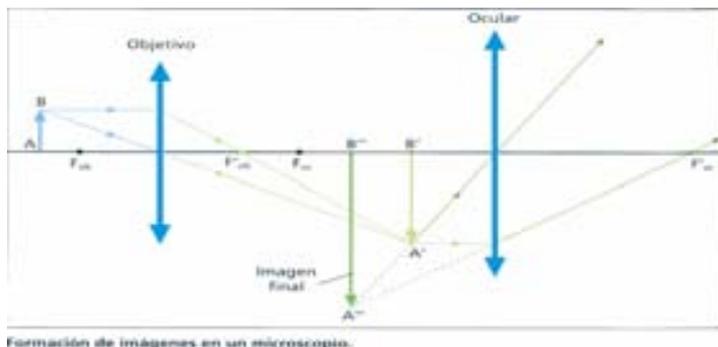
16. Se propone a los alumnos que hagan un listado de los instrumentos ópticos que conozcan.

Se les pide que:

a) Elaboren un esquema con las características esenciales de cada uno.

b) Analicen el funcionamiento de cada instrumento óptico.

c) Represente en un diagrama de rayos la trayectoria de la luz en el interior de cada uno de ellos.



Formación de imágenes en un microscopio.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad constituye una aplicación directa de lo que el alumno ha aprendido hasta el momento.

Se puede dejar al alumno que haga una búsqueda bibliográfica o bien se le puede proporcionar una lista con los instrumentos ópticos que el profesor considere (el ojo, la lupa, la cámara fotográfica, el microscopio y el telescopio).

Se puede recomendar esta actividad como trabajo cooperativo, de la forma que se ha definido anteriormente.

Objetivo Didácticos que desarrolla: b.20; d.6; A.5; B.1; B.6

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Instrumentos ópticos.

Procedimentales:

Búsqueda de información.

Elaboración de esquemas, diagramas...

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Valorar desde un plano más afectivo los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

Síntesis del Tercer Nivel de Elaboración:



17. Los alumnos elaborarán un mapa conceptual de todos los contenidos expuestos hasta aquí.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas:

Esta actividad constituye el final a la asimilación de los contenidos conceptuales de la Unidad Didáctica. Tales repeticiones son necesarias aunque vayan acompañadas, como es el caso, de otras de síntesis intermedias.

No debe tomarse como un mero ejercicio que hacen los alumnos, sino que es conveniente aprovecharla en una puesta en común para potenciar la repetición, que así se hace más atractiva para ellos.

El instrumento de síntesis no tiene que ser obligatoriamente un mapa conceptual, pero éste se ha revelado como una estrategia muy eficaz y, en este caso, coherente con los planteamientos pedagógicos expuestos aquí. En efecto, el mejor mapa conceptual que podrían plantear los alumnos es el que constituye la estructura lógica de la materia (mapa de experto presentado anteriormente): es así el punto inicial y final de este aprendizaje.

Objetivo Didácticos que desarrolla: c.6; B.6

Tipo de contenidos de la actividad anterior:

Conceptuales:

Todos.

Procedimentales:

Elaboración de un mapa conceptual.

Actitudinales:

Todos los reseñados para la actividad anterior.

Valorar desde un plano más afectivo los sentimientos que despierta la comprobación del propio conocimiento que mediante el estudio se va consiguiendo.

7.2.6.4.3. Aspectos humanos y sociales. Relación C-T-S



18. Aspectos humanos de la ciencia: Los alumnos leen *Telescopios. Evolución de los espejos*, páginas 189, 190 y 191 del libro de Física de 2º Bachillerato de Santillana y responden a las siguientes preguntas:

1. ¿Qué aspectos humanos destacan en estas notas bibliográficas?
2. ¿Qué problemas daban los espejos?

3. ¿Qué materiales se utilizaban en su construcción?
4. ¿Qué diferencia hay entre un telescopio refractor y uno reflector?
5. ¿Conoces algún telescopio que se encuentre en España?

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Sugerencias metodológicas: Es una típica actividad para desarrollar en trabajo en grupo. Se pretende enfatizar los aspectos humanos y sociales de la ciencia para despertar en el alumno sentimientos de mayor cercanía personal al trabajo científico. Es decir, se trata de potenciar la dimensión afectiva.

Este tipo de actividad es conveniente realizarla cuando ya el alumno ha asimilado todos los conocimientos teóricos de la unidad didáctica, para que así pueda valorar mejor los aspectos que aquí se destacan.

Objetivos Didácticos que desarrolla: d.6; A.5; B.3; B.4; B.5



19. Relación Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Los alumnos leen *Aplicaciones recientes y futuro de la Óptica*, páginas 192 y 193 del libro Física 2º Bachillerato de Santillana, y responden a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son las diferencias entre Ciencia y Tecnología?
2. ¿Cuál es el descubrimiento que más ha influido en el desarrollo reciente de la Óptica?
3. Enumera las aplicaciones en otras ramas de las ciencias y de la tecnología de los últimos descubrimientos ópticos.

ORIENTACIONES METODOLÓGICAS:

Objetivos Didácticos que desarrolla: A.5; B.3; B.4; B.5

7.2.7. EVALUACIÓN.

7.2.7.1. Respecto del papel que representa el profesor.

Se trata de la evaluación de fines y de medios propuestos en el desarrollo de la unidad didáctica. Estará basada tanto en la reflexión sobre la forma de realizarse el proceso de enseñanza-aprendizaje, como en la autoevaluación del propio profesor (sería deseable poder disponer de algún medio de observación externo: participación esporádica como oyente de otro profesor, grabación en vídeo de alguna clase, etc.). Pueden ser considerados, entre otros, los siguientes aspectos (se sugieren algunos criterios de evaluación):

1. Evaluación de los objetivos:

- ✓ Las finalidades, ¿están bien identificadas?, ¿están bien formuladas?, ¿se adecúan a los alumnos?
- ✓ Los objetivos didácticos, ¿desarrollan, suficiente y equilibradamente, las finalidades?

2. Evaluación de contenidos:

- ✓ ¿Son adecuados para la obtención de las metas didácticas?
- ✓ ¿Están adaptados al desarrollo psicoevolutivo de los alumnos?
- ✓ ¿Son relevantes y suficientemente cercanos a los alumnos?

3. Evaluación de la metodología:

- ✓ ¿Es variada, atendiendo a las diferencias individuales?
- ✓ ¿Es adecuada a los contenidos?
- ✓ ¿Es motivadora?

4. Evaluación de materiales curriculares:

- ✓ ¿Es suficientemente diverso: audiovisual, pizarra, equipos experimentales, etc.?
- ✓ ¿Es adecuado a la metodología utilizada y a los fines propuestos?
- ✓ ¿Se da una utilización equilibrada de guías, libros de textos,

información bibliográfica, etc.?

5. Evaluación del desarrollo de la clase:

- ✓ ¿Hay un buen ritmo de progresión en los contenidos?
- ✓ ¿Se consigue implicar a los alumnos en las actividades?
- ✓ ¿Se consigue una buena comunicación con los alumnos?
- ✓ ¿Se mantiene un buen clima de trabajo?
- ✓ ¿Se aplica una buena técnica de preguntas?

Como respuestas a estas preguntas presentamos los comentarios que al respecto han expresado, tanto los profesores que han llevado a cabo la fase experimental, como la profesora que ha participado como oyente en el transcurso de la experiencia:

Una vez impartida la Unidad Didáctica de Óptica basada en la secuenciación de contenidos de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein es conveniente realizar las siguientes consideraciones:

1ª.- Existe una buena relación entre los objetivos previstos y los contenidos programados, de forma que ha sido posible alcanzar las capacidades que inicialmente nos habíamos fijado sin necesidad de realizar ninguna modificación. El hecho de que cada experiencia lleve indicada que objetivos didácticos persigue ayuda al profesor a sintetizar la finalidad de la misma y le simplifica el proceso de enseñanza.

2ª.- Respecto a los contenidos seleccionados indicar que el hecho de comenzar por contenidos muy relacionados con la experiencia cotidiana del alumno nos lleva a conseguir una mejor motivación hacia la clase, que se ve potenciada por la metodología utilizada. La realización de experiencias previas en cada apartado “despierta” en el alumno un interés que de otra forma, hoy en día, es prácticamente imposible de conseguir. En este punto es interesante introducir alguno de los comentarios que realizaban los alumnos al comenzar la clase: “¿que experiencia nos vas a realizar hoy?”, “¡que pena!, hoy no trae la bolsa de las experiencias”. El bajo costo del material que se usa en estas experiencias es un

aliciente más para el profesorado, que siempre nos quejamos de que no realizamos prácticas por falta de presupuesto económico.

3ª.- La propia dinámica de la Unidad Didáctica lleva implícito el uso de muy diverso material curricular (experiencias prácticas, realización de mapas conceptuales, búsqueda bibliográfica usando las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación, etc.) que provoca una clase más abierta y participativa, implicando a los alumnos en el proceso de enseñanza/aprendizaje y consiguiendo un buen clima de trabajo. Este buen clima de trabajo se ve beneficiado por las continuas preguntas que la metodología utiliza, consiguiendo que el alumno no “desconecte” del ritmo de la clase y se sienta parte integrante del proceso.

4ª.- El método de elaboración de la Unidad Didáctica nos ha permitido integrarla perfectamente con el libro de texto que venían siguiendo los alumnos durante el resto del curso, lo que ha beneficiado la continuidad en la programación general de la asignatura y del Departamento, y su integración con el Proyecto Educativo del Centro. Así mismo, conseguimos que el alumno no sienta “desconfianza” al abandonar un libro de texto que venía utilizando asiduamente y que seguirá utilizando en las unidades didácticas siguientes.

5ª.- Para finalizar indicar que los dos mayores inconvenientes que he encontrado a la hora de impartir la Unidad Didáctica han sido el tiempo que ha requerido su desarrollo (no debemos olvidar que se ha impartido en 2º de Bachillerato y este curso cuenta con un menor número de horas lectivas) y el elevado número de alumnos que tenía uno de los grupos (40 alumnos).

7.2.7.2. Respecto a los alumnos.

Consiste en evaluar lo aprendido por los alumnos (*lo que saben, no lo que no saben*) y también las dificultades de aprendizaje que estos presentan. Se trata, en consecuencia, de poner el énfasis no tanto en calificar a los alumnos en sobresalientes, notables, etc., sino en aplicar técnicas de identificación de logros de aprendizaje que proporcionen a los mismos alumnos una información

significativa y motivante de su propio progreso y maduración. Cuatro características fundamentales ha de poseer el sistema de evaluación de los alumnos:

1. Que sea una **evaluación continua**: las actividades propuestas han de permitir la constatación de la evolución del alumno. Esta exigencia se cumple si tales actividades implican claramente al alumno, de tal manera que su conducta ofrezca al profesor la posibilidad de una continua interacción.
2. Que sea **formativa**: es decir, que produzca en el alumno la suficiente retroalimentación para facilitarle su progreso. En este sentido, puede conseguirse si la secuencia de instrucción ofrece la posibilidad de dar:
 - ✓ Momentos de repeticiones y reflexiones metacognitivas sobre el proceso de aprendizaje.
 - ✓ Momentos de autoevaluación del alumno.
 - ✓ Debates grupales y puestas en común.
3. Que sea **sumativa**: que al final del proceso el profesor tenga datos suficientes para dar una calificación suficientemente fiable de los logros obtenidos por el alumno. En este punto se han de tener en cuenta los dos aspectos siguientes:
 - 1°. Ciertas capacidades, a veces, las de contenido más profundamente pedagógico, son difícilmente evaluables en conductas y, en consecuencia, traducibles a una calificación.
 - 2°. Las mismas actividades que desarrollan los contenidos de la unidad didáctica proporcionan en muchos de los casos la posibilidad de obtener los datos necesarios para dar la evaluación sumativa. En este sentido, los mismos objetivos didácticos instruccionales y expresivos ofrecen una buena aproximación a los *criterios de evaluación* en donde se ha de apoyar este proceso.
4. Que evalúe **capacidades**: los fines últimos del proceso de enseñanza-

aprendizaje son el desarrollo de las capacidades. La evaluación ha de ser coherente con estas metas. Los objetivos didácticos concretan estas capacidades, por lo que es en la realización de las actividades, que son las encargadas de aplicarlas, en donde se ha de encontrar la evaluación de dichas capacidades. Cualquier prueba de evaluación añadida debe elaborarse en una línea semejante.

Matriz de relación “objetivos didácticos-actividades”.

Los objetivos didácticos son los elementos puente entre las finalidades propuestas y las actividades que los alumnos realizan para alcanzar aquellas. En la matriz que a continuación se expone se expresan gráficamente estas relaciones, indicando el número de ellas en cada caso.

Act./OD	Percepción	Análisis	Síntesis	Aplicación	Actitudes científicas	Actitudes personales	Total
1.t.i. ¹	1				1	3	5
2.t.i.	1				1	3	5
3.t.i.	1				1	3	5
4.t.i.	1				1	3	5
5.t.i.	1				1	3	5
6.t.i.	1				1	3	5
7.t.i.	1				1	3	5
8.t.i.	1				1	3	5
9.t.i.	1				1	3	5
10.t.i.	1				1	3	5
1.e. ²	3	3	1			3	10
2.e.	3	3	1			3	10
3.e.	3	3	1			3	10
4.e.	3	3	1			3	10
5.e.	3	3	1			3	10
6.e.	3	3	1			3	10
7.e.	3	3	1			3	10
8.e.	1		1			1	3
9.e.	2		1				3
1		2	1		2	2	7
2			1		1	1	3
3	1					1	2
4		4	1	1	1	1	8
5		8	1	1	1	1	12
6		7	1	4	4	2	18
7		5	1	2	1	2	11
8		1	1			3	5
9		4	1		1	2	8
10		11		4	1	2	18
11		7		5	1	2	15
12	1	3	1	1	1	1	8
13		10		5	1	2	18
14		10	1	6	2	4	23
15		8	1	6	2	4	21
16				1	1	2	4
17			1			1	2
18				1	1	3	5
19					1	3	4

¹ Teorías implícitas.² Epítome

7.2.8. BIBLIOGRAFÍA

- Andrés D. M^a., Antón J. L., Barrio J., de la Cruz M^a C. y González. F. (1996): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Editex, S.A. Madrid.
- Armas F., Caballero T. y otros. (1996): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Samat, S.L. Villanueva de la Serena (Badajoz).
- Enciso E., Sendra F., S., Quílez J. y Chorro F. (1998). *Física 2º Bachillerato*. Ed. Ecir, S. A. Valencia.
- Feher, E. y Rice, K. (1992): *Children's Conception of Color*. Journal of Research in Science Teaching, 29(5), pp. 505-520.
- Fidalgo J. A y Fernández M. R. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Everest, S.A. Leon.
- Galili, I. (1996): *Student's conceptual change in geometrical optics*. Internacional Journal of Science Education, 18(7), pp. 847-868
- Galindo A., Moreno A., Benedí A. y Valera P. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.U. Madrid.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1986): *Student difficulties in understanding image formation by plane mirror*" The Physics Teacher, November, pp. 472-480.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1987). *An investigation on student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror* American Journal of Physics, 55(2), pp. 108-119.
- Guesne, E. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ed. Morata. Madrid.
- Grupo Orión. (2001): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Santillana, S.A. Madrid,.
- Hierrezuelo, J. Y Montero, A. (1991): *La Luz en La ciencia de los alumnos*. Ed. Elzevir, Málaga.
- Kaminski, W. (1989): *Conceptions des enfants (et des autres) sur la lumière*. Bulletin de l'union des phisiciens, 716, pp. 973-996.
- Martín J., Ruiz E. y Fraile J. M^a. (1997): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Santillana, S.A. Madrid.

- Ministerio de Educación y Cultura.(1999): *Programa de nuevas tecnologías de la información y de la comunicación*. <http://www.pntic.mec.es>.
- Morales J. V., Arribas C. J. y Sánchez J. A. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Luis Vives. Zaragoza.
- Pérez, A.L.; Suero; M.I.; Pardo, P.J y. Gil J. (aceptado): *Como hacer comprensibles los dibujos que suelen ilustrar la formación de imágenes*. Journal of Science Education.
- Salinas, J. y Sandoval, J. (1997): *Óptica y visión: hacia un aprendizaje más integrado*. Revista Española de Física, 11(1), pp. 38-43.
- Salinas, J. y Sandoval, J. (1999): *Objetos e imágenes reales y virtuales en la Enseñanza de la Óptica Geométrica*. Revista Española de Física, 12(2), pp. 23-36.
- Satoca J., Tejerina Fernando y Dalmau J. F. (1998): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Grupo Anaya, S.A. Madrid,
- Selley, N. J. (1996): *Children's ideas on light and vision*. . Internacional Journal of Science Education, 18(6), pp. 713-723.
- Solbes J. y Tarín F. (1996): *Física 2º Bachillerato*. Ed. Octaedro, S.L. Barcelona,
- Suero, M. I., Pérez, A. L., Pardo, P. J., Antequera, J. A. y Naranjo, F. L. (2000): *Las mil y una prácticas*. Video. Publicaciones Universidad de Extremadura.
- Viennot, L. y Chauvet, F. (1997): *Two dimensions to characterize research-based teaching strategies: examples in elementary optics*. Internacional Journal of Science Education, 10, pp. 1159-1168.

Capítulo 8

Valoración de la eficacia de la unidad didáctica de Óptica

8.1. Diseño de la investigación.

La investigación se ha desarrollado a partir de un diseño cuasiexperimental multigrupo con pretest, postest y grupo de control. Previamente, se había realizado un estudio piloto, sobre un diseño de investigación-acción con una sola muestra en el Centro Universitario de Mérida, con alumnos de 1º de Ingeniería Técnica de Telecomunicación, especialidad en Telemática.

Nuestra hipótesis principal es que la confección de secuencias de enseñanza-aprendizaje siguiendo las orientaciones de la Teoría de la Elaboración mejora la calidad de los aprendizajes de los alumnos. Para ello se ha utilizado la unidad didáctica sobre los contenidos de Óptica Geométrica de 2º de Bachillerato, que se ha descrito en el capítulo 7.

1. Sujetos

El procedimiento metodológico utilizado para obtener la muestra ha sido un muestreo probabilístico por bloques. El tamaño de la muestra utilizada es de 202 sujetos, distribuidos en 8 grupos naturales, correspondientes a unidades de 2º de Bachillerato de 6 centros de la provincia de Badajoz. Cuatro de esos grupos, 1, 2, 3 y 4, fueron asignados a la condición experimental (secuencia de instrucción basada en la Teoría de la Elaboración) y cuatro, 5, 6, 7 y 8, a la de control, (secuencia de instrucción según la metodología tradicional del profesor).

De esta forma todos los grupos quedaron constituidos por un número entre 15 y 39 sujetos (tabla 10). La población de referencia es de alumnos y alumnas, de edades comprendidas entre los 17 y 18 años, y de un nivel socioeconómico medio.

Grupo	Tipo	Número de alumnos
1	experimental	17
2	experimental	39
3	experimental	35
4	experimental	18
5	control	15
6	control	23
7	control	32
8	control	23

Tabla 10: Distribución de los grupos de alumnos que participaron en la investigación.

2. Variables

En la investigación se ha considerado como variable independiente la metodología de secuenciación de los contenidos y las actividades para el desarrollo de la unidad didáctica de Óptica, con 2 valores:

1. Metodología basada en las prescripciones derivadas de la Teoría de la Elaboración,
2. Metodología habitual

Por su parte, la calidad del aprendizaje se ha operativizado en 3 variables

dependientes:

- Corrección de las teorías implícitas erróneas de los alumnos en torno a fenómenos de Óptica Geométrica (variable “teorías implícitas”).
- Grado de comprensión de los conceptos fundamentales de Óptica Geométrica estudiados (variable “comprensión”).
- Transferencia y funcionalidad de los aprendizajes: capacidad de aplicación del conocimiento sobre contenidos de Óptica Geométrica aprendiendo a interpretar los fenómenos físicos cotidianos (variable “aplicación”).

3. Condiciones de aplicación de la experiencia.

A la hora de realizar el diseño de la experiencia, la condición fundamental era que los resultados obtenidos pudieran ser de aplicación general, pero esta validez “ecológica” del diseño, con las mínimas alteraciones posibles de las circunstancias habituales (sólo se alteró la metodología utilizada), tiene como contrapartida la amenaza de numerosas variables extrañas que quedan sin controlar. De entre ellas, la más importante probablemente sea la diferente capacidad didáctica de cada uno de los profesores que intervienen en la experiencia, independientemente de la metodología de secuenciación adoptada. Este posible sesgo se intentó minimizar incluyendo un número relativamente amplio de profesores, pero aun así sólo podemos considerar nuestro diseño como cuasiexperimental, puesto que su validez interna continúa amenazada por estas variables extrañas a las consideradas en la investigación que no han sido controladas por no disminuir la validez “ecológica” del método y podrían tener un efecto más o menos influyente en los resultados encontrados.

Por último, para controlar la validez de las pruebas elaboradas en sí se realizó un estudio estadístico mediante el software LXR-TEST, que ya se ha descrito en el capítulo 4 y cuyos resultados aparecen en el Anexo V.

4. Instrumentos

Para las tres variables dependientes se elaboraron seis pruebas objetivas y específicas (dos por cada variable dependiente), que se utilizaron con todos los grupos y que están recogidas en el Anexo IV.

- Dos test de teorías implícitas, formado cada uno de ellos por 10 ítems con 4 posibles respuestas (un pretest y un postest).
- Dos test sobre comprensión de conceptos, formado cada uno de ellos por 10 ítems con 4 posibles respuestas (un pretest y un postest).
- Dos pruebas objetivas, cada una de ellas de 10 problemas abiertos, de interpretación de fenómenos y de aplicación a situaciones cotidianas (un pretest y un postest).

Cada prueba del pretest con la correspondiente del postest, aunque se han elaborado de forma paralela y son equivalentes, son distintas con el fin de evitar el posible “efecto de aprendizaje” entre el pretest y el postest.

5. Procedimiento

El diseño de esta investigación fue precedido de un estudio piloto, como se ha indicado al principio de este capítulo, de corte fundamentalmente cualitativo que facilitó, entre otras cosas, el perfeccionamiento de las secuencias instruccionales propuestas y de los tres instrumentos de evaluación más importantes: el test de teorías implícitas, el de comprensión y la prueba de aplicación a situaciones cotidianas.

Posteriormente se seleccionaron los profesores participantes de la siguiente manera:

- ✓ Para seguir la metodología tradicional, se eligieron aleatoriamente 4 profesores entre varios de los profesores de Enseñanzas Medias que aceptaron colaborar.
- ✓ De los dos profesores que han seguido la secuencia de instrucción

basada en la Teoría de la Elaboración, uno de ellos es un profesor experto en esta metodología y el otro estaba iniciado en dicha teoría al participar como oyente en el estudio piloto llevado a cabo antes de esta investigación.

Se les pidió a cada uno de ellos que pasaran a sus alumnos las tres pruebas de pretest y los resultados obtenidos en cada prueba fue la referencia para calificar a cada uno de los alumnos.

Comenzada la instrucción, con los grupos experimentales se trabajó siguiendo las orientaciones desarrolladas en los capítulos anteriores y con los grupos de control según la metodología tradicional, durante un tiempo aproximado de 5 semanas. La evaluación posttest se realizó 1 mes después, una vez realizado un examen oficial sobre la materia.

8.2. Análisis de los resultados.

En el Anexo V, aparecen los resultados obtenidos por los alumnos en el pretest y postest para las tres variables dependientes.

Estos resultados se han analizado mediante una metodología estadística ampliamente utilizada en todas las ramas de la investigación aplicada llamada análisis de varianza (Tejedor, 1999; Ximenez y San Martín, 2000). Esta técnica consiste en comparar las diferencias de las puntuaciones de los individuos de cada grupo (variabilidad intragrupo) con las diferencias entre las puntuaciones de los distintos grupos (variabilidad intergrupo). Si la variabilidad intragrupo y la intergrupo no presenta diferencia estadística, se asume que las diferencias intergrupo se deben también al azar. Pero, si la variabilidad intergrupo es significativamente mayor que la variabilidad intragrupo, se puede pensar que aquella no se debe al azar, sino que es debida a la variable independiente, que motiva que existan diferencias entre los grupos (Walpole y Myers, 1992).

El análisis de varianza nos permite contrastar hipótesis con más de dos muestras independientes a la vez. En este caso las hipótesis a contrastar son:

H_0 = No hay diferencias significativas entre los grupos (hipótesis nula).

H_1 = Hay diferencias significativas entre dos de esos grupos (hipótesis alternativa).

Utilizaremos los métodos paramétricos de análisis de varianza, llamados ANOVA, cuando se cumplan los tres supuestos básicos siguientes:

- ✓ Aleatoriedad de las muestras, ya que si esto no ocurre no podemos asegurar, en el caso de rechazar la hipótesis nula, que las diferencias observadas sean debidas a la variable independiente.
- ✓ Distribución normal de población.
- ✓ Homogeneidad de la varianza: la varianza de la población de todos los grupos debe ser igual.

En aquellos casos donde por uno u otro motivo no se puedan aceptar como válidos estos requisitos, utilizaremos los métodos no paramétricos o de libre distribución, para el análisis de varianza. En este caso se utilizará la prueba de Kruskal-Wallis, que es un procedimiento no paramétrico para probar la igualdad de promedios en el análisis de varianza de un factor, en aquellas situaciones en que no se verifiquen las condiciones restrictivas que antes se han señalado (Hamilton, 1990).

Los resultados han sido analizados con el paquete estadístico SPSS 11.0 para Windows (Pérez, 2001).

Inicialmente, para controlar que las posibles diferencias de las capacidades y los conocimientos previos de los alumnos de los diferentes grupos no influyeran en la eficacia de la metodología, se realizó un ANOVA pretest para comprobar que no existían diferencias intergrupos en cuanto al nivel de partida de los alumnos que conformaban los grupos que iban a ser sometidos a cada una de las dos condiciones experimentales.

En primer lugar comprobamos si la distribución de los resultados, para las tres variables dependientes, se puede considerar normal. Para ello un procedimiento muy utilizado son los diagramas o gráficos Q-Q (cuantil-cuantil), en los que, en general, los cuantiles de una muestra se representan en relación a sus valores esperados en una distribución normal. Los residuos (errores) observados, se colocan en el eje de abscisas y los esperados, según la distribución normal tipificada, se toman en el eje de ordenadas. Cuanto mejor se ajuste la nube de puntos representada a la recta, menos evidencia tendremos para suponer la violación de la hipótesis de normalidad de los residuos y, por tanto, en la respuesta.

Los puntos de las tres graficas de la figura 13 están razonablemente próximos a la línea recta, excepto una observación en la figura 13c que parece apartada de dicha línea y que podría tratarse de un valor anómalo. Concluimos que no tenemos evidencias para suponer la violación de normalidad de la

distribución de los valores obtenidos para ninguna de las tres variables dependientes.

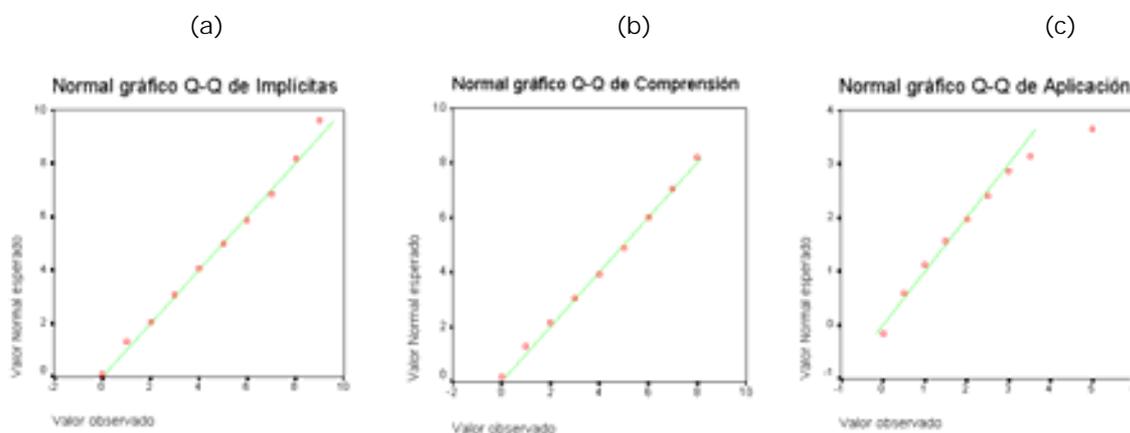


Figura 13: Grafico probabilístico normal pretest. a) Para la variable “teorías implícitas”; b) para la variable “comprensión” y c) para la variable “aplicación”.

A continuación, comprobamos la homogeneidad de las varianzas de los diferentes grupos mediante el test de Levene para grupos de diferentes tamaños para posteriormente aplicar correctamente el correspondiente análisis de varianza.

Implicitas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,498	7	194	,170

(a)

Comprensión

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,000	7	194	,432

(b)

Aplicación

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,300	7	194	,028

(c)

Tabla 11: Prueba de homogeneidad de varianzas. a) Para la variable “teorías implícitas”, b) para la variable “comprensión” y c) para la variable “aplicación”.

En el caso de la variable “teorías implícitas” los resultados muestran con claridad que, al nivel de significación de $\alpha = 0.05$, las mínimas diferencias de partida entre los diferentes grupos no son significativas ($P=0.170 > 0.05$), como se observa en la tabla 11a.

Para el caso de la variable “comprensión” ocurre lo mismo (tabla 11b)

($P=0.432>0.05$). Es decir, no rechazamos la hipótesis nula y se concluye que las varianzas poblacionales de los 8 grupos son iguales para las variables “teorías implícitas” y “comprensión”.

Sin embargo, en el caso de la variable “aplicación” (tabla 11 c), el análisis de los resultados (valor $P=0.028<0.05$) obliga a rechazar la hipótesis nula y afirmar que sí hay diferencias significativas, como mínimo, entre las varianzas de dos de esos grupos. En este caso, el análisis de varianza lo haremos con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis.

Por otra parte, de los resultados para el análisis de varianza de la variable “teorías implícitas” (tabla 12) se acepta la hipótesis nula y se concluye que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de las puntuaciones de los 8 grupos. El valor P es de 0.153.

Implícitas					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	31,811	7	4,544	1,549	,153
Intra-grupos	569,025	194	2,933		
Total	600,837	201			

Tabla 12: Resultados del ANOVA para la variable “teorías implícitas”.

El ANOVA de la variable “comprensión” (tabla 13) arroja un valor $P=0.125$, luego se acepta la hipótesis nula.

Comprensión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	28,085	7	4,012	1,646	,125
Intra-grupos	472,766	194	2,437		
Total	500,851	201			

Tabla 13: Resultados del ANOVA para la variable “comprensión”.

La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, en el caso de la variable “aplicación” (tabla 14), arroja un valor $P = 0.037$, por lo que se rechaza la hipótesis nula H_0 con un nivel de

Aplicación	
Chi-cuadrado	14,931
gl	7
Sig. asintót.	,037

Tabla 14: Prueba de Kruskal-Wallis para la variable “aplicación”.

significación del 5%. Existe evidencia estadística de que no todas las medias de las calificaciones para la variable aplicación son iguales.

Para saber cuáles de las medias poblacionales son iguales y cuales diferentes hemos usado la prueba Student-Newman-Kelus, que es uno de los métodos de comparaciones pareadas. Este método realiza todas las comparaciones por parejas entre las medias utilizando la distribución del rango de Student. El resultado de esta prueba (tabla 15) indica que los grupos que son estadísticamente diferentes son el 1 y el 4.

En principio se pensó en desestimar uno de los dos para conseguir la homogeneidad inicial, pero como ambos grupos se habían asignado a la

Grupo	N	Subconjunto para alfa = .05	
		1	2
1	17	,8235	
2	39	1,0000	1,0000
5	15	1,0333	1,0333
8	23	1,2609	1,2609
6	23	1,2826	1,2826
7	32	1,3594	1,3594
3	35	1,3714	1,3714
4	18		1,6389
Sig.		,348	,177

Tabla 15: Subconjuntos homogéneos para la variable "aplicación".

metodología experimental, y presentaban los valores más extremos de las medias (el grupo 1 el valor más bajo y el grupo 4 el valor más alto) nos pareció un reto considerar la evolución de ambos y se decidió dejar los dos grupos.

Por otro lado, la representación gráfica de los resultados proporciona, en la mayoría

de los casos, una mayor información y con frecuencia es un buen medio para comunicar aspectos relevantes de los análisis. Para la comparación de promedios, la gráfica de caja y extensión proporciona un despliegue revelador (Walpole y Myers, 1992).

Los diagramas de cajas y extensión, también llamados de cajas y patillas, que fueron ideados por John Tukey (Tukey, 1972, 1977), proporcionan una gráfica que encierra el rango intercuartil de los datos en una caja que tiene la mediana dibujada dentro. El rango intercuartil tiene como extremos el percentil 75 (cuartil superior) y el percentil 25 (cuartil inferior). Además de la caja se colocan extensiones que indican observaciones extremas en la muestra. Esta forma de

despliegue de datos muestra el centro de localización, la variabilidad y el grado de asimetría de la muestra así como la presencia de datos atípicos.

Aunque no existen reglas precisas en relación a cuando dos gráficas de caja y extensión proporcionan evidencia de diferencia significativa entre los promedios, una norma aproximada que se suele aceptar es que si la línea del percentil 25 para un muestra excede la línea mediana de la otra muestra, existe suficiente evidencia de una diferencia significativa entre las medias correspondientes a cada una de esas dos muestras (Hamilton, 1990).

Si se consideran los resultados de las calificaciones del pretest de la variable dependiente “aplicación”, la figura 14 muestra la gráfica de caja y extensiones de estos datos:

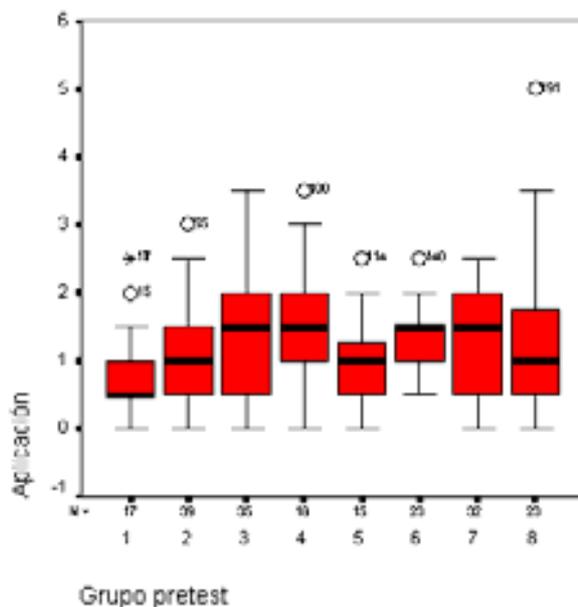


Figura 14: Diagramas de cajas y extensión para la variable “aplicación”.

Se observa que la mediana de los datos del grupo 1 es inferior a la de cualquiera de los otros grupos y el no traslape de la caja que contiene los datos del grupo 1 con la del 4 y con la del 6, sugiere una diferencia significativa entre los promedios de las notas del grupo 1 y las medias del grupo 4 y 6. Esta figura revela el resultado del análisis de varianza, donde se concluía que existía una diferencia

significativa entre las medias de los grupos experimentales y se rechazó la hipótesis nula. En el anexo V se recogen los diagramas de cajas correspondientes a los resultados pretest de las variables “teorías implícitas” y “comprensión”.

En resumen, del análisis de varianza de los resultados pretest concluimos que en general los 8 grupos son homogéneos (excepto el grupo 1 para la variable

aplicación) para las tres variables dependientes, y se puede aceptar que las diferencias entre las medias son menores en el caso de la variable “teorías implícitas” (valor $P = 0.153$) lo que era de esperar dada la universalidad de las teorías implícitas, característica que ya se indicó en el capítulo 2.

La medición postest, 1 mes después de una vez realizado el examen oficial sobre la materia, reveló una mejora significativa en todos los grupos evaluados, lo cual es también una prueba de la aceptable calidad de los métodos de instrucción que habitualmente utilizan los profesores que participaron en la investigación.

Para comprobar si existen diferencias en las mejoras en los aprendizajes para el conjunto de grupos, se realizó un análisis de varianza de la puntuación de cada una de las variables dependientes con las que hemos operativizado lo que entendemos por calidad del aprendizaje.

Una vez comprobada la normalidad de las distribuciones de los resultados para las tres variables postest (figura 15) y la homogeneidad de las varianzas de las mismas (tablas 16a, 16b, 16c), ya que para los tres casos el valor $P > 0.05$, el análisis de varianza arroja unos resultados (tablas 17a, 17b 17c) que nos hacen rechazar la hipótesis nula para las tres variables (valor $P \cong 0.0$ en los tres casos). Por lo tanto existe evidencia estadística de que, como era de esperar, al nivel de significación $\alpha = 0.05$, no todas las medias de las variables dependientes son iguales para todos los grupos.

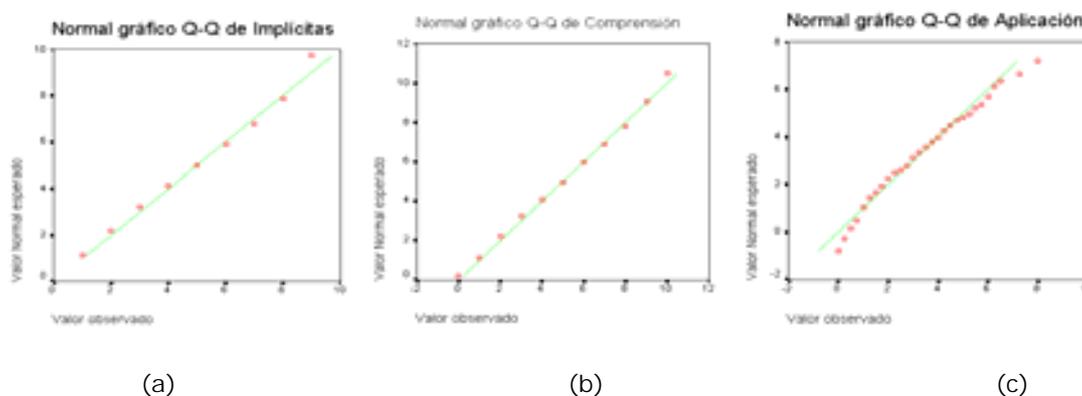


Figura 15: Grafico probabilístico normal postest. a) para la variable “teorías implícitas”; b) para la variable “comprensión” y c) para la variable “aplicación”.

Implícitas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,651	7	191	,123

(a)

Comprensión

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,492	7	191	,172

(b)

Aplicación

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,090	7	191	,371

(c)

Tabla 16: Prueba de homogeneidad de varianzas posttest. a) Para la variable "teorías implícitas"; b) para la variable "comprensión" y c) para la variable "aplicación".

Implícitas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	112,657	7	16,094	6,019	,000
Intra-grupos	510,720	191	2,674		
Total	623,377	198			

(a)

Comprensión

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	139,160	7	19,880	5,351	,000
Intra-grupos	709,624	191	3,715		
Total	848,784	198			

(b)

Aplicación

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	130,756	7	18,679	9,384	,000
Intra-grupos	380,211	191	1,991		
Total	510,967	198			

(c)

Tabla 17: Resultados del análisis de varianza. a) ANOVA para la variable "teorías implícitas"; b) ANOVA para la variable "comprensión" y c) ANOVA para la "variable aplicación".

Hemos intentado confirmar si la significatividad de estas diferencias se mantiene considerando cada uno de los grupos de una y otra condición por separado. Para ello, realizamos un segundo análisis de varianzas con los resultados de las puntuaciones posttest, distribuidas en dos grupos, uno

experimental, formado por los resultados de los grupos 1, 2, 3, y 4, y otro de control, formado por los resultados de los grupos 5, 6, 7 y 8. Una vez comprobada la homogeneidad de las varianzas para cada variable dependiente (anexo V), los análisis de varianzas correspondientes arrojan los siguientes resultados (Tabla 18):

Implícitas

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	77,340	1	77,340	27,903	,000
Intra-grupos	546,037	197	2,772		
Total	623,377	198			

(a)

Comprensión

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	27,722	1	27,722	6,651	,011
Intra-grupos	821,062	197	4,168		
Total	848,784	198			

(b)

	Aplicación
Chi-cuadrado	26,138
gl	1
Sig. asintót.	,000

(c)

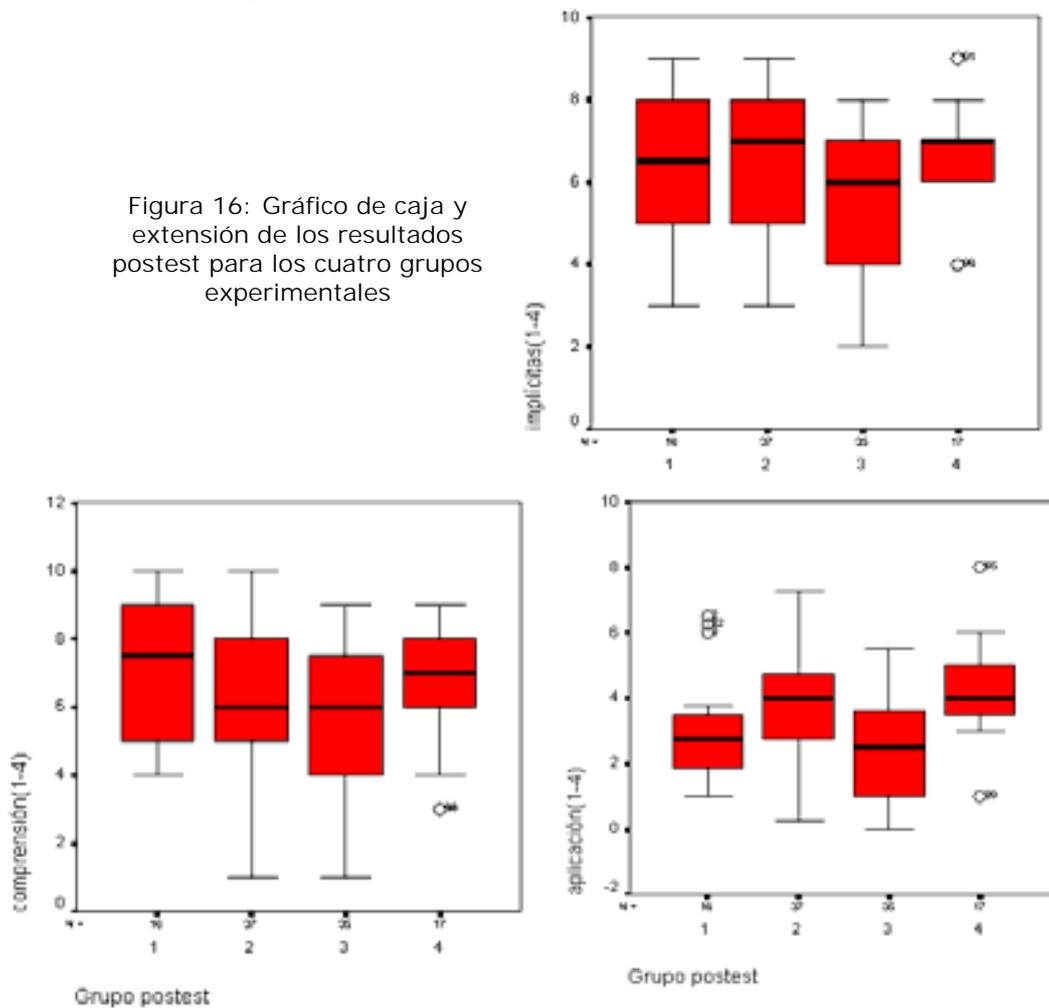
Tabla18: Resultados del análisis de varianza para los grupos experimental (1, 2,3 y4) y control (5, 6, 7, y 8. a) ANOVA para la variable “teorías implícitas”; b) ANOVA para la variable “comprensión” y c) Kruskal-Wallis para la “variable aplicación”.

Los resultados indican que existen diferencias significativas entre las medias de las calificaciones de los dos grupos, experimental y de control, para las tres variables dependientes (valor $P \cong 0.0$ para las variables “teorías implícitas y “aplicación” y $P = 0.011$ para la variable “comprensión”). Estos resultados parecen indicar que dichas diferencias son fundamentalmente efecto de las metodologías didácticas (utilizada como variable independiente), más que de variables como “diferente capacidad didáctica” de cada profesor (variables extrañas).

En un análisis más minucioso entre las medias de las puntuaciones de los grupos experimentales, por un lado, y los grupos de control por otro, se detectaron diferencias significativas tanto entre los grupos de control entre sí como también entre los grupos experimentales entre sí. Que existan diferencias entre los grupos

de control entre sí era de esperar ya que, además de la diferente capacidad didáctica de cada profesor, hay que tener en cuenta que las metodologías utilizadas han sido también distintas al haber aplicado cada profesor la que viene utilizando habitualmente. Las diferencias significativas de los grupos experimentales entre sí, supusieron un pequeño contratiempo al ser un dato que, en principio, parece indicar que existen variables extrañas que influyen significativamente en los resultados obtenidos. Para intentar encontrar la razón de esta falta de homogeneidad se observaron por separado los resultados de cada uno de los grupos experimentales para las tres variables dependientes y se encontró que, para las tres variables, los valores de los resultados del grupo 3 eran inferiores a los correspondientes a los otros grupos experimentales, como se observa en la figura 16.

Figura 16: Gráfico de caja y extensión de los resultados posttest para los cuatro grupos experimentales



Para intentar encontrar alguna explicación a esta observación decidimos mantener una entrevista con el profesor responsable de este grupo, en la que se puso de manifiesto que el comportamiento de dicho grupo había sido muy conflictivo por lo que él no daría mucho valor a los resultados obtenidos. También nos aclaró que en las reuniones de evaluación se había puesto de manifiesto que el comportamiento conflictivo de este grupo había sido común en todas las asignaturas del curso. Ante estos resultados decidimos volver a realizar el análisis estadístico sin tener en cuenta los resultados correspondientes al grupo 3.

Como se pone de manifiesto en los resultados recogidos en la tabla 19, si no tenemos en cuenta los datos de este grupo las medias de los otros tres grupos experimentales, 1, 2 y 4, se pueden considerar significativamente iguales a un nivel de significación del 5%, con un 90% de probabilidad en el caso de “teorías implícitas”, con un 39% de probabilidad en el caso de la variable “comprensión” y en el caso de la variable “aplicación” con un 13,5% de probabilidad.

	implícitas (1,2,4)
Chi-cuadrado	,194
gl	2
Sig. asintót.	,908

Tabla 19: Resultados del análisis de varianza de los resultados postest para los grupos 1, 2 y 4. a) Para la variable “teorías implícitas”, b) para la variable “comprensión” y c) para la variable “aplicación”

(a)

comprensión(1,2,4)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	7,328	2	3,664	,954	,390
Intra-grupos	257,258	67	3,840		
Total	264,586	69			

(b)

aplicación(1,2,4)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	10,721	2	5,361	2,065	,135
Intra-grupos	173,904	67	2,596		
Total	184,625	69			

(c)

Como complemento de los estudios anteriores, se ha analizado la “cantidad de aprendizaje” de cada uno de los 8 grupos que han formado parte de la investigación realizando la diferencia entre sí de las medias de cada una de las

variables dependientes del postest y del pretest. Con el resultado de estas diferencias queremos representar la “cantidad de aprendizaje” que ha realizado, para cada variable, cada uno de los grupos. En la tabla 20 se recogen los valores de las medias de las variables pretest y postest y en la tabla 21 se presentan, para cada variable, los grupos ordenados de forma descendente según las diferencias entre sus correspondientes medias.

Media

Grupo pretest	Implícitas	Comprensión	Aplicación
1	4,4118	4,4706	,8235
2	4,5128	4,0000	1,0000
3	4,9143	4,0286	1,3714
4	5,9444	3,5000	1,6389
5	4,7333	4,1333	1,0333
6	5,0870	4,3043	1,2826
7	4,8750	4,8750	1,3594
8	4,6522	4,0435	1,2609
Total	4,8564	4,1881	1,2277

(a)

Tabla 20: Valores medios de las variables dependientes. a) Pretest y b) postest

Media

Grupo postest	Implícitas	Comprensión	Aplicación
1	6,4375	7,1875	3,1406
2	6,5676	6,3784	3,7703
3	5,5429	5,5143	2,5714
4	6,7647	6,5882	4,2794
5	4,9333	4,8667	1,3500
6	4,5714	4,4286	2,0179
7	5,3437	6,5625	2,5391
8	5,0526	5,7895	2,3289
Total	5,6482	5,8945	2,7877

(b)

IMPLÍCITAS

Grupo	Diferencia entre medias	Condición
2	2,0548	experimental
1	2,0254	experimental
4	0,8203	experimental
3	0,6286	experimental
7	0,4687	control
8	0,4004	control
5	0,2	control
6	- 0,5156	control

(a)

COMPRENSIÓN

Grupo	Diferencia entre medias	Condición
4	3,0882	experimental
1	2,7169	experimental
2	2,3784	experimental
8	1,746	control
7	1,6875	control
3	1,4857	experimental
5	0,7334	control
6	0,1243	control

(b)

APLICACIÓN

Grupo	Diferencia entre medias	Condición
2	2,7703	experimental
4	2,6405	experimental
1	2,3171	experimental
3	1,2	experimental
7	1,1797	control
8	1,068	control
6	0,7353	control
5	0,3167	control

(c)

Tabla 21: Diferencias entre las medias de los resultados pretest y postest. a) Para la variable dependiente “teorías implícitas”, b) para la variable dependiente “comprensión” y c) para la variable dependiente “aplicación”

Como puede observarse en la tabla 21, en la puntuación de las variables dependientes, “teorías implícitas” y “aplicación”, los resultados muestran, en todos los casos, mayores incrementos en los grupos en los que se desarrollaron las actividades basadas en la Teoría de la Elaboración. También en el caso de la variable “comprensión” las diferencias encontradas para los grupos experimentales resultan ser, en términos generales, mayores que las encontradas para los grupos de control, si bien para esta variable existe una excepción que es el valor correspondiente al grupo 3 (experimental), que resulta estar por debajo de los

correspondientes a los grupos 8 y 7 (ambos de control). Se observa de nuevo el comportamiento anómalo del grupo 3 que ya ha sido comentado.

Por último, para completar el estudio estadístico, y debido a que la media de un conjunto de datos puede resultar adversamente afectada por los valores extremos, representamos la evolución de los resultados obtenidos pretest y posttest, para cada grupo y para cada variable dependiente, con gráficas de caja y extensión. Los diagramas de caja, como ya se ha indicado anteriormente, muestran la mediana, el rango intercuartil, los casos extremos y los valores atípicos de cada variable.

En los siguientes gráficos (figura 17, 18 y 19) se observa también con bastante claridad que la “evolución del aprendizaje”, entre los resultados pretest y posttest, al final de la instrucción, fue mejor para los grupos asignados a la condición experimental. Las observaciones que pueden realizarse en dichos gráficos (medianas y cuartiles) coinciden en lo esencial con lo reflejado en los datos de la tabla 21 (diferencias entre medias). No obstante cabe destacar las siguientes pequeñas discrepancias:

a) Con respecto a la ordenación de los grupos teniendo en cuenta la variable “teorías implícitas”:

- El grupo 4 pasaría de ocupar el lugar tercero al lugar segundo.
- El grupo octavo pasaría de ocupar el lugar sexto al lugar cuarto.

Si bien la primera modificación no altera el hecho de que los cuatro grupos experimentales sigan siendo los más valorados, la segunda modificación origina una excepción al obtener mejor valoración el grupo 8 (control) que el grupo 3 (experimental). Una vez más es el grupo 3 el responsable de la discrepancia.

b) Con respecto a la variable “comprensión” la concordancia entre los datos obtenidos por ambos procedimientos es completa.

c) Con respecto a la variable “aplicación”, si seguimos las observaciones que pueden realizarse en las figuras 17, 18 y 19 habría que cambiar el grupo 3 desde el cuarto lugar que ocupa en la tabla 21 al sexto. De nuevo se introduciría

una discrepancia (otra vez más debida al grupo 3) al obtener los grupos 7 y 8 (ambos de control) mejor valoración que el grupo 3 (experimental).

Como puede observarse las discrepancias que aparecen al comparar los resultados obtenidos por ambos análisis son mínimas, con lo cual se corroboran los resultados obtenidos en la tabla 21.

Comentario aparte y particular merece el caso del grupo 6, figura 18c, para la variable “teorías implícitas” en el que se muestra que los valores del posttest están por debajo de los del pretest (único valor negativo que aparece en la tabla 21). Aunque, en principio, este resultado es ilógico al poner de manifiesto que los alumnos contestan peor al test pasado al finalizar la instrucción que al test inicial, creemos que es debido a la aparición de lo que se conoce como “conflicto cognitivo”. En el momento de realizar el posttest, en el estudiante coexisten por un lado las teorías científicas que le ha intentado explicar el profesor y por otro sus propias preconcepciones sobre los fenómenos físicos estudiados, lo que origina una situación transitoria de “desconcierto” hasta que las teorías científicas sean “comprendidas” y “desplacen” a las preconcepciones. Parece evidente que en este caso no se ha conseguido aprendizaje significativo (aunque pudiera estarse en camino de conseguirlo).

Por otra parte en el caso de las grupos 7 y 8, podemos considerar que existen diferencias significativas entre los resultados de las variables “comprensión” y “aplicación”, siendo mucho menor la evolución de los resultados para la variable “teorías implícitas”, como era de esperar, ya que no son tratadas en los métodos tradicionales de enseñanza.

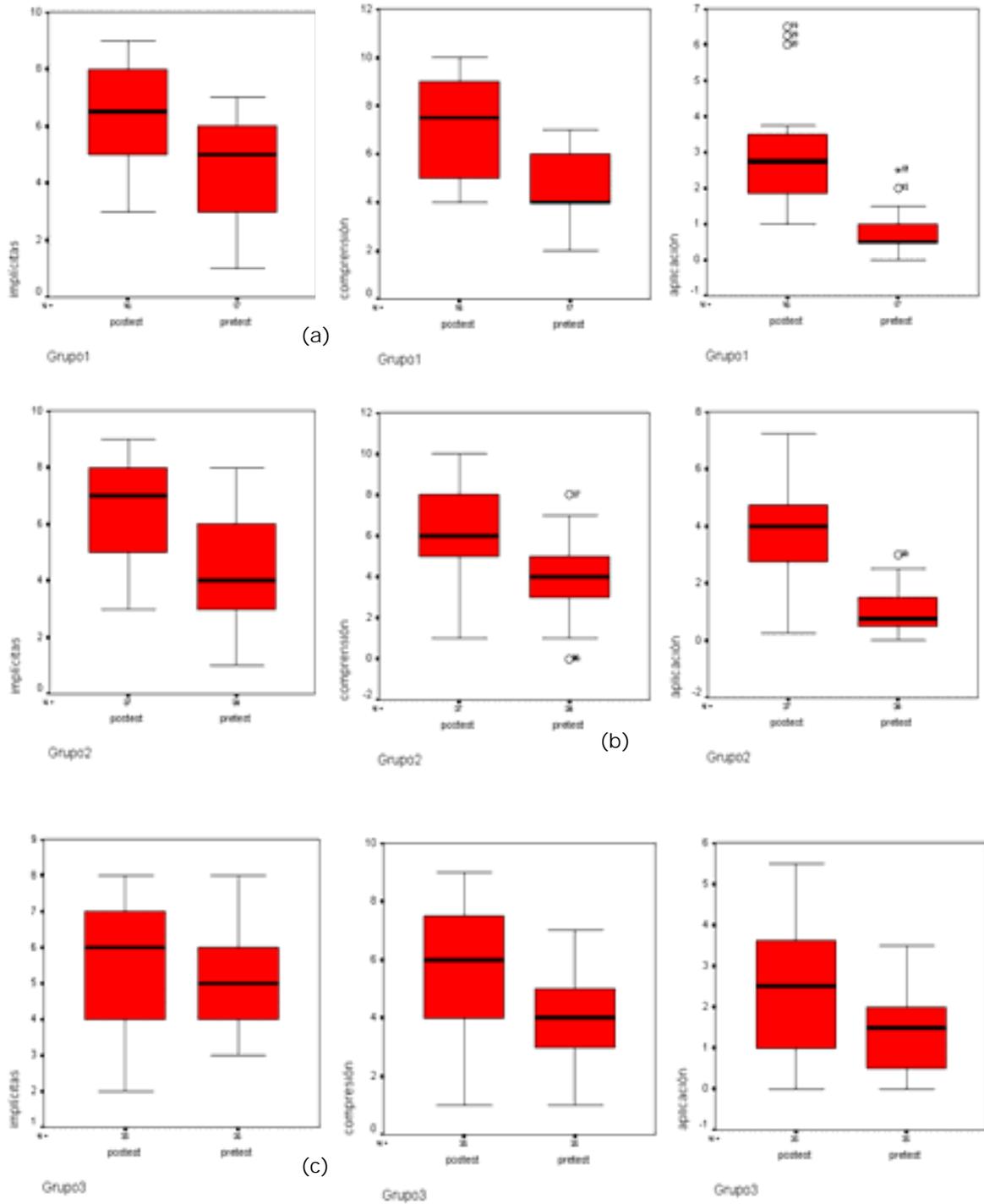


Figura 17: Gráfico de caja para comparar la evolución de los resultados pretest y posttest. a) Grupo1, b) grupo2 y c) grupo3

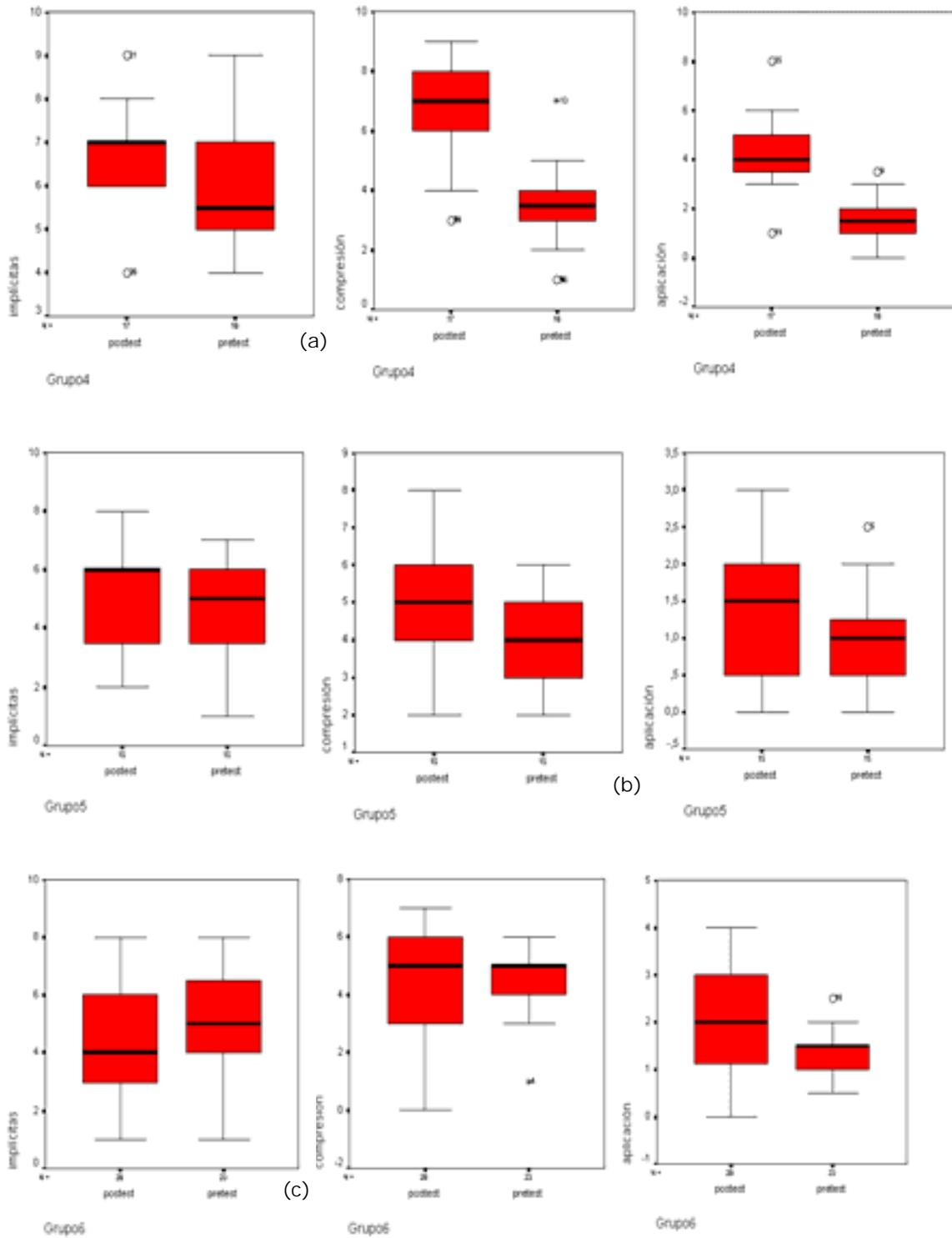


Figura 18: Gráfico de caja para comparar la evolución de los resultados pretest y posttest. a) Grupo4, b) grupo5 y c) grupo6

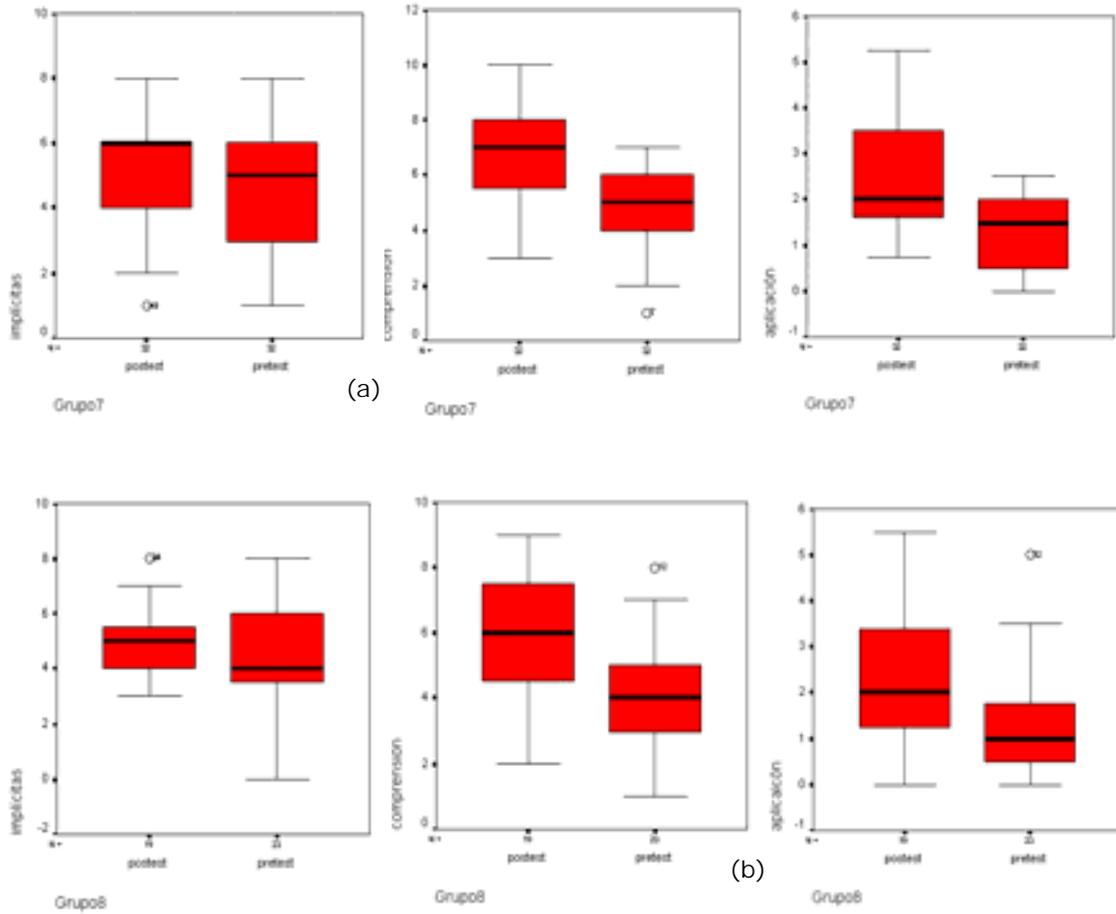


Figura 19: Gráfico de caja para compara la evolución de los resultados pretest y posttest. a) Grupo7 y b) grupo8.

A modo de resumen, presentamos en la tabla 22 los resultados obtenidos, para cada variable, para la “cantidad de aprendizaje” correspondientes a cada grupo. Se incluye también la suma de los mismos, que puede ser utilizada para representar la “cantidad global de aprendizaje” que ha realizado cada grupo.

En dicha tabla se pone de manifiesto que los grupos experimentales en general, obtienen mayores valores para su “cantidad global de aprendizaje”, existiendo una única excepción, el grupo experimental 3, cuyos resultados son inferiores a los obtenidos por el grupo de control número 7.

Grupo	Implícitas	Comprensión	Aplicación	GLOBAL
2(Experimental)	2,05	2,38	2,77	7,2
1(Experimental)	2,03	2,72	2,32	7,07
4(Experimental)	0,82	2,09	2,64	5,55
7(Control)	0,47	1,69	1,18	3,34
3(Experimental)	0,63	1,49	1,2	3,32
8(Control)	0,4	1,75	1,07	3,22
5(Control)	0,2	0,73	1,32	2,25
6(Control)	-0,52	0,12	0,74	0,34

Tabla 22: Valores de la "Cantidad global de aprendizaje"

8.3. Conclusiones de esta valoración.

Los resultados obtenidos confirman nuestra hipótesis principal y muestran con cierta contundencia que, en la enseñanza de contenidos de Óptica, la secuenciación de los contenidos y las actividades siguiendo las prescripciones de la Teoría de la Elaboración que se describen en esta memoria es más útil que otros métodos tradicionales, generalmente menos reflexivos y sistemáticos.

La relevancia de la observación y experimentación, tanto para el desarrollo científico de la Física como para la elaboración comprensiva de explicaciones causales durante el proceso de aprendizaje, hacen de la teoría de Reigeluth y Stein un punto de partida de gran utilidad si se tienen en cuenta las modificaciones específicas que hemos propuesto.

En general, podemos destacar varias conclusiones que se desprenden de los resultados anteriores. En primer lugar, nos ha sorprendido la consistencia de los resultados obtenidos con las diferentes variables dependientes. Parecía probable que los grupos instruidos con actividades, como las que proponíamos en el capítulo anterior para la unidad didáctica de Óptica, consiguieran reestructurar mejor sus teorías erróneas iniciales en torno a la Óptica Geométrica y mejoraran consiguientemente su capacidad de aplicarlas a fenómenos cotidianos. En realidad, se trata de un objetivo que perseguíamos explícitamente con dichas actividades y que, por el contrario, suele pasar a un segundo plano en las prioridades de las estrategias didácticas de gran parte de los profesores de Física. Sin embargo, el haber registrado también mejoras sustanciales en la comprensión de conceptos como con otras pruebas, de menor validez pero habitualmente más utilizadas por los profesores de Secundaria (como se presentan en los informes recogidos en el Anexo VI), aporta un dato muy positivo para el valor ecológico de la metodología y, por tanto, para sus posibilidades de divulgación y consolidación entre el profesorado de Educación Secundaria.

En este sentido, la propuesta de operativización de las variables dependientes está dirigida a incrementar todo lo posible la “validez de constructo”

del diseño, y al mismo tiempo puede ofrecer un modelo suficientemente comprensivo para la evaluación de los aprendizajes en futuras investigaciones de este tipo. Como puede apreciarse, se han evaluado tanto contenidos conceptuales como procedimentales y desde un enfoque tanto procesual como funcional (dirigido a evaluar los aprendizajes implícitos a largo plazo y la capacidad de transferencia). El único aspecto por evaluar, lo constituyen las capacidades generadas en relación a contenidos actitudinales que no se contemplan en la teoría original de Reigeluth. La operativización de esta variable hubiera requerido la elaboración de instrumentos, probablemente de tipo observacional, dirigidos a evaluar por ejemplo:

- el grado de atención en clase,
- la frecuencia de intervenciones no disruptivas en clase,
- la realización de tareas dentro y fuera de clase,
- el grado de satisfacción personal con el contenido y metodología de las clases (autonomía, competencia, motivación...).

Actualmente, estamos trabajando en esta línea, convencidos precisamente de las ventajas de nuestra propuesta específica para el desarrollo de contenidos actitudinales.

Otra conclusión importante tiene que ver con el peso de la variable independiente principal (la metodología de secuenciación de contenidos y actividades) en la varianza registrada entre el pretest y el posttest. Al principio de la investigación esperábamos resultados positivos en ambos grupos y ligeramente mejores en los grupos experimentales, pero no estábamos seguros de poder aislar mínimamente el efecto de las orientaciones metodológicas desarrolladas, de otras variables inherentes a la capacidad comunicativa y didáctica previa de cada profesor. Los resultados no sólo ofrecen mejoras significativas entre los grupos de una y otra condición, sino que además el análisis de la varianza posttest entre los diferentes grupos experimentales no detecta que las diferencias debidas a la interacción específica entre cada grupo y cada profesor sea realmente

significativa. Sólo el grupo 3 manifiesta un comportamiento inconsistente con esta afirmación, como hemos señalado anteriormente.

A pesar de todo, la posible actuación de estas variables extrañas, generalmente difíciles de evitar en este tipo de estudios cuasiexperimentales, nos obligan a reconocer que los resultados no pueden considerarse del todo concluyentes. Aunque se han intentado controlar las amenazas más importantes a la validez interna del diseño, existen otras variables de menor peso cuyo control no ha podido realizarse en la presente investigación. Las más importantes son:

- la interferencia de los aprendizajes ocurridos entre el final de la secuencia de instrucción y el posttest, 1 mes después (se consideró más importante, para valorar la calidad del aprendizaje a largo plazo, evitar el efecto de recencia que se produciría habiendo realizado el posttest inmediatamente después de la aplicación de la variable independiente);

- las condiciones ambientales no completamente homogéneas para las diferentes muestras;

- la mejora del aprendizaje como producto del mayor esfuerzo de planificación reflexiva de una secuencia de instrucción, independientemente de la metodología adoptada.

Al margen de los problemas de experimentación, parece fuera de toda duda la validez externa de una investigación que no podía ser "de laboratorio". Al final de los estudios realizados en este trabajo, para nosotros la prueba más sólida (aunque no sea la más objetiva) de la potencia de esta metodología lo constituye el entusiasmo de los profesores participantes ante los cambios observados en sus alumnos en condiciones completamente naturales, tanto de enseñanza como de evaluación del aprendizaje en el aula.

Conclusiones

Las conclusiones de este trabajo son congruentes con los fines que nos propusimos al comenzar el mismo y están directamente relacionadas con los tres apartados desarrollados a lo largo de esta memoria:

- ✓ La definición de un marco teórico donde desarrollar nuestra investigación,
- ✓ la obtención de resultados empíricos sobre las teorías implícitas en Óptica más extendidas y sobre la utilidad de los mapas conceptuales y
- ✓ la aplicación de todo lo anterior a la elaboración de una propuesta didáctica de instrucción de los contenidos de Óptica Geométrica y la validación de la misma.

Las aportaciones de este trabajo son las siguientes:

Con respecto a la parte teórica:

- 1) Se ha realizado una síntesis del marco teórico en el que se mueve la

investigación: la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein. Se ha partido de los antecedentes inmediatos dentro del desarrollo de la Psicología de la Instrucción, para terminar justificando la procedencia de nuevas aportaciones a los elementos nucleares de la teoría y, especialmente, las modificaciones que su aplicación exige para una mayor eficacia en el ámbito de la Física. Estas aportaciones son:

- proponer los fenómenos físicos como un nuevo tipo de contenido de aprendizaje y utilizarlos como contenido organizador y
- considerar las teorías implícitas, que la Teoría de la Elaboración no tiene en cuenta, debido a su decisiva influencia en el aprendizaje de la Física.

2) Se ha hecho un análisis del marco teórico que explica el origen de las preconcepciones y su tratamiento, así como sus características y las estrategias que pueden seguirse para lograr un cambio conceptual.

3) Se ha hecho un estudio de la relevancia de la percepción de los fenómenos y se abordan nuevas estrategias, como los mapas de experto tridimensionales, para la representación del epítome a partir de los fenómenos físicos como contenido organizador.

4) Se ha analizado la interferencia de las teorías implícitas en la explicación causal básica.

Con respecto a la parte experimental:

5) Se ha elaborado, validado y probado un test de cinco ítems con el que se han puesto de manifiesto las preconcepciones que, sobre temas relacionados con la Óptica, tienen los alumnos.

6) El análisis de los mapas conceptuales elaborados por los alumnos ha revelado que los mapas conceptuales constituyen una poderosa herramienta como estrategia de evaluación procesual, para detectar preconcepciones y como técnica de estudio, ya que permite al alumno realizar su propia elaboración de significados al tener que establecer relaciones significativas entre los conceptos.

Con respecto a la parte de práctica del aula:

7) Se ha elaborado una propuesta de secuencia instruccional, mediante la aplicación de la Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein, para estructurar y secuenciar los contenidos de Óptica correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria y al Bachillerato. Esta macrosecuencia de Óptica se ha desarrollado en tres niveles de elaboración.

8) La secuencia instruccional desarrollada se ha implementado informáticamente en forma de lo que hemos dado en llamar mapas de experto tridimensionales que operativiza la utilización de las herramientas didácticas recogidas en este trabajo.

9) Se ha puesto de manifiesto la utilidad de los mapas conceptuales, como estrategia para facilitar y operativizar el análisis de la estructura lógica del contenido de enseñanza que el profesor debe realizar de cara al diseño de una unidad didáctica.

10) Se ha puesto en práctica en el aula la macrosecuencia de Óptica elaborada siguiendo las prescripciones de la Teoría de la Elaboración, mediante la realización de una unidad didáctica de Óptica.

En dicha unidad didáctica aunque se han tenido en cuenta los tres niveles de elaboración, sólo se ha presentado desarrollado el Tercer Nivel de Elaboración incluyendo los contenidos específicos de las microsecuencias, así como las actividades necesarias para el desarrollo del epítome y los contenidos de este nivel.

11) La secuencia ha sido experimentada con 4 grupos de control, sometidos a una enseñanza tradicional y 4 grupos experimentales con los que se utilizó la unidad didáctica tratada.

12) Se ha evaluado la experiencia mediante pruebas objetivas que se han elaborado y que permiten evaluar los resultados sobre teorías implícitas, comprensión de conceptos y aplicación de estos conceptos a situaciones cotidianas. En las tres variables se han obtenido mejores resultados para los

grupos experimentales que para los grupos de control.

13) Aunque la teoría de Reigeluth y Stein no contempla la evaluación de los contenidos actitudinales creemos que, en este sentido, esta metodología, es muy potente a juzgar por el grado de atención de los alumnos, la frecuencia de intervenciones no disruptivas, la realización de tareas dentro y fuera de clase, el grado de satisfacción personal con el contenido y la metodología de las clases (autonomía, competencia, motivación...). Estamos trabajando en esta línea, convencidos precisamente de las ventajas de nuestra propuesta específica para el desarrollo de contenidos actitudinales.

En este sentido, para nosotros la prueba más sólida (aunque no sea la más objetiva) de la potencia de esta metodología lo constituye el entusiasmo de los profesores participantes ante los cambios observados en sus alumnos en condiciones completamente naturales, tanto de enseñanza como de evaluación. De hecho una profesora que participó en la experiencia como oyente nos ha pedido nuestro apoyo para ponerla en práctica personalmente a partir del próximo curso.

14) Se han confeccionado y desarrollado materiales curriculares a partir de los presupuestos desarrollados por Reigeluth y Stein que facilitan la replicación de estas investigaciones, así como su generalización en la práctica del aula.

Bibliografía

- Aguirre, I. (1985): *Los adolescentes y el aprendizaje de las ciencias*. MEC. Madrid.
- Alonso, M., (2001): *Masa y velocidad*. Revista Española de Física 15, (1), 40-41.
- Andersson, B. (1986): *The experimental gestalt of causation: a common core to pupils preconceptions in science*. European Journal of Science Education, 8 (2), 155-171.
- Andersson, B. y Kärrqvist, T. C., (1983): *How Swedish pupils aged 12-15 years, understand light and its properties*, European Journal of Science Education, 5, (4) 387-402.
- Asman, A.F. y Conway, R. (1989): *Estrategias cognitivas en la Educación Especial*. Santillana. Madrid.
- Ausubel, D.P., (1976): *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Ed. Trillas, México.

- Banet, E. y Nuñez, F. (1990): *Esquemas conceptuales de los alumnos sobre la respiración*. Enseñanza de las Ciencias, 8(2), 105-110.
- Boschhuizen, R. (1988): *The hierarchical ordering of conceptual system in Biology: Problems of student teachers*. European Journal of Teacher Education, 11(2), 177-184
- Braam, R.R. (1991): *Mapping of science by combined co-citation and word analysis: Cynamical aspects*. Journal of the American Society for Information Science, 42(2), 252-266.
- Brown, H.I. (1984). *La nueva filosofía de la ciencia*. Tecnos. Madrid.
- Bruner, J. S. (1978): *El proceso mental en el aprendizaje*. Narcea. Madrid.
- Bunge, M. (1976): *La investigación científica*. 5º edición, Ariel, Barcelona.
- Bunge, M. (1978): *Filosofía de la Física*. Eudeba. Buenos Aires.
- Calvo, J.L.; Peña, J.J.; Suero, M.I. y Suárez, P. (1989): *Ampliación y reforzamiento de los conocimientos básicos de Física tras la impartición de un programa de Física Médica*. Ed. Sociedad Española de Física Médica, pp. 63-77.
- Calvo, J. L.; Suero, M. I.; Pérez, A. L; Peña, J. J.; Rubio, S. y Montanero, M. (1992a): *Misconceptions about Heat and temperature*, Actas del Teaching Modern Physics (TMP). Badajoz.
- Calvo, J. L.; Suero, M. I.; Pérez, A. L; Peña, J. J.; Rubio, S. y Montanero, M. (1992b): *Preconcepciones en Dinámica: su persistencia en niveles universitarios*. Revista Española de Física. 6(3), pp. 39-43.
- Camacho, E. (1989): *Los mapas conceptuales y el aula*. Enseñanza de la Ciencias. 1, pp. 151-152.
- Carcavilla, A. y Puey, M. L. (2003): *Propuestas para lograr una mejor comprensión de los conceptos básicos de Óptica Geométrica*” Alambique, 35, pp. 17-28.

- Carretero, M., (1984): *De la larga distancia que separa la suposición de la certeza*. En M. Carretero y J. A. Madrugada (Eds.) *Lecturas de Psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza. 307-320
- Claxton, N. G. (1984): *Vivir y aprender*. Alianza Editorial, España.
- Ciliverti, N. y Galagovsky, L. R. (1999): *Las redes conceptuales como instrumento para evaluar el nivel de aprendizaje conceptual de los alumnos. Un ejemplo para el tema de dinámica*. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp 17-29.
- Coll, C. (1987). *Psicología y currículum*. Laia. Barcelona.
- Coll, C. y Rochera, M. J. (1990): *Estructuración y organización de la enseñanza*. En Coll, C.; Palacios, J. Y Marchesi, A. (eds) *Desarrollo psicológico y educación* (vol. 2). Alianza. Madrid.
- Cordero, S.; Colinvaux, D.y Dumrauf, A. G. (2002): *¿Y si trabajaran en grupo...? Interacciones entre alumnos, procesos sociales y cognitivos en clase universitaria de Física*. Pp. 427-440.
- Costamagna, A. M. (2001): *Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de los alumnos universitarios*. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 309-318.
- Champagne, A.; Klopfer, L.; Desena, A. y Squires, B. (1981): *Structural representations of students' knowledge before and after science instruction*. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(2), 97-111.
- Downie, N.M. (1967): *Fundamentals of Measurement : Techniques and Practices*. New York. Oxford University Press.
- Driver, R.; Easley, J., (1978): *Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students*. *Studies in Science Education* 5, pp. 6-84.
- Driver, R. (1986): *Psicología cognitiva y esquema conceptuales de los alumnos*. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(1), pp. 3-15.

- Driver, R. (1988): *Un enfoque constructivista para el desarrollo del Currículum en Ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 6(2), 109-120.
- Driver, R., Guesnes, E. y Tiberghien, A. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata. Madrid.
- Feher, E. y Rice, K. (1988): *Shadows and Anti-Images: Children's Conceptions of Light and Vision II*. Science Education 72, (5), 637-649.
- Feher, E. y Meyer, K. R. (1992.): *Children's Conceptions of Color*. Journal of Research in Science Teaching 29, (5), 505-520.
- Fernández, I. (2000): *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: una propuesta de transformación*. Tesis Doctoral. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales. Universidad de Valencia.
- Fernández, I.; Gil, D.; Carrascosa, J.; Cachapuz, A. y Praia, J. (2002): *Visiones deformadas de la Ciencia transmitidas por la enseñanza*. Enseñanza de las Ciencias, 20(3), 477-488.
- Fernandez, J.M. (1987): *Estudio de grado de persistencia de ciertos preconceptos sobre la estática de fluidos en alumnos de 2º curso de BUP*. Enseñanza de las Ciencias. 5(1), 27-33
- Fernández-Rañada, A. y col. (1993): *Física básica I*. Alianza: Madrid.
- Flavell, J. (1984): *El desarrollo cognitivo*. Visor. Madrid
- Furió, C. (1986): *Metodologías utilizadas en la detección de dificultades y esquemas conceptuales en la enseñanza de la Química*. Enseñanza de las Ciencias 4(1), 73-77.
- Furió, C. (1996): *Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias*. Alambique 7, 7-17.
- Gagnè, R. (1970): *Las condiciones del aprendizaje*. Aguilar Madrid.

- Galili, I. y Bar, V. (1992): *Motion implies force: Where to expect vestiges of the misconception?* International Journal of Science Education, 14(1), pp. 63-81.
- Galili, I.; Hazan, A. (2000): *Learners' Knowledge in Optics: Interpretation, Structure and Analysis*. International Journal of Science Education 22, (1), pp. 57-88.
- García Hoz, V. (1968): *Principios de Pedagogía Sistemática*. Rialp. Madrid, 4º edición renovada.
- García Zaforas, A. M. (1991): *Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de Bachillerato y COU*. Enseñanza de las Ciencias, 9(2), 129-134.
- Gil, D. (1983): *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las Ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 1, pp. 26-33.
- Gil, D. (1993): *Contribución de la historia y de la filosofía de de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación*. Enseñanza de las Ciencias, 11(2), pp. 197-212.
- Gil, J. (1999): *Enseñanza de la Óptica desde una perspectiva constructivista*. Tesis de Licenciatura (inédita). Universidad de Extremadura.
- Gil, J.; Suero, M. I.; Pérez, A. L.; y Solano, F. (2003): *Misconceptions in Optics: their persistence at university level*. Journal of Science Education 4 (1), pp. 17-21.
- Giordan, A. (1985): *Interés didáctico de los errores de los alumnos*. Enseñanza de las Ciencias. 3(1), 11-17.
- Giordan, A. y De Vacchi, G. (1987): *Les origines du savoir*. Neuchatel: Delachaux et Niestlé.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1983) : *Not all the many answers students give represent misconceptions: examples from interviews on geometrical optics*. Proceedings of the International Seminar on Students'

- Misconceptions in Science and Mathematics, 335-345. Cornell University: Ithaca.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1986): *Student difficulties in understanding image formation by plane mirror*” The Physics Teacher, November, pp. 472-480.
- Goldberg, F.M. y Mcdermott, L.C. (1987): *An investigation of student understanding of the real image formed by a converging lens or concave mirror*” Am. J. Phys., 55(2), pp. 108-119
- González, F y Jáuregui, F. (1992): Actas del Congreso Internacional sobre didácticas específicas en la formación del profesorado. Santiago de Compostela.
- González, F. M. e Iraizoz, N. (2001): *Los mapas conceptuales y el aprendizaje significativo*. Alambique, 28, pp. 39-51
- Guesne, E. (1989): *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Ed. Morata, Madrid.
- Hamilton, L. C. (1900): *Modern Data Analysis: A first Course in Applied Statistics*. Ed. Brooks/Cole Publishing Company.
- Hand, B. y Treagust, D.F. (1991): Student achievement and science curriculum development using a constructive framework. School Science and Mathematics, 91(4), 172-176.
- Hernández Pina, F. (1992): El mapa conceptual como modelo de organización gráfica. Bordón 44(3), 259-265.
- Hewson, P.W. (1981): *A Conceptual Change Approach to Learning Science*. European Journal of Science Education. 3, (4), 383-396.
- Hewson, P.W. (1989): *Aprendizaje como cambio conceptual. Entrevista por M. P. Jiménez*. Revista Galega de Educación, nº 10.

- Hidalgo, J. A. y Fernández, M. R. (1998): Física 2. Ed. Evergráficas, S. L. León.
- Hierrezuelo, J y Montero, A. (1989): *La ciencia de los alumnos: su utilización en la didáctica de la Física y Química*. Laia - M. E. C. Barcelona, Madrid.
- Horton, P.B. (1992): *An investigation of the effectiveness of concept mapping as a instructional tool*. Science Education, 77(1), pp. 95-111.
- Hoz, R.; Kozminsky, E. y Bowman, D. (1987): *Evaluating learning through concept mapping: A study of student's cognitive structure in earth science course*. Unpublished paper, Ben Gurion University: Beer-Sheva, Israel.
- Inhelder, B. y Piaget, J. (1955): De la logique de l'enfant a la logique de l'adolescent. Paris: P.U.F. Trad. Cast. De M.T. Cevasco: *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Buenos Aires: Paidós, 1972.
- Jiménez-liso, M. R. y De Manuel, E (2002): *La neutralización ácido-base a debate*. Enseñanza de las Ciencias, 20(3), pp. 451-464.
- Joshua, S. (1986): *La limitación de los modelos físicos: una limitación y una posibilidad de elección*. Enseñanza de las Ciencias, 12, 145-152
- Karmiloff-Smith, A., (1992): *Beyond modularity*. University Press, Cambridge.
- Krapas, S. (1985): *Estudio de las nociones espontáneas acerca de los fenómenos relativos a la luz en alumnos de 11 a 18 años*. Enseñanza de las Ciencias. Vol. 3(3), pp.237-238.
- La Rosa, C.; Mayer, M.; Patrizi, P., y Vicentini-Missons, M. (1984): *Commonsense knowledge in optics: preliminary results of an investigation into properties of ligh*. European Journal of Science Education, 5, (4) pp. 387-397.
- Landa, L., (1987): A fragment of lesson based on the algo-heuristic theory of instruction. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional theories in action. Lesson illustrating selected theories and models*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum.

- Lawson, A. E. (1982): *The reality of general cognitive operations*. Science Education. 66(2).
- Leonard, W. J.; Gerace, W. J. y Dufresne, R. J. (2002): *Resolución de problemas basada en el análisis. Hacer del análisis y del razonamiento el foco de la enseñanza de la Física*. Enseñanza de las Ciencias, 20(3), pp. 387-400.
- López Rupérez, F: (1991): *Análisis de la influencia de la construcción de mapas conceptuales sobre la estructura cognitiva en estudiantes de Física*. Enseñanza de las Ciencias, 9(2), 135-144.
- Marín, N., (2001): *Characteristics of methodology used to describe students' conceptions*. International Journal of Science Education 23, (7), 663-690.
- Martínez Torregrosa, J; Doménech, J. L. y Verdú Carbonell, R. (1993): *Del derribo de ideas al levantamiento de puentes: La epistemología de la ciencia como criterio organizador de la enseñanza en las ciencias física y química*. Currículo, 7, pp. 67-89.
- Martínez Torregrosa, J; Osuna García, L. y Verdú Carbonell, R. (1999): *La luz y la visión en la Enseñanza Secundaria Obligatoria. Aspectos didácticos de Física y Química*. pp. 69-101. Ed. ICE de Zaragoza. Zaragoza.
- Matthews, M.R. (1991): *Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias*. Comunicación, lenguaje y Educación, 11-12, pp. 141-145.
- Matthews, M. R. (1994): *Historia, filosofía y enseñanza de las Ciencias: La aproximación*. Enseñanza de las Ciencias. 12(2), pp. 255-277.
- McDermott, L. C. y Redish, E. F. (1999): *Resource Setter: PER-1: Physics Education Research*. American Journal of Physics, 67, pp. 755-767.
- Mellado, V.; Peme-Arenaga, C.; Redondo, C. y Bermejo, M. L. (2002): *Los mapas cognitivos en el análisis gráfico de las concepciones del profesorado de Ciencias Experimentales*. Campo Abierto, 22, pp. 37-58.

- Mendoza Pérez, A. y López-Tosado, V. (2000): *Concepción de la "luz" en niños de seis a nueve años*. Journal de Educación en Ciencias, 1(1), pp. 26-29.
- Merrill, M.D. (1987): A lesson based on the component display theory. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional theories in action. Lesson illustrating selected theories and models*. Hillsdale, New Jersey: L. Erlbaum.
- Mestre, J. P. (1991): *Learning and instruction in pre-college physical science*. Physics Today, 44(9), pp. 56-62
- Mestre, J. P. (1994): Cognitive aspects of learning and teaching science, en Fitzsimmons, S.J. y Kerpelman, L.C.(eds). *Teacher enhancement for elementary and secondary science and mathematics: Status, sigues and problems*, pp. 3-1 y 3-53. Washington, DC: National Science Foundation (NSF 94-80)
- Montanero Fdez, M. (1997): *Implicaciones metacognitivas de la teoría de la elaboración de Reigeluth*. Ciencia psicológica, 2.
- Montanero Fdez., M.; Suero, M. I; Pérez, A. L. y Montanero, M. (1998): La Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein: propuesta para modificar su aplicación a la enseñanza de la Física. *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias. Volumen II*. Pp. 255-263. Ed. Universidad de Murcia. Murcia.
- Montanero Fdez., M.; Pérez, A. L.; Suero, M. I y Montanero, M. (2001): *Cambio Conceptual y Enseñanza de la Física. Aplicaciones en el marco de la Teoría de la Elaboración*. Revista de Educación. 326, pp. 311-332.
- Montanero, M. (1994): Aportaciones de nuevos elementos al Modelo Constructivista de Enseñanza/Aprendizaje. Aplicaciones a la enseñanza de la Física. Tesis Doctoral (inédita). U.E.X.
- Montanero, M. y Montanero Fdez., M. (1995): *Didáctica del Momento angular de una partícula. Un enfoque constructivista*. Badajoz: I. C. E. Univ. De Extremadura.

- Montanero, M.; Peña, J.; Clavo J. L. y Suero, M. I. (1991): *Aproximación al análisis comparativo de preconcepciones en Mecánica*. Volumen I, pp. 287-295. Publicaciones ICE Universidad de Extremadura.
- Montanero, M.; Pérez, A. L. y Suero, M. I., (1995): *Survey of student and teacher conceptions of action-reaction y dynamics: implicit alternative theories are manifest in the consistency of responses*. *Physics Education*. 30, 277-283. Inglaterra.
- Montanero, M.; Suero, M. I. y Pérez, A. L. (1995): *Teoría de la Elaboración de Reigeluth y Stein: Propuesta para modificar su aplicación a la enseñanza de la Física. La formación del profesorado de Ciencias y Matemáticas en España y Portugal*. Volumen I, pp. 327-343. Publicaciones Diputación Provincial de Badajoz.
- Montanero, M.; Suero, M.I. y Pérez, A. L (1996a): *El quién-qué-cuál de las fuerzas*. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*. 7, 97-110.
- Montanero, M.; Suero, M.I. y Pérez, A. L (1996b): *Un método nuevo para resolver y comprender fácilmente los problemas de Dinámica*. Publicaciones ICE. U.E.X. 1-50. ISBN: 84-7723-234-2
- Montanero, M.; Pérez, A. L.; Suero, M. I y Montanero Fdez., M. (1999): *Utilización de la Teoría de la Elaboración en la secuenciación de contenidos de Física. Aspectos didácticos de Física y Química*. pp. 103-146. Ed. ICE de Zaragoza. Zaragoza.
- Montanero, M.; Suero, M. I.; Pérez, A. L. y Pardo, P. J. (2002): *Implicit theories of static interactions between two bodies*. *Physics Education*, 37 (4), pp. 318–323.
- Moreira, M. A. y Novak, J. D. (1988): *Investigación en enseñanza de las ciencias en la Universidad de Cornell: esquemas teóricos, cuestiones centrales y abordamientos metodológicos*. *Enseñanza de la Ciencias*, 6(1), pp. 3-18.

- Novak, J.D. (1979): *The reception learning paradigm*. Journal of Research in Science Teaching, 16 (6), 481-488.
- Novak, J. D. (1982): *Teoría y práctica de la educación*. Madrid: Ed. Alianza.
- Novak, J. D. (1988a): *Constructivismo humano: un consenso emergente*. Enseñanza de las Ciencias. 6 (3), 213-223.
- Novak, J. D. (1988b): *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Ed.
- Novak, J. D. y Gowin, D. B. (1988): *Aprendiendo a aprender*. Ed. Martínez Roca. Barcelona.
- Ontoria, A.; Ballesteros, A.; Martín, I.; Molina, A.; Rodríguez, A. y Vélez, U. (1992): *Mapas conceptuales. Una técnica para aprender*. Narcea. Madrid.
- Osborne, R. y Wittrock, M. (1983): *Learning science: a generative process*. Science Education, 67(4), pp. 489-508.
- Osborne, R. y Wittrock, M. (1985): *The generative learning model and its implications for science education*. Studies in Science Education. 12, 59-87.
- Peña, A. y García, J.A. (1998). *Física 2.(Astralia 21)*. Ed. Mc Graw-Hill. Madrid.
- Peña, J.J.; Calvo, J.L.; Suero, M.I. y Suárez, M.P. (1989): *Mapas Conceptuales en Física Médica: Experiencia 86-87*. Actas del VI Congreso Nacional de Física Médica. Sociedad Española de Física Médica. Cátedra de Física Médica. Universidad de Extremadura.1, pp. 97-106.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. D. (2002): *Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de la Ciencias. Análisis de libros de texto*. Enseñanza de las Ciencias, 20(3), 369-386.
- Pérez, A. L Suero, M. I; Montanero, M. Montanero Fernández, M.; Rubio, S.; Martín, M.; Gil, J y Solano F. (1998a): *Propuesta de un método de secuenciación de contenidos basado en La Teoría de la Elaboración de*

- Reigeluth y Stein. Aplicación a la Física.* Ed. Universidad de Extremadura. Badajoz
- Pérez, A. L Suero, M. I; Montanero, M. Montanero Fernández, M. y Gil, J. (1998b): *Mapa de Experto Tridimensional de Óptica.* Publicaciones Universidad de Extremadura. Badajoz
- Pérez, A. L Suero, M. I; Montanero, M. Montanero Fernández, M. y Rubio, S. (1998c): *Mapa de Experto Tridimensional de Termodinámica.* Publicaciones Universidad de Extremadura. Badajoz
- Pérez, A. L Suero, M. I; Montanero, M. Montanero Fernández, M. y Solano F. (1998d): *Mapa de Experto Tridimensional de Dinámica.* Publicaciones Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Pérez, A. L Suero, M. I; Montanero, M. Montanero Fernández, M.; y Martín, M. (1998e): *Mapa de Experto Tridimensional de Electricidad.* Publicaciones Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero, M. y Montanero Fdez., M. (1999a): *Los fenómenos físicos como contenido organizador. Los mapas de experto tridimensionales.* Cátedra Nova, 10, pp. 361-372.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero, M. y Montanero Fdez., M. (1999b): *Mapas despertó tridimensionales. Aplicación al diseño de secuencias instruccionales de Física basadas en la Teoría de la Elaboración.* Premios Nacionales de Investigación Educativa 1998. pp. 93-116. CIDE del MEC.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero, M. y Montanero Fdez., M. (2000): *Mapas de experto tridimensionales.* Ed. Junta de Extremadura. Mérida.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero Fdez., M. y Montanero, M. (2001a): *Propuesta de innovación en torno al análisis y secuenciación de contenidos curriculares de Física.* Bordon, 53(2), pp. 279-286.

- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero Fdez., M.; Pardo, P. J. y Montanero, M. (2001b): *Three-dimensional conceptual maps: an illustration for the logical structure of the content of optics*. International Conference Physics Teacher Education Beyond 200 Selected Contributions. R. Pinto & Suriñach. pp 603-604. Ed. Elsevier, Francia.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Montanero, M. y Montanero Fdez., M. (2002a): *Los modelos teóricos subyacentes en las explicaciones físicas*. Taller Iberoamericano de enseñanza de la Física Universitaria. Volumen II, pp. 492-498. Cuba.
- Pérez, A. L.; Suero, M. I.; Díaz, F. y Pardo, P. J. (2002b): *Macrosecuencia instruccional para la enseñanza del color*. Cátedra Nova, 16, pp. 303-314.
- Pérez, A.L.; Suero; M.I.; Pardo, P.J y. Gil J. (aceptado): *Como hacer comprensibles los dibujos que suelen ilustrar la formación de imágenes*. Journal of Science Education.
- Pérez, C. (2001): *Técnicas Estadísticas con SPSS*. Ed. Prentice-Hall.
- Pérez Juste, R. (1984): *Pedagogía Experimental*. UNED.
- Pérez y Talladellas, M. L. (1996): Los mapas conceptuales : Un procedimiento interdisciplinar. En Monereo, C. y Solé, Y. *El asesoramiento psicopedagógico: una perspectiva constructivista*. Ed. Alianza. Madrid:
- Piaget, J. (1978). *La equilibración de las estructuras cognitivas*. Siglo XXI, Madrid.
- Posner, G.J.; Strike, A.; Hewson, P.H. y Gertzog, W.A. (1982): *Acomodations of scientific conception: Toward a theory of conceptual change*. Science Educations, 66, 2 211-227.
- Pozo, J. I. (1987): *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Ed. Visor. Madrid
- Pozo, J. I. (1989): *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.

- Pozo, J. I. (1992): *Psicología de la comprensión y el aprendizaje de las ciencias*. Curso de actualización científica didáctica. Ministerio de Educación y ciencia. Madrid.
- Pozo, J. I.; Sanz, A.; Gómez, M. A. y Limón, W. (1991): *Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la Psicología cognitiva*. Enseñanza de las Ciencias, 9 (1), 83-94.
- Pozo, J. I.; Perez, M. P.; Sanz, A. y Limón, M. (1992): *Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas*. Infancia y aprendizaje, 57, 3-22.
- REAL DECRETO 3473/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifica el Real Decreto 1007/1991, de 14 de junio, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la educación secundaria obligatoria. MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE *Fecha de Publicación:* 16/01/2001 *BOE número:* 014-2001. *Sección:*I
- REAL DECRETO 3474/2000, de 29 de diciembre, por el que se modifican el Real Decreto 1700/1991, de 29 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato, y el Real Decreto 1178/1992, de 2 de octubre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas del bachillerato. MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE. *Fecha de Publicación:* 16/01/2001 *BOE número:* 014-2001. *Sección:*I.
- Reigeluth, CH. M. (1983): *Meaningful and instruction: relating what is being learned to what student know*. Instructional Science, 12, 192-218
- Reigeluth, CH. M. (1987): Lesson blueprints based on the Elaboration Theory of Instruction. En Ch. M. Reigeluth (ed.) . *Instructional theories in action. Lesson ilustrating selected theories and models*. Hildsdale, New Yersey: L. Erlbaum. pp. 245-288.
- Reigeluth, CH. M. y Stein, F.S. (1983): The Elaboration Theory of Instruction. En Ch. M. Reigeluth (ed.). *Instructional design theories and models: an overwiev of their current status*. Hildsdale, New Yersey: L. Erlbaum. Pp. 335-381.

- Rice, K.; Feher, E. (1987): *Pinholes and Images: Children's Conceptions of Light and Vision I*, Science Education 71, (4), pp. 629-639.
- Roth, W. M. y Roychoudhury, A. (1994): *Science discourse through collaborative concept mapping: New perspectives for the teacher*. International Journal of Science Education, 16(4), 437-455.
- Rubio, S.; Calvo, J. L.; Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Peña, J. J. y Montanero, M. (1992): *Evolución de los conceptos en torno a calor y temperatura en los diferentes niveles del sistema educativo mediante mapas conceptuales*. Actas de la VIII Conferencia Nacional de Física e II Encuentro Ibérico para o ensino da Física. Vila Real (Portugal). 622-623.
- Rubio, S.; Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Calvo, J. L.; Montanero, M. y Peña, J. J. (1994): *El calor y la temperatura en el Curso de Orientación Universitaria: errores conceptuales*. Volumen I, pp. 149-158. Publicaciones ICE Universidad de Extremadura. Badajoz.
- Rubio, S.; Calvo, J. L.; Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Peña, J. J. y Montanero, M. (1995): *Misconceptions about heat and temperature*. Thermodynamics and Statistical Physics (Teaching Modern Physics). World Scientific. Editors M.G. Velarde and F. Cuadros. Badajoz. pp. 282-286.
- Salinas, J. y Sandoval, J. (1994): *Filtros de colores y teorías intuitivas sobre color y visión*. Revista Española de Física 8(4), pp. 27- 30.
- Salinas, J. y Sandoval, J., (1999a): *Objetos e imágenes reales y virtuales en la Enseñanza de la Óptica Geométrica*. Revista de Enseñanza de la Física. 12, (2), 23-36.
- Salinas, J. y Sandoval, J., (1999b): *Formación y percepción visual de imágenes producidas por prismas: Concepciones de los estudiantes*, Revista Española de Física 13, [4], 38-43,
- Sánchez, E.; Rosales, J.; Cañedo, I. y Conde, P. (1996): *El discurso expositivo: una comparación entre profesores expertos y principiantes*. Infancia y aprendizaje, 67-68, pp. 51-74.

- Sebastia, J. M. (1984): *Fuerza y movimiento: la interpretación de los estudiantes*. Enseñanza de las Ciencias., 1(2), pp. 161-169.
- Shayer, M. y Adey, P. (1984): *La ciencia de enseñar ciencia*. Narcea: Madrid. 118-119.
- Solano, F.; Gil, J.; Pérez, A. L. y Suero, M. I., (2002): *Persistencia de preconcepciones sobre los circuitos eléctricos de corriente continua*. Revista Brasileira de Ensino de Física. 24, (4), pp. 460-470.
- Solbes, J. y Tarín, F. (1999): *Cómo se enseña el concepto de energía*. Actas de la XXVII Reunión Bional de la Real Sociedad Española de Física y 9º encuentro Ibérico para la Enseñanza de la Física. 1, 299-300. Valencia.
- Solbes, J. y Vilches, A. (1992): *El modelo constructivista y las relaciones Ciencia, Técnica y Sociedad*. Enseñanza de las Ciencias, 10 (2), pp. 181-186.
- Solbes, J. y Zacarés, J. (1993): *¿Qué sucede con la enseñanza de la óptica?* Revista Española de Física 7(4), pp 38-43.
- Solbes, J.; Calvo, A. y Pomer, F. (1994): *El futuro de la enseñanza de la física*. Revista Española de Física 8 (4), pp. 45-49.
- Stensvold, M. S. y Wilson, J. T. (1990): *The interaction of verbal ability with concept mapping in learning from a Chemistry Laboratory Activity*. Science Education, 74(4), 473-480.
- Suárez, J. J. (2002): *La Física en la Educación Secundaria y el Bachillerato: alerta roja*. Revista Española de Física, 16(1), pp. 11-14.
- Suárez, P., Rodríguez, J., Suero, M. I.; Clavo, J. L. y Peña, J. J. (1989): *Elaboración de mapas conceptuales en Física*. Volumen I, pp. 159-162. Publicaciones ICE Universidad de Extremadura. Badajoz
- Suero, M. I.; Calvo, J. L.; Suárez, M. P. y Peña, J. J. (1989): *Estado inicial de los conocimientos de Física en la Universidad de Extremadura: Curso 87-88*. ICE-UEX, 1, 135-152.

- Suero, M.I.; Rubio, S.; Montanero, M.; Calvo, J.L.; Pérez, A.L. y Peña, J.J. (1991a): *Persistencia de algunas preconcepciones erróneas en Dinámica*. Actas de la XXIII Reunión Bienal de Física. Tomo I, 155-156. Valladolid.
- Suero, M.I.; Peña, J.J, Calvo, J.L.; Pérez, A.L. y Rubio, S. (1991b): *Estudio de preconcepciones y errores conceptuales sobre calor y temperatura en diferentes niveles del sistema educativo*. Actas de la XXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física. Valladolid.
- Suero, M.I.; Calvo, J.L.; Peña, J.J. Pérez, A.L. y Rubio, S. (1991c): *Consideraciones sobre el nivel de conocimientos básicos de física en universitarios y postgraduados. I Congreso Internacional sobre Calidad de Enseñanza Universitaria*. Cádiz. Actas del Congreso. 490-496.
- Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Montanero, M. y Rubio, S. (1997): *Preconcepciones sobre el color: Su persistencia en niveles universitarios*. Actas del IV Congreso Nacional del Color. Jarandilla de la Vera (Cáceres).198-199.
- Suero, M. I. y Pérez, A. L., (1999): *¿Sabe usted que es eso del color?* Cátedra Nova 10, pp. 243-256.
- Suero, M. I. y Pérez, A. L. (2001): *Un nuevo (y diferente) libro de Física de 2º de Bachillerato (LOGSE)*. Cátedra Nova, pp. 357-359.
- Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Gil, J.; Díaz, M. F.; Pardo, P. J.; Solano, F. y col. (2001a): *Física 2*. E.d. Grupo Santillana. Madrid.
- Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Gil, J.; Díaz, M. F.; Pardo, P. J.; Solano, F. y col. (2001b): *Guía y Recursos: Física*. E.d. Grupo Santillana. Madrid.
- Suero, M. I.; Pérez, A. L.; Pardo, P. J. y Solano, F. (2002): *Test interactivo de detección de preconcepciones respecto al color utilizable a través de Internet*. Actas del VI Congreso Nacional del Color. Sevilla. 77-78.
- Tejedor, F. J. (1999): *Análisis de la varianza*. (Cuadernos de Estadística, 3). Ed. La Muralla.

- Theobald, D.W. (1978): *Una introducción a la teoría de la ciencia*. Editorial Adara. La Coruña.
- Tiberghien, A.; Delacote, G.; Ghiglione, R. y Matalon, B. (1980): *Conceptions de la lumière chez l'enfant de 10-12 ans*. Revue Francaise de Pédagogie, 50, 24-41.
- Tukey, J. W. (1972): *Some graphic and semigraphic displays*” In T. A. Bancroft. Ed. Statistical Papers in Honor of George W. Snedecor. AMES, IA: The Iowa State University Press, pp. 293-316.
- Tukey, J.W. (1977): *Exploratory Data Analysis*”. Adisson-Wesley.
- Viennot, L. y Saltiele, E. (1985): *¿Qué aprendemos de las semejanzas entre las ideas históricas y el razonamiento espontáneo de los estudiantes?* Enseñanza de las Ciencias, 3 (2), 137-145.
- Villavicencio, M. (1990): *Proposición de un método encaminado a eliminar los preconceptos en Física*. Enseñanza de las Ciencias. 8(3), 308-309
- Vygotski, L. S. (1979): *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Editorial Crítica. Barcelona.
- Walpole, R. E. y Myers, R. H. (1992): *Probabilidad y estadística*. Ed. McGraw-Hill/Interamericana de México.
- Wallce, J. D. y Mintzes, J. J. (1990): *The concept map as a research: exploring conceptual change in biology*. Journal of Research in Science Teaching, 27(10), pp. 1033-1052.
- Watts, D. M., (1985): *Students' conceptions of light: a case study*. Physics Education, 20(4), 183-187.
- Ximenez, C. y San Martín, R. (2000): *Análisis de la varianza con Medidas Repetidas*” (*Cuaderno de Estadística 8*). Ed. La Muralla.

Anexo I

En este anexo están recogidos los tests de Óptica que ha sido necesario elaborar para explorar las preconcepciones en esta rama de la Física.

Estos test son los siguientes:

- ✓ Un test de conocimientos previos de 40 ítems, de cuatro respuestas posibles para cada ítem.
- ✓ Un test de preconcepciones de 15 ítems de cuatro respuesta posibles para cada ítem
- ✓ Un test de preconcepciones de 60 ítems de cierto/falso.

TESTS DE OPTICA Conocimientos Previos

Indica la respuesta correcta:

- 1.- El índice de refracción de una sustancia depende:**
 - A.- Del color de la sustancia.
 - B.- De la rugosidad de la sustancia.
 - C.- De la velocidad de la luz en esa sustancia.
 - D.- De la velocidad de la luz en el aire.
 - E.-
- 2.- La imagen producida por un medio transparente (dioptrio):**
 - A.- Es real y simétrica.
 - B.- Es real y de mayor tamaño que el objeto.
 - C.- Es asimétrica pero de igual tamaño.
 - D.- Es virtual y simétrica.
 - E.-
- 3.- La imagen producida por un espejo plano:**
 - A.- Es real y simétrica.
 - B.- Es real y de mayor tamaño que el objeto.
 - C.- Es asimétrica pero de igual tamaño.
 - D.- Es virtual y simétrica.
 - E.-
- 4.- Se dice que la reflexión es difusa si :**
 - A.- Sigue las leyes de la reflexión.
 - B.- No sigue ninguna norma para propagarse.
 - C.- Se refleja formando un ángulo de 90° con la normal.
 - D.- Su ángulo de incidencia es mayor que el ángulo reflejado.
 - E.-
- 5.- La reflexión es especular o pura si :**
 - A.- Sigue las leyes de la reflexión.
 - B.- No sigue ninguna norma para propagarse.
 - C.- Se refleja formando un ángulo de 90° con la normal.
 - D.- Su ángulo de incidencia es mayor que el ángulo reflejado.
 - E.-
- 6.- En un prisma óptico las caras que lo limitan:**
 - A.- Siempre son perpendiculares.
 - B.- Pueden ser paralelas.
 - C.- Deben ser planas y paralelas.
 - D.- Nunca son paralelas.
 - E.-

- 7.- Dispersión en óptica es:**
- A.- La descomposición de la luz blanca en todos los colores.
 - B.- La refracción de la luz.
 - C.- La absorción de algunos colores.
 - D.- La reflexión de la luz en el Cielo.
 - E.-
- 8.- En los espejos esféricos:**
- A.- Las imágenes se ven siempre del mismo tamaño.
 - B.- Siempre se ven invertidas.
 - C.- Pueden verse mas grandes o pequeñas.
 - D.- Siempre se ven derechas.
 - E.-
- 9.- Una lente es convergente cuando los rayos después de atravesarla:**
- A.- Producen una imagen más grande.
 - B.- Se concentran todos en un punto.
 - C.- Se desvían cada vez más..
 - D.- Producen una imagen virtual.
 - E.-
- 10.- Una lente es divergente cuando los rayos después de atravesarla:**
- A.- Producen una imagen más grande.
 - B.- Se concentran todos en un punto.
 - C.- Se desvían cada vez más..
 - D.- Producen una imagen virtual.
 - E.-
- 11.- ¿Con cual de las siguientes respuestas definirías el índice de refracción del medio A con respecto al B?**
- A.- Relación de la velocidad de onda en B y la longitud de onda en B.
 - B.- Relación de la longitud de onda en B y la velocidad de onda en A.
 - C.- Relación de la velocidad de onda en B y la velocidad de onda en A.
 - D.-Relación de la frecuencia de onda en A y la longitud de onda en B.
 - E.-
- 12.- Cuando un rayo de luz pasa a través de una lámina de caras plano-paralelas situada en el aire , el rayo emergente:**
- A.- No se desvía.
 - B.- Es paralelo al incidente.
 - C.- Es perpendicular al incidente.
 - D.- Forma con el rayo incidente un ángulo de 45°.
 - E.-

13.-¿Cuáles son los enunciados correctos de las leyes de la reflexión?

A.- El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano perpendicular al espejo y el ángulo de incidencia y de reflexión son iguales.

B.- El rayo incidente, el reflejado y la normal están en un mismo plano paralelo al espejo y el ángulo de incidencia y de reflexión son iguales.

C.- El ángulo de incidencia y de reflexión son complementarios.

D.- El rayo incidente, el reflejado y la normal están en diferentes planos y el ángulo de incidencia y de reflexión son iguales.

E.-

14.- El número de imágenes que se pueden obtener con dos espejos planos que forman un cierto ángulo depende:

A.- De la calidad de los espejos.

B.- De la posición del objeto entre los espejos.

C.- Del ángulo que forman los espejos.

D.- Del tamaño de los espejos.

E.-

15.-En las expresiones siguientes hay sólo una que es correcta:

A.-El ángulo límite es el mismo para todas las sustancias.

B.-El ángulo límite entre el diamante y el aire vale 90° .

C.-Angulo límite es el ángulo de incidencia al que le corresponde un ángulo de refracción de 90° .

D.- Angulo límite es el ángulo de refracción al que le corresponde un ángulo de incidencia de 90° .

E.-

16.- El ángulo de un prisma óptico es función:

A.- Del ángulo de incidencia.

B.- Del índice de refracción del prisma.

C.- Del índice de refracción del medio en que está el prisma.

D.- De la luz que incida en el prisma.

E.-

17.- La dispersión de la luz se define como:

A.- La descomposición de la luz blanca en todos los colores.

B.- La propiedad que tienen algunas partículas al reflejar la luz.

C.- La propiedad que tienen algunas partículas al refractar la luz.

D.- El efecto que se produce cuando la luz choca con un espejo.

E.-

18.- En un espejo esférico las distancias focales:

A.- Son iguales y del mismo signo.

B.- Son iguales pero de diferente signo.

C.- No tienen por qué ser iguales.

D.- Ninguna respuesta es válida.

E.-

19.- Las lentes se llaman convergentes si:

- A.- Tienden a aumentar el radio de curvatura de los frentes de onda que la atraviesan.
- B.- Son positivas.
- C.- Las imágenes son siempre virtuales.
- D.- Son negativas.
- E.-

20.- Cuando decimos que una lente tiene una potencia de una dioptría, queremos decir que tiene:

- A.- Un diámetro de 1cm.
- B.- Un radio de curvatura de las caras de 1m.
- C.- Una distancia focal de 1m.
- D.- Un aumento unidad.
- E.-

21.- Rayos conjugados son los que:

- A.- Forman con el eje óptico ángulos inferiores a 6 grados.
- B.- Están en zona paraxial.
- C.- Pasan por los focos.
- D.- Pasan por el centro de figura.
- E.-

22.- Un sistema óptico que tiene un eje de simetría se llama:

- A.- Esférico
- B.- Estigmático.
- C.- Centrado.
- D.- De revolución.
- E.-

23.- Un sistema es estigmático :

- A.- Si los rayos incidentes y reflejados son muy pequeños.
- B.- Si todos los rayos que parten del punto objeto se encuentran en un punto imagen.
- C.- Si todos los rayos que parten del punto objeto se encuentran en el foco.
- D.- Si las superficies que lo forman son transparentes.
- E.-

24.- ¿Cuáles son los enunciados correctos de las leyes de la refracción?

- A.- El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano perpendicular al espejo y el ángulo de incidencia y de refracción son iguales.
- B.- El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano paralelo al espejo y el ángulo de incidencia y de refracción son iguales.
- C.- El ángulo de incidencia y de refracción son complementarios.
- D.- El rayo incidente, el refractado y la normal están en diferentes planos y el ángulo de incidencia y de refracción son iguales.
- E.-

25.- La imagen que se obtiene con dos espejos planos que forman un ángulo de 90° :

- A.- Es de mayor tamaño y directa.
- B.- Es más pequeña e inversa.
- C.- Es del mismo tamaño y directa.
- D.- Depende del tamaño de los espejos.
- E.-

26.- En los prismas delgados:

- A.- La desviación no varia.
- B.- No existe dispersión.
- C.- Se pueden aplicar las leyes de la óptica paraxial.
- D.- La desviación es máxima.
- E.-

27.- En el vacío:

- A.- No existe dispersión.
- B.- El color rojo es el más dispersado.
- C.- El color violeta es el menos dispersado.
- D.- La luz no se propaga en línea recta.
- E.-

28.-El dioptrio esférico:

- A.- Es un sistema estigmático siempre.
- B.- Nunca es estigmático.
- C.- Es estigmático para rayos paraxiales.
- D.- Es estigmático para rayos conjugados.
- E.-

29.-El dioptrio esférico cóncavo:

- A.- Es estigmático.
- B.- Tiene dos focos diferentes.
- C.- Nunca es estigmático.
- D.-Tiene el radio de curvatura negativo
- E.-

30.- En una lente divergente:

- A.- La potencia es positiva
- B.- El primer radio es negativo y el segundo positivo.
- C.- El primer radio es positivo y el segundo negativo.
- D.- La potencia es negativa.
- E.-

31.- Del principio de Fermat se deduce que la luz siempre:

- A.- Elige el camino más rápido para propagarse.
- B.- Se propaga en línea recta en cualquier medio.
- C.- Elige el camino más corto para propagarse.
- D.- Describe una línea quebrada al propagarse.
- E.-

- 32.- La luz es tanto más reflejada cuanto:**
- A.- Más transparente sea la superficie sobre la que incida.
 - B.- Mayor sea el ángulo de incidencia.
 - C.- Más rugosa sea la superficie sobre la que incide.
 - D.- Más blanca sea la superficie.
 - E.-
- 33.- En una lente biconvexa:**
- A.- La potencia depende del tamaño del objeto.
 - B.- El primer radio es negativo y el segundo positivo.
 - C.- El primer radio es positivo y el segundo negativo.
 - D.- La potencia es negativa.
 - E.-
- 34.- En una lente bicóncava:**
- A.- La potencia depende del tamaño del objeto.
 - B.- El primer radio es negativo y el segundo positivo.
 - C.- El primer radio es positivo y el segundo negativo.
 - D.- La potencia es positiva.
 - E.-
- 35.- Para determinar la imagen de un cierto objeto ,a través de una lente gruesa:**
- A.- No se puede despreciar el espesor de ésta.
 - B.- Hay que considerar que siempre una cara es plana.
 - C.- Nunca puede ser una cara plana.
 - D.- Se aplican las fórmulas de las lentes delgadas..
 - E.-
- 36.- Un miope puede corregir su defecto:**
- A.- Con lentes convergentes.
 - B.- Con lentes divergentes.
 - C.- Con lentes biconvexas
 - D.- Con lentes cilíndricas.
 - E.-
- 37.- Un Hipermetrope puede corregir su defecto:**
- A.- Con lentes convergentes.
 - B.- Con lentes divergentes.
 - C.- Con lentes bicóncavas.
 - D.- Con lentes cilíndricas.
 - E.-
- 38.-Una persona con presbicia:**
- A.- Ve bien de lejos pero no de cerca.
 - B.- Ve bien de cerca pero no de lejos.
 - C.- No ve bien ni de cerca ni de lejos.
 - D.- Ve las cosas más pequeñas.
 - E.-

39.-La hipermetropía es debida:

- A.- A que el cristalino es excesivamente convergente.
- B.- A que el cristalino es menos convergente de lo normal.
- C.- A desprendimiento de retina.
- D.- A rugosidad del cristalino.
- E.-

40.- Debido a la convergencia del cristalino los ojos pueden ser:

- A.- Normales, miopes o astigmáticos.
- B.- Normales, miopes o hipermétropes.
- C.- Normales, miopes o daltónicos.
- D.- Ninguna respuesta es válida.
- E.-

TEST DE PRECONCEPCIONES EN OPTICA

De entre las opciones que se dan como posibles respuestas a cada pregunta, señala la que te parezca que mejor responde a ella. Ten en cuenta que sólo una opción es correcta, que el test hay que hacerlo por orden (no se puede volver a preguntas anteriores y rectificar la contestación) y que siempre tienes la posibilidad de elegir la opción E y explicar tu respuesta si ninguna de las que se ofrecen te parece correcta.

1.- Si, en una habitación pequeña y oscura, iluminamos una pared con una potente linterna, la luz:

- A.- Está en la linterna.
- B.- Está en la pared.
- C.- Está quieta llenando el espacio entre la linterna y la pared.
- D.- Viaja de la linterna a la pared.
- E.-

2.- Cuando es de día podemos ver una montaña porque:

- A.- La visión va del ojo a la montaña que está iluminada por el sol.
- B.- La luz está quieta llenando el espacio.
- C.- La luz del sol rebota en la montaña y llega a nuestros ojos.
- D.- La montaña emite luz que llega a nuestros ojos.
- E.-

3.- ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es falsa? “Un objeto se ve bien cuando...:

- A.-...el objeto está en la luz y nosotros en la oscuridad”
- B.-....el objeto está en la luz y nosotros también”.
- C.- El que nosotros estemos en la luz o en la oscuridad no influye, el objeto debe estar en la luz”.
- D.-...nosotros estamos en la luz y el objeto está en la oscuridad”.
- E.-

4.- ¿Cómo es la cantidad de luz que sale de una lupa cuando estamos quemando un papel utilizando la luz del sol? (Suponemos la lupa perfectamente transparente).

- A.- Menor que la que llega a ella.
- B.- Igual que la que llega a ella.
- C.- Mayor que la que llega a ella.
- D.- Depende de lo oscuro que sea el papel.
- E.-

5.- En una habitación oscura se ve una pequeña llama, pasado un tiempo se ve solo una brasa, ¿cuándo hay emisión de luz?:

- A.- No hay emisión de luz puesto que la habitación está oscura.
- B.- Sólo mientras que hay llama
- C.- Sólo mientras que hay brasa.
- D.- Mientras que hay o bien llama o bien brasa.
- E.-

6.- Si nos situamos entre un foco luminoso puntual y una pantalla que permanecen fijos, cuanto más nos aproximemos a la luz:

- A.- Más grande será nuestra sombra en la pantalla.
- B.- Más pequeña será nuestra sombra en la pantalla.
- C.- El tamaño de nuestra sombra en la pantalla no variará mientras no varíe la distancia entre la luz y la pantalla.
- D.- El tamaño de nuestra sombra no variará porque es igual a nuestro tamaño y éste no varía.
- E.-

7.- La piel de un chino se ve amarilla porque:

- A.- Posee y emite color amarillo.
- B.- Llena el espacio que lo separa del observador de color amarillo.
- C.- Refleja el color amarillo (el color amarillo rebota en ella).
- D.- Absorbe el color amarillo.
- E.-

8.- Una pared blanca se ve de ese color porque:

- A.- Posee y emite luz blanca.
- B.- Le llega luz blanca y la refleja.
- C.- Le llega luz blanca y la absorbe toda.
- D.- Llena de luz blanca el espacio que la separa del observador.
- E.-

9.- Una pared negra se ve de ese color porque:

- A.- Posee y emite luz negra.
- B.- Le llega luz negra y la refleja.
- C.- Absorbe toda la luz que le llega.
- D.- No llena de luz el espacio que la separa del observador.
- E.-

10.- Una pared roja se ve de ese color porque:

- A.- Posee y emite luz roja.
- B.- Le llega luz roja y la refleja.
- C.- Le llega luz roja y la absorbe.
- D.- Llena de luz roja el espacio que la separa del observador.
- E.-

11.- El color con que se ve la pared de tu habitación depende:

- A.- De la luz que llene el espacio entre la pared y el observador.
- B.- De la luz que emita la pared.
- C.- De la luz que refleje la pared (que rebote en ella).
- D.- De la luz que absorba la pared
- E.-

**12.- Un cuerpo de color azul, iluminado con luz amarilla se verá de color:
(por si te hiciera falta, recuerdo que amarillo más azul da verde).**

- A.- Amarillo.
- B.- Negro.
- C.- Verde.
- D.- Azul sea cual sea la luz con que se ilumine.
- E.-

13.- Uno de los siguientes procedimientos para obtener una luz amarilla no es posible, ¿Cuál?:

A.- A partir de luz blanca con un cristal que deje pasar sólo la luz amarilla.

B.- A partir de luz blanca con un objeto que refleje sólo la luz amarilla.

C.- Con un foco luminoso que emita directamente luz amarilla.

D.- A partir de luz blanca con un objeto que absorba sólo la luz amarilla.

E.-

14.- Cuando ves tu imagen en un espejo:

A.- Los rayos de luz procedentes de ti rebotan en el espejo.

B.- Los rayos de luz procedentes de ti penetran en el espejo y se cortan dentro a la misma distancia de la superficie a la que te encuentras tú.

C.- La luz que llena el espacio que te separa del espejo penetra en el espejo de manera simétrica.

D.- La imagen que ves en el espejo existe detrás de él.

E.-

15.- Un espejo:

A.- Refleja la luz, pero absorbe las imágenes.

B.- Refleja la luz y las imágenes.

C.- Absorbe la luz y las imágenes.

D.- Refleja las imágenes, pero absorbe la luz

E.-

- 8.- Una pared blanca se ve de ese color porque posee y emite luz blanca.
 CIERTO FALSO
- 9.- Una pared negra se ve de ese color porque posee y emite luz negra.
 CIERTO FALSO
- 10.-Una pared roja se ve de ese color porque posee y emite luz roja.
 CIERTO FALSO
- 11.-El color con que se ve una pared depende de la luz que llene el espacio existente entre la pared y el observador.
 CIERTO FALSO
- 12.-Un cuerpo de color azul,iluminado con luz amarilla se verá de color amarillo.
 CIERTO FALSO
- 13.-Una luz amarilla se puede obtener a partir de luz blanca con un cristal que deje pasar solo la luz amarilla.
 CIERTO FALSO
- 14.-Cuando ves tu imagen en un espejo los rayos de luz procedentes de ti rebotan en el espejo.
 CIERTO FALSO
- 15.- Un espejo refleja la luz, pero absorbe las imágenes.
 CIERTO FALSO
- 16.-Cuando, en una habitación pequeña y oscura, iluminamos una pared con una potente linterna. La luz está en la pared.
 CIERTO FALSO
- 17.-Cuando es de día podemos ver una montaña porque la luz está quieta llenando todo el espacio.
 CIERTO FALSO
- 18.-Un objeto se ve bien solo cuando el objeto está en la luz y nosotros también.
 CIERTO FALSO
- 19.-Supongamos una lupa perfectamente transparente con la que estamos quemando un papel utilizando la luz del sol. La cantidad de luz que sale de la lupa es igual que la que llega a ella.
 CIERTO FALSO

20.-En una habitación oscura se ve una pequeña llama, pasado un tiempo se ve solo una brasa. Mientras que hay brasa hay emisión de luz, pero no cuando hay llama.

CIERTO

FALSO

21.-Si nos situamos entre un foco luminoso puntual y una pantalla que permanecen fijos, cuanto más nos aproximemos a la luz más pequeña será nuestra sombra en la pantalla.

CIERTO

FALSO

22.-La piel de un chino se ve amarilla porque llena el espacio que lo separa del observador de color amarillo.

CIERTO

FALSO

23.-Una pared blanca se ve de ese color porque le llega luz blanca y la refleja.

CIERTO

FALSO

24.-Una pared negra se ve de ese color porque le llega luz negra y la refleja.

CIERTO

FALSO

25.-Una pared roja se ve de ese color porque le llega luz roja y la refleja.

CIERTO

FALSO

26.-El color con que se ve una pared depende de la luz que emita la pared.

CIERTO

FALSO

27.-Un cuerpo de color azul, iluminado con luz amarilla se verá de color negro.

CIERTO

FALSO

28.-Una luz amarilla se puede obtener a partir de luz blanca con un objeto que refleje solo la luz amarilla.

CIERTO

FALSO

29.-Cuando ves tu imagen en un espejo los rayos de luz procedentes de ti penetran en el espejo y se cortan dentro a la misma distancia de la superficie a la que te encuentras tú.

CIERTO

FALSO

30.- Un espejo refleja la luz y las imágenes.

CIERTO

FALSO

31.-Cuando, en una habitación pequeña y oscura, iluminamos una pared con una potente linterna. La luz está quieta llenando la habitación.

CIERTO

FALSO

32.-Cuando es de día podemos ver una montaña porque la montaña emite luz que llega a nuestros ojos.

CIERTO

FALSO

33.-Un rayo de luz incide en un espejo (que suponemos perfecto) y después en una pared blanca. El espejo refleja toda la luz y la pared la absorbe toda.

CIERTO

FALSO

34.-Supongamos una lupa perfectamente transparente con la que estamos quemando un papel utilizando la luz del sol. La cantidad de luz que sale de la lupa es mayor que la que llega a ella.

CIERTO

FALSO

35.-En una habitación oscura se ve una pequeña llama, pasado un tiempo se ve solo una brasa. Como la habitación está oscura no hay emisión de luz.

CIERTO

FALSO

36.-Si nos situamos entre un foco luminoso puntual y una pantalla, el tamaño de nuestra sombra en la pantalla no variará mientras no varíe la distancia entre la luz y la pantalla.

CIERTO

FALSO

37.-La piel de un chino se ve amarilla porque refleja el color amarillo.

CIERTO

FALSO

38.-Una pared blanca se ve de ese color porque le llega luz blanca y la absorbe toda.

CIERTO

FALSO

39.-Una pared negra se ve de ese color porque absorbe toda la luz que le llega.

CIERTO

FALSO

40.-Una pared roja se ve de ese color porque le llega luz roja y la absorbe.

CIERTO

FALSO

41.-El color con que se ve una pared depende de la luz que refleje la pared.

CIERTO

FALSO

- 42.-Un cuerpo de color azul,iluminado con luz amarilla se verá de color verde.
(por si te hiciera falta,te recuerdo que amarillo más azul da verde).
 CIERTO FALSO
- 43.-Una luz amarilla se puede obtener con un foco luminoso que emita directamente luz amarilla.
 CIERTO FALSO
- 44.-Cuando ves tu imagen en un espejo la luz que llena el espacio que te separa del espejo penetra él de manera simétrica.
 CIERTO FALSO
- 45.-Un espejo absorbe la luz y las imágenes.
 CIERTO FALSO
- 46.-Cuando, en una habitación pequeña y oscura, iluminamos una pared con una potente linterna. La luz viaja de la linterna a la pared.
 CIERTO FALSO
- 47.-Cuando es de día podemos ver una montaña porque la luz del sol rebota en la montaña y llega a nuestros ojos.
 CIERTO FALSO
- 48.-Un rayo de luz incide en un espejo (que suponemos perfecto) y después en una pared perfectamente blanca. El espejo refleja toda la luz y la pared también.
 CIERTO FALSO
- 49.-Un rayo de luz incide en un espejo (que suponemos perfecto) y después en una pared perfectamente blanca. El espejo absorbe toda la luz.
 CIERTO FALSO
- 50.-En una habitación oscura se ve una pequeña llama, pasado un tiempo se ve solo una brasa. Mientras que hay llama o hay brasa hay emisión de luz.
 CIERTO FALSO
- 51.-Si nos situamos entre un foco luminoso puntual y una pantalla que permanecen fijos el tamaño de nuestra sombra no variará al acercarnos al foco porque es igual a nuestro tamaño y éste no varía.
 CIERTO FALSO
- 52.-La piel de un chino se ve amarilla porque absorbe el color amarillo.
 CIERTO FALSO

- 53.-Una pared blanca se ve de ese color porque llena de luz blanca el espacio que la separa del observador.
 CIERTO FALSO
- 54.-Una pared negra se ve de ese color porque no llena de luz el espacio que la separa del observador.
 CIERTO FALSO
- 55.-Una pared roja se ve de ese color porque llena de luz roja el espacio que la separa del observador.
 CIERTO FALSO
- 56.-El color con que se ve una pared depende de la luz que absorba la pared.
 CIERTO FALSO
- 57.-Un cuerpo de color azul se verá de color azul sea cual sea la luz con que se ilumine.
 CIERTO FALSO
- 58.-Una luz amarilla se puede obtener a partir de luz blanca con un objeto que absorba solo la luz amarilla.
 CIERTO FALSO
- 59.-Cuando ves tu imagen en un espejo la imagen que ves en el espejo existe detrás de él.
 CIERTO FALSO
- 60.-Un espejo refleja las imágenes, pero absorbe la luz
 CIERTO FALSO

Anexo II

En este anexo está recogido un test de 5 ítems, todos originales, sobre preconcepciones en Óptica, que reflejan las respuestas mayoritariamente elegidas por los alumnos en los test previos que aparecen en el anexo I.

De entre las opciones que se dan como posibles respuestas a cada pregunta, señala la que te parezca que mejor responde a ella. Ten en cuenta que sólo una opción puede ser correcta y que si ninguna de las que se ofrecen te parece válida, siempre tienes la posibilidad de elegir la opción e) y exponer tu respuesta.

1.- En una habitación oscura se ve una pequeña llama. Pasado un tiempo se ve sólo una brasa. ¿Cuándo hay emisión de luz?:

- a) No hay emisión de luz puesto que la habitación está oscura.
- b) Sólo mientras que hay llama.
- c) Sólo mientras que hay brasa.
- d) Mientras que hay o bien llama o bien brasa.
- e)

Justifica brevemente tu respuesta.

2.- La piel de los chinos se ve amarilla porque

- a) Posee y emite color amarillo
- b) Llena el espacio que lo separa del observador de color amarillo
- c) Refleja el color amarillo.
- d) Absorbe el color amarillo.
- e)

Justifica brevemente tu respuesta

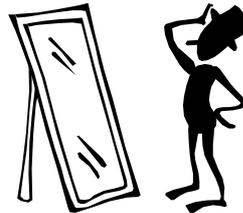
3.- Cuando ves tu imagen en un espejo:

- a) Hay rayos de luz que viajan de ti al espejo y rebotan en él.
- b) Hay rayos de luz que viajan de ti al espejo y se cortan dentro, a la misma distancia de la superficie a la que te encuentras tú.
- c) La luz que llena el espacio que lo separa del espejo penetra en el espejo de manera simétrica.
- d) La imagen que ves en el espejo existe detrás de él.
- e)

Justifica brevemente tu respuesta

4.- Un espejo:

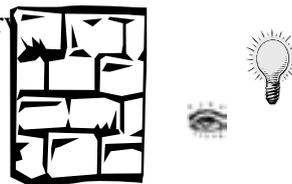
- a) Refleja la luz, y absorbe las imágenes.
- b) Refleja la luz simplemente.
- c) Absorbe la luz y las imágenes.
- d) Refleja las imágenes, pero absorbe
- e)



Justifica brevemente tu respuesta

5.□ El color con que se ve la pared de una habitación iluminada con una bombilla depende:

- a) De la luz que llene el espacio entre la pared y el observador.
- b) De la luz que emita la pared.
- c) De la luz que refleje la pared (que rebote en ella).
- d) De la luz que absorba la pared.
- e)



Justifica brevemente tu respuesta

Anexo III

En este anexo están recogidos los documentos que el programa informático LXR-TEST ha proporcionado de la valoración de los resultados obtenidos para el test de 5 ítems sobre preconcepciones en Óptica, con los alumnos de 1º de Ingeniería Técnica en Topografía, en Informática y en Telecomunicación especialidad Telemática del Centro Universitario de Mérida (CUM).

Este programa procesa la información y la presenta organizada en varios documentos: En el primero se recoge la relación de alumnos y la respuesta que cada uno ha seleccionado para cada ítem, el número de aciertos y el tanto por ciento del total de ítems del test que representa. En el segundo se dibuja un histograma de frecuencias de cada tramo de calificaciones, lo que permite una visualización inmediata de su adaptación a una campana de Gauss. El tercero, que llamaremos, estadístico, presenta la relación de ítems y el número de veces que ha sido elegida en cada uno de ellos cada una de las diferentes opciones de respuestas

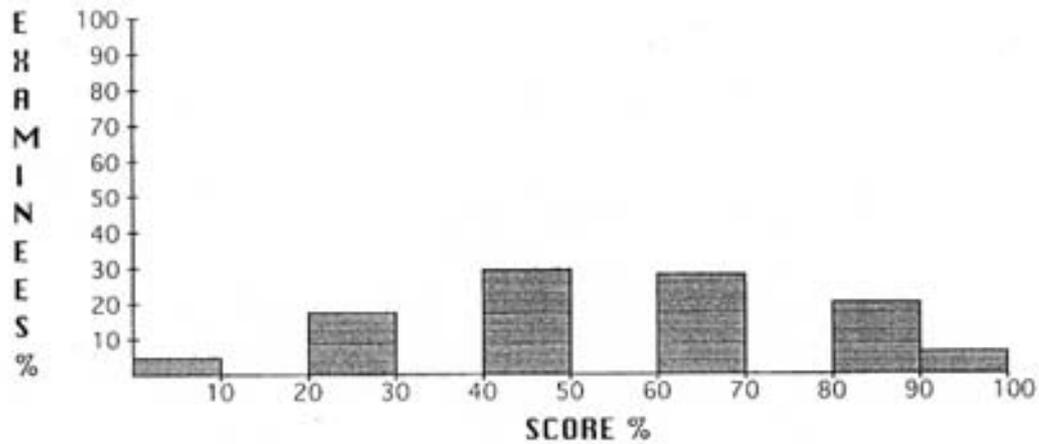
ofrecidas; también presenta el Índice de Facilidad o Destreza (I.D.) y el Índice de Discriminación o Validez (I.V.) de cada ítem.

A) Resultados para “todos” los alumnos.

Test Name: Optica-5test	Ver-	Cor-	Maximum Score: 5						
Student ID	tion	rect	%	1	2	3	4	5	6
1	0	3	60.0	D	E	A	A	C	
2	0	4	80.0	D	C	A	A	C	
3	0	3	60.0	D	C	C	B	E	
4	0	2	40.0	D	E	A	A	A	
5	0	3	60.0	D	A	A	D	C	
6	0	2	40.0	D	D	A	E	E	
7	0	3	60.0	D	D	A	B	A	
8	0	3	60.0	D	A	A	E	C	
9	0	2	40.0	D	A	A	D	B	
10	0	4	80.0	D	C	A	D	C	
11	0	2	40.0	B	D	A	D	C	
12	0	5	100.	D	C	A	B	C	
13	0	3	60.0	D	C	A	E	E	
14	0	3	60.0	D	C	B	B	E	
15	0	3	60.0	D	E	A	E	C	
16	0	3	60.0	D	D	A	B	D	
17	0	2	40.0	B	C	C	C	C	
18	0	2	40.0	D	C	C	E	D	
19	0	2	40.0	D	A	C	A	C	
20	0	3	60.0	D	C	C	E	C	
21	0	3	60.0	D	C	C	D	C	
22	0	5	100.	D	C	A	B	C	
23	0	3	60.0	D	C	C	D	C	
24	0	2	40.0	B	A	A	D	C	
25	0	4	80.0	D	C	C	B	C	
26	0	4	80.0	B	C	A	B	C	
27	0	3	60.0	D	C	A	A	D	
28	0	3	60.0	B	C	A	A	C	
29	0	4	80.0	D	C	C	B	C	
30	0	4	80.0	D	C	E	B	C	
31	0	2	40.0	D	A	A	A	D	
32	0	2	40.0	E	C	E	B	E	
33	0	1	20.0	B	A	C	D	C	
34	0	1	20.0	B	C	C	A	D	
35	0	3	60.0	D	E	A	B	D	
36	0	2	40.0	E	C	A	E	E	
37	0	2	40.0	D	D	E	B	D	
38	0	3	60.0	D	A	A	B	E	
39	0	0	0.0	B	E	C	A	A	
40	0	1	20.0	B	E	E	E	C	

Test Name:	Optica-5test	Ver-	Cor-	Maximum Score: 5						
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6
41		0	4	80.0	D	A	A	B	C	
42		0	1	20.0	D	A	C	A	E	
43		0	1	20.0	D	A	C	A	B	
44		0	0	0.0	E	A	C	D	E	
45		0	2	40.0	B	C	C	E	C	
46		0	1	20.0	D	D	E	E	D	
47		0	4	80.0	D	C	A	B	D	
48		0	1	20.0	D	E	B	A	D	
49		0	4	80.0	D	C	A	B	E	
50		0	3	60.0	D	C	C	A	C	
51		0	4	80.0	D	C	A	A	C	
52		0	4	80.0	D	C	A	E	C	
53		0	5	100.	D	C	A	B	C	
54		0	3	60.0	D	C	B		C	
55		0	3	60.0	D	C	A		D	
56		0	4	80.0	D	C	A	D	C	
57		0	5	100.	D	C	A	B	C	
58		0	2	40.0	D	D	D	A	C	
59		0	2	40.0	D	C	B	A	E	
60		0	2	40.0	D	C	B	E	A	
61		0	1	20.0	E	C	B	E	D	
62		0	4	80.0	D	C	A	B	D	
63		0	1	20.0	D	A	C	D	A	
64		0	4	80.0	D	C	D	B	C	
65		0	2	40.0	E	D	C	B	C	
66		0	1	20.0	B	D	C	D	C	
67		0	2	40.0	D	C	B	D	E	
68		0	3	60.0	D	A	A	D	C	
69		0	1	20.0	D	E	C	D	D	
70		0	2	40.0	B	C	D	A	C	
71		0	0	0.0	B	A	C	D	A	
72		0	2	40.0	D	A	E	B	E	
73		0	2	40.0	D	C	C	D	A	
74		0	1	20.0	B	C	B	A	D	

A1) Histograma de frecuencias.



Number of Examinees: 74
 Questions on Test: 5
 High Raw Score: 5
 Low Raw Score: 0
 Average Raw Score: 2.57

A2) Estadístico.

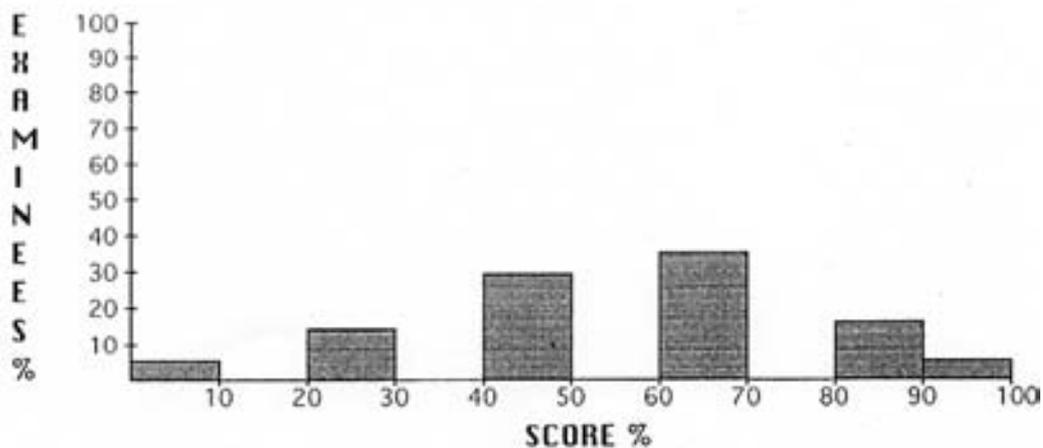
Question	D. I.	V. I.	Alt A	Alt B	Alt C	Alt D	Alt E	Alt F
1	74.3	0.56	0	14	0	55	5	0
2	55.4	0.67	16	0	41	9	8	0
3	45.9	0.72	34	8	23	3	6	0
4	31.1	0.72	18	23	1	17	13	0
5	50.0	0.56	7	2	37	15	13	0

B) Resultados para los alumnos que proceden del Sistema Tradicional de Enseñanza.

Test Name: Optica-5test		Der-	Cor-	Maximum Score: 5	
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1 2 3 4 5 6
1		0	3	60.0	DE AAC
2		0	4	80.0	DCAAC
3		0	3	60.0	DCCBE
4		0	2	40.0	DE AAA
5		0	3	60.0	DAADC
6		0	2	40.0	DDAEE
7		0	3	60.0	DDABA
8		0	3	60.0	DAAEC
9		0	2	40.0	DAADB
10		0	4	80.0	DCADC
11		0	2	40.0	DDAIC
12		0	5	100.	DCABC
13		0	3	60.0	DCAEE
14		0	3	60.0	DCBBE
15		0	3	60.0	DEAEC
16		0	3	60.0	DDABD
17		0	2	40.0	BCCCC
18		0	2	40.0	DCCED
19		0	2	40.0	DACAC
20		0	3	60.0	DCCEC
21		0	3	60.0	DCCDC
22		0	5	100.	DCABC
23		0	3	60.0	DCCDC
24		0	2	40.0	BAADC
25		0	4	80.0	DCCBC
26		0	4	80.0	BCABC
27		0	3	60.0	DCAAD
28		0	3	60.0	BCAAC
29		0	4	80.0	DCCBC
30		0	4	80.0	DCEBC
31		0	2	40.0	DAAAD
32		0	2	40.0	ECEBE
33		0	1	20.0	BACDC
34		0	1	20.0	BCCAD
35		0	3	60.0	DEABD
36		0	2	40.0	ECAEE
37		0	2	40.0	DDEBD
38		0	3	60.0	DAABE
39		0	0	0.0	BECAA
40		0	1	20.0	BEEEC

Test Name: Optica-5test	Der- sion	Cor- rect	Maximum Score: 5						
Student ID	Student Name	%	1	2	3	4	5	6	
41		0	4	80.0	D	A	A	B	C
42		0	1	20.0	D	A	C	A	E
43		0	1	20.0	D	A	C	A	B
44		0	0	0.0	E	A	C	D	E
45		0	2	40.0	B	C	C	E	C
46		0	1	20.0	D	D	E	E	D

B1) Histograma de frecuencias.



Number of Examinees: 46
 Questions on Test: 5
 High Raw Score: 5
 Low Raw Score: 0
 Average Raw Score: 2.57

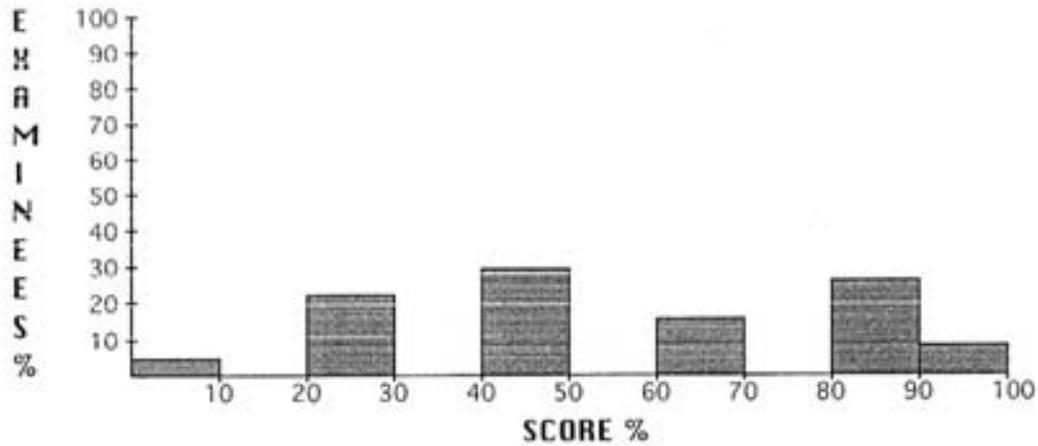
B2) Estadístico.

Question	D. I.	V. I.	Ait A	Ait B	Ait C	Ait D	Ait E	Ait F
1	71.7	0.45	0	10	0	33	3	0
2	47.8	0.64	12	0	22	6	6	0
3	52.2	0.55	24	1	16	0	5	0
4	32.6	0.55	11	15	1	9	10	0
5	52.2	0.73	3	2	24	8	9	0

C) Resultados para los alumnos que proceden del Nuevo Sistema de Enseñanza:

Test Name:	Optica-5test	Ver-	Cor-	Maximum Score: 5						
Student ID	Student Name	sion	rect	%	«?»	1	2	3	4 5 6	
1		0	4	80.0		D	C	A	B	D
2		0	1	20.0		D	E	B	A	D
3		0	4	80.0		D	C	A	B	E
4		0	3	60.0		D	C	C	A	C
5		0	4	80.0		D	C	A	A	C
6		0	4	80.0		D	C	A	E	C
7		0	5	100.		D	C	A	B	C
8		0	3	60.0	« »	D	C	B		C
9		0	3	60.0	« »	D	C	A		D
10		0	4	80.0		D	C	A	D	C
11		0	5	100.		D	C	A	B	C
12		0	2	40.0		D	D	D	A	C
13		0	2	40.0		D	C	B	A	E
14		0	2	40.0		D	C	B	E	A
15		0	1	20.0		E	C	B	E	D
16		0	4	80.0		D	C	A	B	D
17		0	1	20.0		D	A	C	D	A
18		0	4	80.0		D	C	D	B	C
19		0	2	40.0		E	D	C	B	C
20		0	1	20.0		B	D	C	D	C
21		0	2	40.0		D	C	B	D	E
22		0	3	60.0		D	A	A	D	C
23		0	1	20.0		D	E	C	D	D
24		0	2	40.0		B	C	D	A	C
25		0	0	0.0		B	A	C	D	A
26		0	2	40.0		D	A	E	B	E
27		0	2	40.0		D	C	C	D	A
28		0	1	20.0		B	C	B	A	D

C1) Histograma de frecuencias.



Number of Examinees: 28
 Questions on Test: 5
 High Raw Score: 5
 Low Raw Score: 0
 Average Raw Score: 2.58

C2) Estadístico.

Question	D. I.	U. I.	Ait A	Ait B	Ait C	Ait D	Ait E	Ait F
1	78.6	0.57	0	4	0	22	2	0
2	67.9	0.71	4	0	19	3	2	0
3	35.7	0.86	10	7	7	3	1	0
4	28.6	0.57	7	8	0	8	3	0
5	46.4	0.71	4	0	13	7	4	0

Anexo IV

En este anexo se recogen las seis pruebas objetivas, dos por cada variable, que se elaboraron para operativizar la calidad del aprendizaje:

- Dos test de teorías implícitas formado cada uno de ellos por 10 ítems con 4 posibles respuestas (un pretest y un postest).
- Dos test sobre comprensión de conceptos formado cada uno de ellos por 10 ítems con 4 posibles respuestas (un pretest y un postest).
- Dos pruebas objetivas cada una de ellas de 10 problemas abiertos de interpretación de fenómenos y de aplicación a situaciones cotidianas (un pretest y un postest).

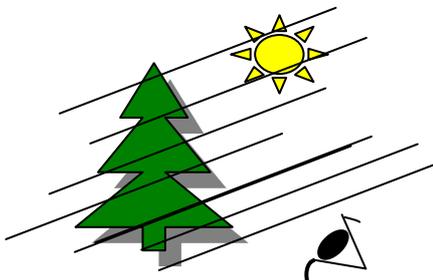
Cada prueba del pretest con la correspondiente del postest, aunque se han elaborado de forma paralela, son distintas con el fin de evitar el posible “efecto de aprendizaje” entre el pretest y el postest.

Test de teorías implícitas (inicial)

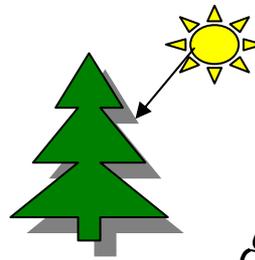
1.- En una habitación, hay una lámpara encendida, un espejo, una mesa y varias sillas. ¿Dónde hay luz?:

- e) La luz está en la lámpara
- f) En la lámpara y en el espejo
- g) En todos los objetos: las paredes, el espejo, la mesa, las sillas....
- h) En toda la habitación

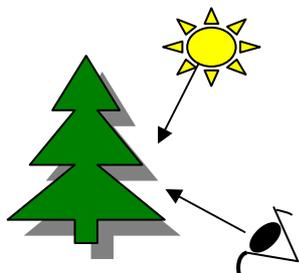
2.- De los siguientes esquemas ¿Cuál crees tú que explica mejor por qué vemos el árbol?:



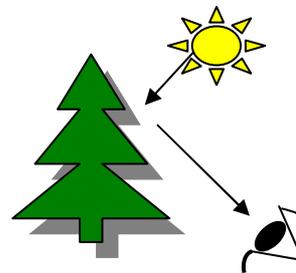
a) La luz del sol llena el espacio



b) El árbol está iluminado por el sol



c) La visión va del ojo al árbol que está iluminado por el sol



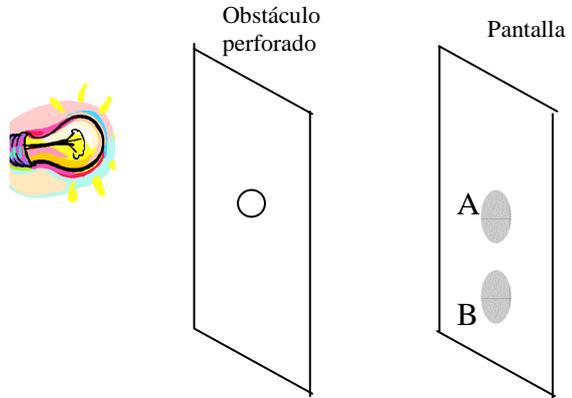
d) La luz del sol se refleja en el árbol y llega a nuestros ojos

3.- ¿Cómo es la sombra de un objeto iluminado por una bombilla que alumbra muy poco con respecto a la sombra del mismo objeto iluminado por una bombilla que alumbra mucho?:

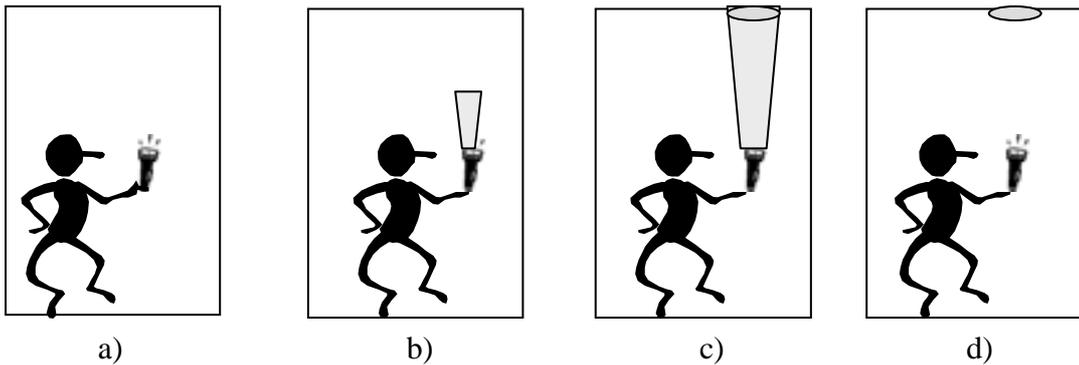
- a) Más grande
- b) Más pequeña
- c) Del mismo tamaño
- d) No lo sé

4.- En la siguiente figura se representa una bombilla, un obstáculo con un orificio y una pantalla. ¿Llegará luz a la pantalla?:

- e) No
- f) Sí, estará iluminada la zona A
- g) Sí, estará iluminada la zona B
- h) Sí, estarán iluminadas las zonas A y B

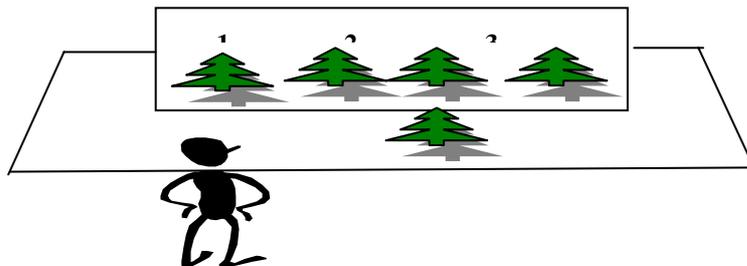


5.- Si en una habitación oscura perfectamente limpia sin polvo ni humo en el aire, encendemos una linterna dirigida hacia el techo. Elige el dibujo que represente lo que observarías:



6.- En la figura siguiente, ¿dónde localiza el observador la imagen del árbol en el espejo?:

- a) Posición 1, frente al observador
- b) Posición 2, entre el observador y el árbol
- c) Posición 3, frente al árbol
- d) Posición 4, a la derecha del árbol.

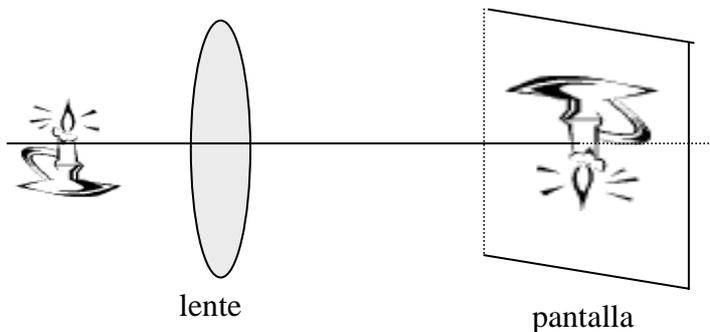


7.- La luz del sol al atravesar una lupa es capaz de quemar un papel. En esta situación se cumple que:

- a) La cantidad de luz que sale de la lupa es mayor que la que llega a la lupa
- b) La cantidad de luz que sale de la lupa es menor que la que llega a la lupa
- c) La cantidad de luz que sale de la lupa es igual que la que llega a la lupa
- d) La cantidad de luz que llega al papel depende de lo oscuro que sea el papel

8.- Observa la imagen invertida que de la vela forma la lente sobre la pantalla. Al quitar la lente:

- e) La imagen desaparece
- f) La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero derecha
- g) La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero más pequeña
- h) La imagen sobre la pantalla se seguirá viendo pero derecha y del mismo tamaño

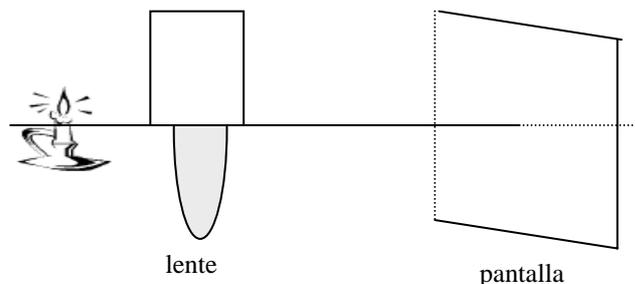


9.- Como en la cuestión anterior, observa la imagen formada de una vela por una lente en la pantalla. Al quitar la pantalla

- e) La imagen no se forma
- f) La imagen no se ve, pero sí se forma
- g) La imagen no desaparece pero está derecha
- h) La imagen no desaparece pero se hace más pequeña

10.- Siguiendo con la misma figura, si se tapa la mitad de la lente:

- e) Se formará sólo la mitad correspondiente de la imagen
- f) Se formará la imagen entera
- g) No se formará la imagen
- h) Se formará una imagen de tamaño la mitad que la anterior



Test de Comprensión (Inicial)

1.- Cuando la luz se traslada de un punto a otro en un medio homogéneo:

- a) Algunas veces se traslada en línea recta
- b) Describe una onda
- c) Siempre se traslada en línea recta
- d) Depende de la distancia entre los dos puntos

2.- Si un rayo incide en la superficie de separación de dos medios transparentes con un ángulo de incidencia de 0° :

- a) Se refractará con un ángulo de refracción de 0°
- b) Se refractará con un ángulo de refracción de 90°
- c) El valor del ángulo de refracción dependerá de los índices de refracción de los dos medios
- d) El rayo no se refracta

3.- ¿Cuál de los enunciados siguientes se corresponde con las leyes de la refracción?

- a) El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano, paralelo a los medios donde se produce la refracción, y el ángulo de incidencia y de refracción son iguales.
- b) El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano, perpendicular los medios donde se produce la refracción, y el ángulo de incidencia y de refracción son iguales.
- c) El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano, perpendicular a los medios donde se produce la refracción, y la relación entre el seno del ángulo de incidencia y del ángulo de refracción es constante para cada par de medios.
- d) El ángulo de incidencia y de refracción suman siempre 90° .

4.- El índice de refracción de una sustancia depende:

- a) Del color de la sustancia
- b) De la rugosidad de la sustancia
- c) De la velocidad de la luz en esa sustancia
- d) De la cantidad de sustancia

5.- La dispersión de la luz se define como:

- a) La descomposición de la luz blanca en todos los colores
- b) La propiedad que tienen algunas partículas al reflejar la luz
- c) La propiedad que tienen algunas partículas al refractar la luz
- d) La absorción de algunos colores

6.- La luz se propaga con una velocidad :

- a) Que es igual en el aire que en el agua pero distinta en otros medios.
- b) Que es siempre la misma sea cual sea el medio.
- c) Que es menor en el aire que en el agua
- d) Que es mayor en el aire que en el agua

7.- Los sistemas ópticos formados por superficies opacas y pulimentadas capaces de reflejar la luz, reciben el nombre de

- a) Lentes
- b) Espejos
- c) Dioptrios
- d) Lupas

8.- Estás delante de un espejo (plano). Tu imagen la verás:

- a) Más cerca de la superficie del espejo de lo que tú estás de él
- b) Más lejos de la superficie del espejo de lo que tú estás de él
- c) A la misma distancia de la superficie del espejo de la que tú estás
- d) No sé la respuesta

9.- La distancia focal de un espejo esférico es:

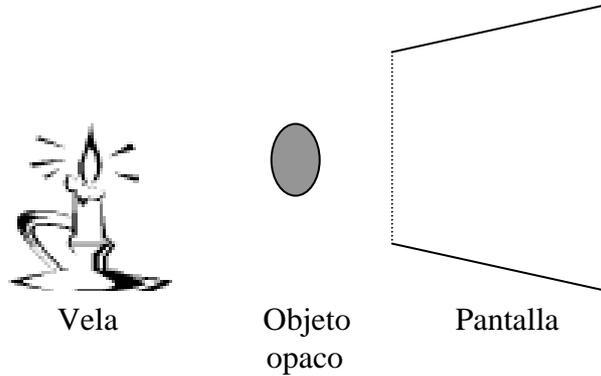
- a) Igual que el radio del espejo
- b) El doble que el radio del espejo
- c) La mitad del radio del espejo
- d) Igual que el radio del espejo pero con signo contrario

10.- Indica cual de las siguientes afirmaciones es correcta:

- a) En una lupa los haces de luz que llegan paralelos al eje óptico divergen
- b) Una lupa forma siempre una imagen real
- c) Una lupa forma siempre una imagen virtual
- d) En una lupa los haces de luz que llegan a ella pasando por el foco objeto, salen paralelos.

Test de aplicación (inicial)

1.- Observa la figura y dibuja la sombra y la penumbra que se formaría, sobre la pantalla, al colocar entre la vela y la pantalla un objeto:



2.- Si miras al interior de una piscina llena de agua te parecerá menos profunda de lo que en realidad es. Representa este hecho gráficamente y señala a qué fenómeno es debido.

3.- Si te miras en un estanque en calma te ves reflejado, pero si se levanta un poco de oleaje la imagen desaparece ¿Por qué?

4.- ¿Cómo explicas la formación del arco iris? ¿Podrías señalar a qué fenómeno es debido?

5.- Como habrás observado las ambulancias llevan los letreros escritos al revés. ¿Sabrías explicar por qué?

6.- Imagínate que observas un pez a través de las paredes de una pecera esférica. Explica por qué parece más grande de lo que es en realidad.

7.- ¿Qué tipo de espejo debes utilizar si quieres ver tu imagen aumentada? Justifica la respuesta

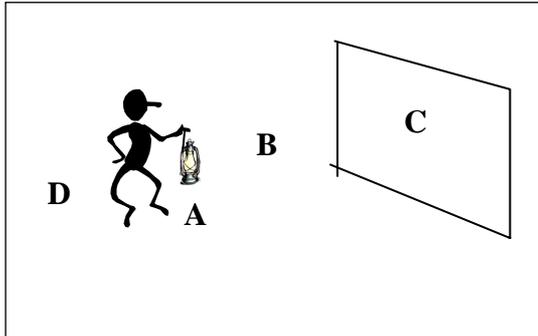
8.- ¿Cómo es tu imagen reflejada en una bola de navidad? Justifica la respuesta

9.- Podrías distinguir por el tacto una lente convergente de una divergente?

10.- Imagina que hace frío y quieres encender un fuego, utilizando los rayos del sol. Para ello tienes una lente y un espejo plano. ¿Cuál elegirías para encender el fuego, la lente o el espejo plano? Justifica la respuesta.

Test de teorías implícitas(final)

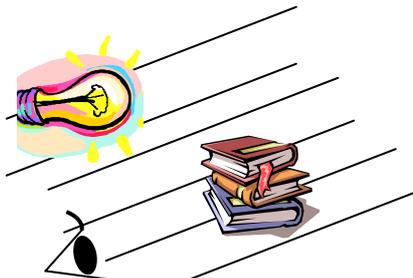
1. - En una habitación, que inicialmente está a oscuras encendemos un farol que ilumina la pared. La situación se representa en la figura ¿Dónde hay luz? : es



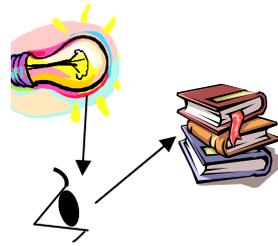
A es el farol, B es el espacio entre el farol y la pared, C la pared, D zona detrás del farol

- a) Hay luz sólo en la zona A
- b) Hay luz sólo en las zonas A y C
- c) Hay luz sólo en las zonas A, B y C
- d) Hay luz en todas partes A, B,

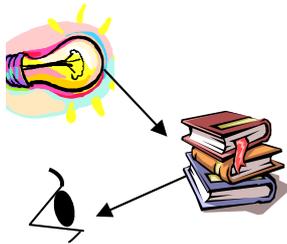
2.- De los siguientes esquemas ¿Cuál crees tú que explica mejor por qué vemos los libros?:



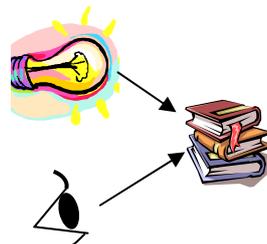
a) La luz de la lámpara llena el espacio



b) El ojo está iluminado por la lámpara y la visión va del ojo a los libros



c) La luz de la lámpara se refleja en los libros y llega a nuestros ojos



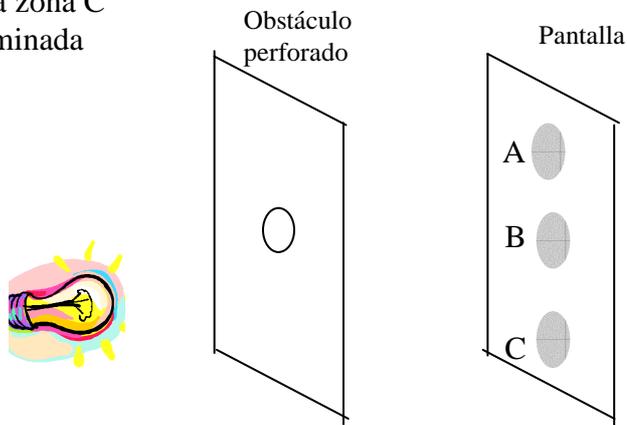
d) La visión va del ojo a los libros que están iluminados por la lámpara

3. - Tenemos una fuente luminosa y un objeto opaco que proyecta una sombra sobre una pantalla ¿Cómo es la sombra del objeto iluminado si cambiamos la fuente luminosa por otra de menor intensidad?

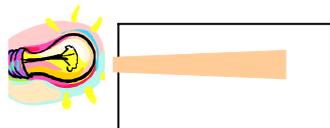
- e) Del mismo tamaño que antes
- f) Más grande que antes
- g) Más pequeña que antes
- h) No lo sé

4. - En la siguiente figura se representa una bombilla, un obstáculo con un orificio y una pantalla. ¿Qué zona de la pantalla estará iluminada?

- i) La zona A
- j) La zona A y la zona B
- k) La zona A, la zona B y la zona C
- l) La pantalla no estará iluminada



5.- Tenemos una caja perfectamente cerrada excepto un pequeño orificio que permite el paso de una haz de luz muy estrecha. Si por una ventanita, practicada en la parte inferior, observamos lo que ocurre dentro ¿cuál de los esquemas siguientes representa lo que vemos?



a)



b)



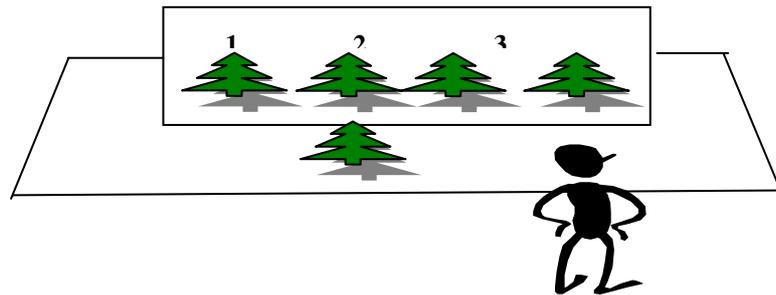
c)



d)

6.- En la figura siguiente, ¿dónde localiza el observador la imagen del árbol en el espejo?:

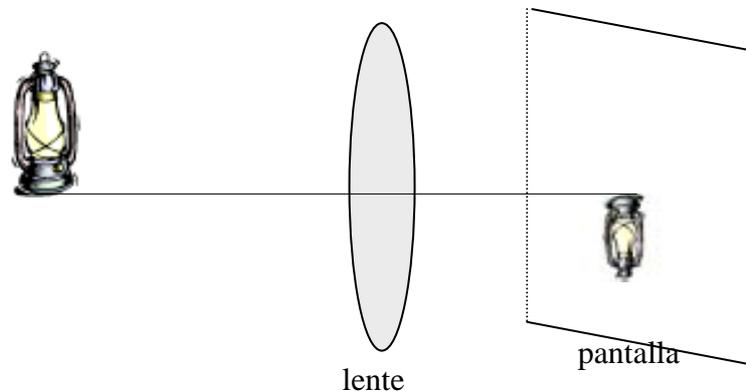
- a) Posición 1, a la izquierda del árbol
- b) Posición 2, frente al árbol
- c) Posición 3, entre el observador y el árbol
- d) Posición 4, frente al observador



7. - La luz del sol al atravesar una lente convergente puede quemar un papel. En este caso se cumple que:

- a) La cantidad de luz que sale de la lente se ha calentado.
- b) La cantidad de luz que sale de la lente es igual que la que llega a la lente
- c) La cantidad de luz que sale de la lente es mayor que la que llega a la lente
- d) La cantidad de luz que sale de la lente es menor que la que llega a la lente

8.- En la figura, entre el farol y la pantalla se coloca una lente convergente de modo que se forma una imagen invertida del farol. Si quitamos la lente:



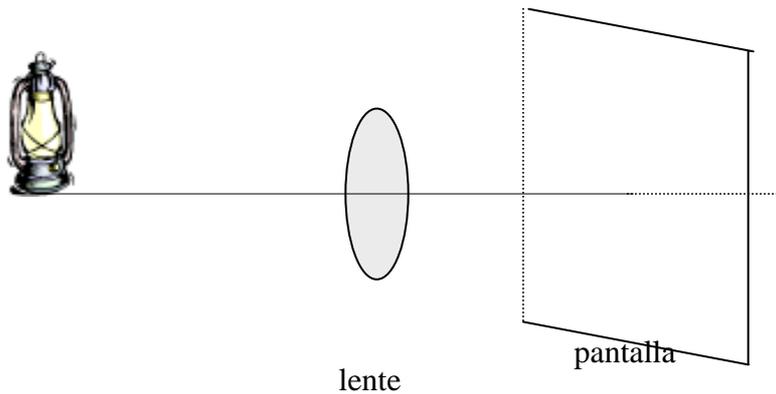
- a) La imagen formada será derecha
- b) La imagen formada será más grande y derecha
- c) La imagen formada será derecha y del mismo tamaño
- d) La imagen no se forma.

9.- En la figura anterior, ¿que ocurrirá si quitamos la la pantalla?

- a) La imagen no se ve, pero sí se forma
- b) La imagen aparece derecha
- c) La imagen aparece más grande
- d) La imagen no se forma

10.-Supongamos que en la figura de la cuestión nº 8, cambiamos la lente por otra de menor tamaño:

- i) no se formará la imagen
- j) se formará una imagen menor que en el caso anterior
- k) se formará sólo la mitad de la imagen
- l) se formará la misma imagen



Test de comprensión (final)

1.- Si un haz de luz que se propaga por un medio homogéneo se encuentra con otro medio distinto, también homogéneo:

- a) El haz que se propagaba en línea recta seguirá propagándose en línea recta sin cambiar la dirección
- b) El haz que se propagaba en línea recta seguirá propagándose en línea recta pero sufrirá un cambio en la dirección
- c) El haz que describía en su trayectoria una curva ondulada seguirá describiendo una curva ondulada, con un cambio de dirección
- d) El haz sigue caminos tortuosos en ambos medios

2.- Un rayo incide en la superficie de separación de dos medios con un ángulo de incidencia de 30° . Supongamos que parte de la energía se refracta y parte se refleja. En estas condiciones se cumple que:

- e) El haz reflejado se reflejará con un ángulo de reflexión de 0°
- f) El haz refractado se refractará con un ángulo de refracción de 30°
- g) El valor del ángulo de refracción dependerá además, del valor del ángulo de incidencia, de los índices de refracción de los dos medios.
- h) El valor del ángulo de reflexión dependerá de los índices de refracción de los dos medios.

3.-¿Cuáles son los enunciados correctos de las leyes de la refracción?

- a) El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano perpendicular a los medios donde se produce y la relación entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción es igual a 1.
- b) El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano paralelo a los medios donde se produce y el ángulo de incidencia y de refracción son iguales
- c) El ángulo de incidencia y de refracción son complementarios
- d) El rayo incidente, el refractado y la normal están en un mismo plano, perpendicular a los medios donde se produce, y la relación entre el seno del ángulo de incidencia y del ángulo de refracción es constante para cada par de medios.

4.- El índice de refracción de una sustancia depende:

- a) Del color de la sustancia
- b) De la rugosidad de la sustancia
- c) De la velocidad de la luz en esa sustancia
- d) De la cantidad de sustancia

5.- Un haz de luz blanca se dispersa cuando:

- a) Se descompone el haz en sus diferentes colores
- b) El haz se refleja en algunas partículas
- c) El haz se refracta, sin cambiar su constitución, en algunas partículas
- d) El haz es absorbido por el medio.

6.-La velocidad de la luz es:

- a) Menor en el aire que en el agua
- b) Menor en el agua que en el aire
- c) Es igual en el aire que en el agua pero distinta en otros medios
- d) Es siempre la misma sea cual sea el medio.

7.- Los sistemas ópticos formados por dos medios transparentes, isótropos y homogéneos, con diferentes índices de refracción, reciben el nombre de:

- a) Lentes
- b) Espejos
- c) Dioptrios
- d) Telescopios

8.-Imagínate que estás mirando la imagen de tu cara en un espejo plano. La imagen será:

- a) Real y simétrica a tu cara respecto del espejo
- b) Real y de mayor tamaño que tu cara
- c) Virtual y más pequeña que tu cara
- d) Virtual y simétrica a tu cara respecto del espejo.

9.- El radio de un espejo esférico es:

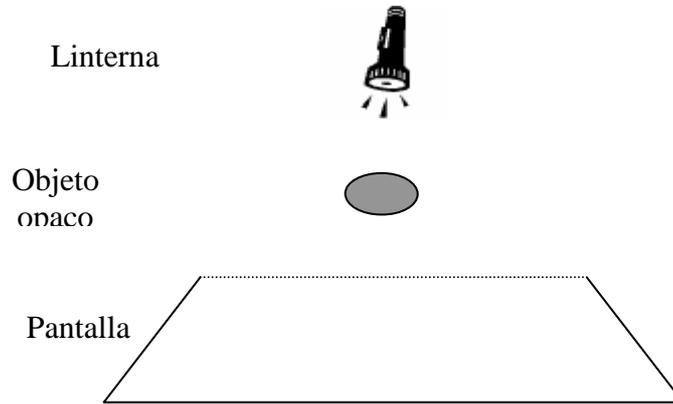
- a) Igual que la distancia focal del espejo
- b) El doble que la distancia focal del espejo
- c) La mitad de la distancia focal del espejo
- d) Igual que la distancia focal del espejo pero con signo contrario

10.- En una lente convergente:

- e) Los haces de luz que llegan paralelos al eje óptico divergen
- f) Forma siempre una imagen real
- g) Forma siempre una imagen virtual
- h) Los haces de luz que llegan a la lente pasando por el foco objeto, salen paralelos

Test de aplicación (final)

1.- Observa la figura y dibuja la sombra y la penumbra que se formaría, sobre la pantalla, al colocar entre la linterna y la pantalla un objeto opaco:



2.- ¿Cómo explicas que un lápiz sumergido parcialmente en un recipiente con agua, parezca doblarse? Representa este hecho gráficamente y señala a qué fenómeno es debido.

3.- En una carretera mojada, por la lluvia, puedes ver los coches reflejados en el asfalto, pero si está seca no. ¿Por qué?

4.- Imagínate que llueve y ha salido el sol. ¿Podrías explicar por qué se forma el arco iris? Justifica la respuesta

5.- ¿Cómo colocarías las letras en el letrero que llevan las ambulancias para poder leer perfectamente el letrero en un espejo?

6.- Observa la canica a través de las paredes de la copa esférica llena de agua. ¿Por qué se ve más grande la canica de lo que en realidad es?



7.- ¿Qué tipo de espejo le recomendarías, al chico del dibujo, para que el afeitado sea perfecto? Justifica tu respuesta



8.- Si miras tu imagen reflejada en la parte exterior de un cazo. ¿Cómo es la imagen? Justifica tu respuesta.

9.- ¿Cómo podrías distinguir una lente convergente de una divergente? Justifica la respuesta.

10.-Un estudiante afirma que puede obtener fuego, en un día soleado, por medio de los rayos de sol y una lente convergente.

Un segundo estudiante afirma que puede conseguir fuego, en un día soleado, por medio de los rayos de sol y un espejo plano. ¿Cuál de los dos estudiantes tiene razón? Razona tu respuesta

Anexo V

En este anexo se presentan los resultados, pretest y postest, obtenidos para cada una de las variables dependientes en que se ha operativizado la calidad del aprendizaje. También se presentan gráficas y tablas que muestran los resultados de algunos de los análisis de varianza realizados para examinar los datos anteriores y deducir las consecuencias oportunas a partir de ellos.

Además se presentan algunos de los documentos que el programa informático LXR-TEST proporciona, tanto para los resultados pretest como para los resultados postest.. El primero de ellos recoge la relación de alumnos y la respuesta que cada uno ha seleccionado para cada ítem, el número de aciertos y el tanto por ciento del total de ítems del test que representa. En el segundo, que como ya hemos dicho en el anexo III llamamos estadístico, se presenta la relación de ítems y el número de veces que ha sido elegida en cada uno de ellos cada una de las diferentes opciones de respuestas ofrecidas; también presenta el Índice de

Facilidad o Destreza (I.D.) y el Índice de Discriminación o Validez (I.V.) de cada ítem.

A) Resultados pretest.

GRUPO	IMPLÍCITAS	COMPRENSIÓN	APLICACIÓN
1	5,00	4,00	,50
1	4,00	4,00	1,00
1	5,00	2,00	1,00
1	6,00	5,00	,50
1	3,00	6,00	,50
1	7,00	7,00	,50
1	7,00	6,00	1,50
1	5,00	5,00	,50
1	3,00	2,00	,00
1	3,00	2,00	,00
1	1,00	6,00	2,50
1	4,00	3,00	,00
1	3,00	6,00	,50
1	2,00	4,00	,00
1	5,00	4,00	2,00
1	6,00	4,00	,50
1	6,00	6,00	2,50
2	3,00	6,00	2,50
2	4,00	4,00	,00
2	3,00	3,00	,00
2	5,00	,00	,50
2	3,00	5,00	1,00
2	5,00	4,00	,50
2	4,00	2,00	,50
2	3,00	5,00	,50
2	4,00	4,00	,50
2	4,00	4,00	1,00
2	7,00	5,00	2,50
2	3,00	5,00	,50
2	4,00	3,00	,50
2	7,00	4,00	1,00
2	4,00	6,00	1,00
2	3,00	2,00	,00
2	8,00	2,00	1,50
2	5,00	3,00	,50

2	3,00	3,00	,00
2	6,00	5,00	1,50
2	7,00	5,00	2,50
2	4,00	5,00	1,00
2	3,00	2,00	,00
2	3,00	3,00	2,00
2	7,00	5,00	1,50
2	4,00	,00	,50
2	3,00	3,00	,50
2	5,00	5,00	1,50
2	3,00	3,00	1,50
2	7,00	1,00	,50
2	5,00	7,00	1,50
2	5,00	4,00	1,00
2	5,00	3,00	,00
2	1,00	3,00	,50
2	2,00	5,00	,00
2	7,00	7,00	2,00
2	6,00	8,00	1,50
2	7,00	7,00	3,00
2	4,00	5,00	2,00
3	5,00	5,00	1,50
3	6,00	5,00	2,00
3	4,00	4,00	,50
3	7,00	4,00	2,50
3	8,00	3,00	1,00
3	5,00	7,00	3,50
3	4,00	3,00	,50
3	4,00	3,00	,50
3	3,00	2,00	2,00
3	4,00	3,00	2,50
3	5,00	3,00	,00
3	3,00	4,00	,50
3	3,00	5,00	2,00
3	3,00	3,00	1,00
3	3,00	5,00	1,00
3	4,00	5,00	,50
3	5,00	4,00	,00
3	5,00	1,00	,00
3	5,00	3,00	1,00
3	5,00	2,00	,50
3	4,00	5,00	,50
3	5,00	5,00	3,00
3	7,00	6,00	2,50

3	6,00	6,00	2,50
3	6,00	2,00	,50
3	6,00	5,00	1,50
3	5,00	4,00	2,00
3	6,00	5,00	2,00
3	6,00	7,00	,00
3	4,00	2,00	1,50
3	6,00	5,00	2,00
3	5,00	5,00	3,50
3	5,00	2,00	1,50
3	7,00	6,00	1,50
3	3,00	2,00	,50
4	7,00	4,00	1,00
4	9,00	4,00	2,00
4	5,00	3,00	1,50
4	4,00	3,00	1,50
4	6,00	4,00	3,00
4	5,00	4,00	1,50
4	5,00	5,00	1,50
4	5,00	1,00	1,00
4	7,00	5,00	3,50
4	5,00	2,00	2,00
4	7,00	3,00	1,50
4	5,00	4,00	1,50
4	5,00	7,00	1,00
4	6,00	3,00	1,00
4	8,00	3,00	1,00
4	7,00	1,00	2,50
4	5,00	5,00	,00
4	6,00	2,00	2,50
5	1,00	4,00	1,00
5	7,00	6,00	1,00
5	5,00	3,00	1,00
5	5,00	5,00	,00
5	6,00	6,00	2,50
5	6,00	4,00	1,50
5	5,00	3,00	1,00
5	1,00	4,00	1,00
5	3,00	5,00	1,00
5	7,00	4,00	,50
5	4,00	4,00	,50
5	7,00	6,00	1,50
5	5,00	3,00	,50
5	3,00	2,00	,50

5	6,00	3,00	2,00
6	1,00	1,00	1,00
6	5,00	5,00	1,00
6	4,00	4,00	,50
6	7,00	1,00	1,50
6	4,00	4,00	1,50
6	3,00	5,00	1,00
6	5,00	4,00	1,50
6	2,00	3,00	1,50
6	4,00	3,00	1,00
6	7,00	5,00	1,50
6	8,00	5,00	1,50
6	6,00	5,00	,50
6	5,00	4,00	1,00
6	5,00	5,00	2,00
6	6,00	6,00	1,50
6	7,00	5,00	2,50
6	7,00	4,00	2,00
6	6,00	5,00	1,50
6	8,00	4,00	2,00
6	4,00	5,00	,50
6	2,00	5,00	,50
6	5,00	6,00	1,00
6	6,00	5,00	1,00
7	6,00	2,00	1,50
7	5,00	3,00	1,50
7	6,00	5,00	2,00
7	2,00	5,00	1,00
7	6,00	6,00	1,50
7	7,00	5,00	2,50
7	3,00	1,00	,50
7	3,00	5,00	2,00
7	5,00	6,00	1,50
7	7,00	4,00	2,00
7	4,00	3,00	,00
7	4,00	5,00	2,00
7	6,00	6,00	2,50
7	5,00	6,00	2,50
7	4,00	6,00	1,50
7	5,00	6,00	,00
7	3,00	5,00	1,00
7	3,00	5,00	,50
7	7,00	7,00	2,00
7	3,00	3,00	,50

7	3,00	6,00	,50
7	1,00	5,00	,50
7	4,00	6,00	,00
7	8,00	5,00	1,50
7	3,00	4,00	1,00
7	6,00	4,00	2,00
7	5,00	4,00	,50
7	5,00	6,00	2,50
7	6,00	5,00	2,00
7	6,00	4,00	,50
7	7,00	6,00	2,50
7	8,00	7,00	1,50
8	7,00	5,00	1,00
8	8,00	3,00	,50
8	8,00	3,00	2,00
8	4,00	4,00	,50
8	7,00	5,00	2,50
8	3,00	1,00	,00
8	4,00	6,00	1,00
8	2,00	1,00	,50
8	4,00	4,00	1,00
8	4,00	3,00	,00
8	6,00	2,00	2,50
8	7,00	8,00	5,00
8	3,00	5,00	,50
8	6,00	7,00	2,00
8	5,00	6,00	3,50
8	6,00	5,00	,50
8	4,00	4,00	1,00
8	3,00	3,00	1,00
8	6,00	4,00	1,50
8	4,00	3,00	,50
8	,00	3,00	1,00
8	2,00	3,00	1,00
8	4,00	5,00	,00

Test Name:	teoriasimplicitas1	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10																	
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0							
41	G2	0	3	30.0	D	C	A	D	C	C	A	D	B	A							
42	G2	0	7	70.0	D	D	C	B	D	C	C	C	B	D							
43	G2	0	4	40.0	D	D	B	D	A	B	B	B	A								
44	G2	0	3	30.0	D	B	A	B	D	D	A	B	B	A							
45	G2	0	5	50.0	D	D	C	A	D	B	D	A	A	C							
46	G2	0	3	30.0	C	C	B	C	D	B	C	D	A	A							
47	G2	0	7	70.0	D	D	C	C	D	C	A	C	B	D							
48	G2R	0	5	50.0	D	D	A	B	D	B	A	B	B	B							
49	G2R	0	5	50.0	D	D	C	C	C	B	D	D	B	C							
50	G2R	0	5	50.0	C	D	C	A	D	D	B	A	B	D							
51	G2R	0	1	10.0	B	A	A	A	D	B	A	C	D	C							
52	G2R	0	2	20.0	C	A	A	C	C	D	A	D	B	D							
53	G2R	0	7	70.0	D	D	B	C	D	C	C	D	B	A							
54	G2R	0	6	60.0	D	A	C	B	D	C	A	A	B	D							
55	G2R	0	7	70.0	D	D	C	C	D	B	C	D	B	A							
56	G2R	0	4	40.0	D	A	A	D	C	C	A	A	B	A							
57	G5	0	1	10.0	C	B	B	C	D	D	B	B	A								
58	G5	0	7	70.0	A	D	C	C	D	C	D	B	B	B							
59	G5	0	5	50.0	D	A	C	D	C	B	C	D	B	B							
60	G5	0	5	50.0	D	A	C	C	D	D	C	D	C	A							
61	G5	0	6	60.0	D	D	C	D	D	C	A	A	A	A							
62	G5	0	6	60.0	D	D	C	D	D	D	B	A	B	A							
63	G5	0	6	60.0	C	C	C	C	C	C	C	C	B	B							
64	G5	0	1	10.0	B	C	A	B	C	D	D	B	B	D							
65	G5	0	3	30.0	D	D	C	B	C	B	D	D	D	C							
66	G5	0	7	70.0	D	D	B	D	D	D	C	A	B	B							
67	G5	0	4	40.0	D	D	A	C	C	D	A	B	B	A							
68	G5	0	7	70.0	D	D	C	B	D	D	C	A	B	D							
69	G5	0	5	50.0	D	D	C	D	C	A	A	A	B								
70	G5	0	3	30.0	D	D	B	B	C	B	B	C	B	D							
71	G5	0	6	60.0	D	D	C	C	D	B	A	C	B	A							
72	G6	0	1	10.0	D	A	A	B	C	D	A	D	A	D							
73	G6	0	5	50.0	D	D	B	C	C	C	A	D	B	D							
74	G6	0	4	40.0	D	D	B	B	D	D	A	C	B	A							
75	G6	0	7	70.0	D	C	C	D	C	C	B										
76	G6	0	4	40.0	D	B	B	C	D	D	C	D	C	A							
77	G6	0	3	30.0	A	D	B	B	D	B	A	D	B	A							
78	G6	0	5	50.0	D	D	C	C	C	D	C	D	C	A							
79	G6	0	2	20.0	C	A	B	B	D	D	C	B	D	A							

Test Name:	teoriasimplicitas1	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	<?>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0				
80	G6	0	4	40.0		D	D	A	B	D	D	A	A	A	D				
81	G6	0	7	70.0		C	D	C	C	D	D	C	A	B	A				
82	G6	0	8	80.0		D	D	C	D	D	C	C	A	B	A				
83	G6	0	6	60.0		D	D	C	D	D	D	C	D	B	A				
84	G6	0	5	50.0		D	D	B	C	D	D	D	A	D	C				
85	G6	0	5	50.0		A	C	C	B	D	B	C	A	B	D				
86	G6	0	6	60.0		D	D	A	C	D	B	D	A	B	C				
87	G6	0	7	70.0		D	D	A	C	D	C	C	B	A	B				
88	G6	0	7	70.0		D	D	A	C	D	D	C	A	B	A				
89	G6	0	6	60.0		D	C	A	C	D	C	C	D	B	A				
90	G6	0	8	80.0		D	D	C	C	D	C	C	B	B	A				
91	G6R	0	4	40.0		D	B	C	C	C	D	A	B	B	A				
92	G6R	0	2	20.0		D	C	B	B	D	D	A	D	D	A				
93	G6R	0	5	50.0		D	A	C	C	A	D	C	B	B	A				
94	G6R	0	6	60.0		D	D	C	D	D	C	B	D	B	A				
95	G7	0	6	60.0		D	D	C	B	D	D	A	A	B	D				
96	G7	0	5	50.0		D	D	A	B	D	B	C	B	B					
97	G7	0	6	60.0		B	C	C	C	D	C	C	D	B	A				
98	G7	0	2	20.0		C	C	C	C	C	D	B	B	C	A				
99	G7	0	6	60.0		D	D	C	B	D	C	C	B	D	A				
100	G7	0	7	70.0		D	D	C	B	D	B	C	A	B	C				
101	G7	0	3	30.0		D	C	C	B	C	B	A	C	B	A				
102	G7	0	3	30.0		D	A	B	B	C	C	A	D	B	D				
103	G7	0	5	50.0		C	D	C	C	D	D	A	B	B	C				
104	G7	0	7	70.0		D	D	C	B	A	C	C	A	B	D				
105	G7	0	4	40.0		D	D	C	C	C	B	C	C	A					
106	G7	0	4	40.0		C	D	A	B	D	C	A	B	B	A				
107	G7	0	6	60.0		D	D	C	B	D	C	A	D	B	A				
108	G7	0	5	50.0		D	A	C	B	D	C	C	D	D	C				
109	G7	0	4	40.0		D	C	A	D	D	C	A	D	B	A				
110	G7	0	5	50.0		D	D	B	B	D	C	D	A	A	A				
111	G7	0	3	30.0		D	C	B	C	C	A	A	B	B	C				
112	G7	0	3	30.0		C	B	B	C	D	C	D	D	A	A				
113	G7	0	7	70.0		D	B	C	D	D	C	C	A	B	A				
114	G7	0	3	30.0		D	B	A	C	C	D	A	B	B	A				
115	G7	0	3	30.0		A	B	C	B	C	B	A	D	B	B				
116	G7	0	1	10.0		C	C	C	B	C	B	B	C	D	D				
117	G7	0	4	40.0		C	D	C	B	D	D	A	D	B	A				
118	G7	0	8	80.0		D	D	C	C	D	C	C	D	B	A				

Test Name:	teoriasimplicitas1	Ver-	Cor-	Maximum Score: 18														
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0				
158	G3	0	5	50.0	D	C	C	D	D	B	C	C	B	D				
159	G3	0	5	50.0	D	A	A	C	D	D	C	D	B	C				
160	G3	0	7	70.0	D	B	C	B	D	C	C	A	B	A				
161	G3	0	3	30.0	B	C	A	D	D	C	A	D	B	A				
162	G4	0	7	70.0	D	D	C	C	D	D	C	B	B	A				
163	G4	0	9	90.0	D	D	C	C	D	C	C	A	B	D				
164	G4	0	5	50.0	D	A	C	C	D	D	C	D	C	A				
165	G4	0	4	40.0	D	A	A	C	D	B	C	D	A	A				
166	G4	0	6	60.0	D	C	C	D	C	C	A							
167	G4	0	5	50.0	D	D		B	D	C	A	D	B	D				
168	G4	0	5	50.0	D	D	A	B	D	C	A	D	B	A				
169	G4	0	5	50.0	D	A	C	D	D	C	B							
170	G4	0	7	70.0	D	D	C	C	D	C	D	B	A					
171	G4	0	5	50.0	D	D	A	B	D	B	C	A	D	A				
172	G4	0	7	70.0	D	D	A	C	D	D	C	A	B	D				
173	G4	0	5	50.0	D	D	A	C	D	B	B	D	B	D				
174	G4	0	5	50.0	D	D	A	B	D	B	C	C	B	A				
175	G4	0	6	60.0	D	C	C	B	D	B	C	A	B	A				
176	G4	0	8	80.0	D	D	C	C	D	C	C	D	B	A				
177	G4	0	7	70.0	A	D	C	C	D	B	C	B	B	B				
178	G4	0	5	50.0	D	D	B	C	D	C	B	B	A	A				
179	G4	0	6	60.0	A	D	C	C	D	C	A	D	B					
180	G8	0	7	70.0	D	D	C	D	A	C	D	B	C					
181	G8	0	8	80.0	D	D	C	C	D	B	C	A	B	D				
182	G8	0	8	80.0	D	D	C	C	D	C	C	A	A	D				
183	G8	0	4	40.0	D	A	C	D	C	C	A	A	D	D				
184	G8	0	7	70.0	D	D	C	C	C	C	C	D	B	C				
185	G8	0	3	30.0	D	C	C	B	C	B	C	B	A	A				
186	G8	0	4	40.0	D	A	A	B	D	C	A	D	B	A				
187	G8	0	2	20.0	D	C	B	B	C	A	C	B	A	D				
188	G8	0	4	40.0	D	A	A	B	C	C	C	D	B	A				
189	G8	0	4	40.0	D	D	A	B	C	D	C	D	B	A				
190	G8	0	6	60.0	D	D	C	D	D	D	A	A	B	D				
191	G8	0	7	70.0	D	D	C	C	D	C	C	D	C	A				
192	G8	0	3	30.0	B	D	A	C	C	C	A	D	C	C				
193	G8	0	6	60.0	D	D	C	C	D	C	A	D	A	A				
194	G8	0	5	50.0	D	D	C	B	C	C	C	B	D	A				
195	G8	0	6	60.0	D	A	C	C	D	B	A	A	B	A				
196	G8	0	4	40.0	D	D	C	D	C	B	C	C	A	A				

Test Name:	teoriasimplicitas1	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10														
Student ID	Student Name	sion	rect	%	<?>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
197	G8	0	3	30.0		D	C	C	B	C	D	A	D	B	A			
198	G8	0	6	60.0		A	D	C	B	D	B	C	B	B	B			
199	G8	0	4	40.0		C	C	B	C	D	C	A	A	C	A			
200	G8	0	0	0.0		C	C	D	D	C	D	A	C	A	D			
201	G8	0	2	20.0		A	C	B	B	D	B	D	B	B	C			
202	G8	0	4	40.0		D	C	A	D	C	C	A	D	B	B			

A2) Estadístico.

Question	D. I.	D. I.	Alt A	Alt B	Alt C	Alt D	Alt E	Alt F
1	71.8	0.46	12	12	29	145	0	0
2	60.9	0.54	21	13	45	123	0	0
3	50.5	0.60	62	30	102	3	0	0
4	43.6	0.44	5	70	88	38	0	0
5	68.3	0.40	4	2	58	138	0	0
6	40.6	0.42	7	49	82	61	0	0
7	44.6	0.64	71	14	90	24	0	0
8	27.2	0.40	55	44	24	74	0	0
9	69.3	0.42	33	140	14	15	0	0
10	9.4	0.10	109	19	24	41	0	0

A3) Resultados pretest para la variable comprensión.

Test Name:	COMPRENSIONT	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	«?»	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0				
1	G1	0	4	40.0		C	C	B	A	A	D	B	D	D	A				
2	G1	0	4	40.0		C	B	B	C	C	B	B	C	B	A				
3	G1	0	2	20.0	«»	A	B	D	C	A					A	A	A		
4	G1	0	5	50.0		C	B	D	C	B	D	B	A	C	C				
5	G1	0	6	60.0	«»	C	A	C	B	D	D	B	C						
6	G1	0	7	70.0		B	C	C	C	A	D	B	C	C	C				
7	G1	0	6	60.0		C	D	B	C	A	D	B	C	B	A				
8	G1	0	5	50.0	«»	C	A	A	B	D	D	B	C		C				
9	G1	0	2	20.0	«»	B	B	C	A					B	C				
10	G1	0	2	20.0		D	C	B	A	B	B	C	C	A	D				
11	G1	0	6	60.0	«»	C	A	B	C	A	B	B	C		C				
12	G1	0	3	30.0	«»	B	A	B	A	C	D	B	A						
13	G1	0	6	60.0		C	D	B	C	A	D	B	D	A	D				
14	G1	0	4	40.0	«»	C	A			D	D	B	B	C	B	C			
15	G1R	0	4	40.0		B	C	B	C	D	C	B	C	C	C				
16	G1R	0	4	40.0	«»	C	C	C	C	C	A	C							
17	G1R	0	6	60.0	«»	C	C	C	B	A	D	B	B	B	D				
18	G2	0	6	60.0	«»	C	A	A	A	A	D	B	C	A					
19	G2	0	4	40.0	«»	B	C		A	A	B	A	C	C	D				
20	G2	0	3	30.0	«»	C	A		D	A	B	C	D						
21	G2	0	0	0.0	«»	B	B		A	B	D								
22	G2	0	5	50.0	«»	D	A		B	A	D	B	C						
23	G2	0	4	40.0		C	C	D	A	A	B	B	C	A	B				
24	G2	0	2	20.0	«»	B	B	D	A	A	D		D						
25	G2	0	5	50.0		C	B	B	C	A	D	B	D	D	B				
26	G2	0	4	40.0	«»	C	D		C	D	C	D	C	C					
27	G2	0	4	40.0	«»	A	B	D	C	D	B	B	C	D					
28	G2	0	5	50.0	«»	C	D	B	C	C	D	B	C						
29	G2	0	5	50.0	«»	C	A		A	A	B	B	C		C				
30	G2	0	3	30.0	«»	C			C	B	B	C	B						
31	G2	0	4	40.0		C	D	D	A	C	B	B	C	D	D				
32	G2	0	6	60.0		C	C	C	C	A	D	C	A	C	C				
33	G2	0	2	20.0	«»	C				B	A	C	B						
34	G2	0	2	20.0	«»	C		D	B	A	B	C	A						
35	G2	0	3	30.0		B	C	C	D	A	B	C	C	B	C				
36	G2	0	3	30.0		A	C	B	C	A	C	D	B	B	D				
37	G2	0	5	50.0		C	C	B	A	A	D	B	C	A	C				
38	G2	0	5	50.0		C	A	B	A	A	B	B	C	A	A				
39	G2	0	5	50.0		C	B	D	B	A	B	B	C	C	A				
40	G2	0	2	20.0	«»	B			A	D		B							

Test Name:	COMPRENSIONT	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10																
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0						
41	G2	0	3	30.0	→	C	A				D	C	D	C						
42	G2	0	5	50.0	→	C		C	A	A		B	C	B						
43	G2	0	0	0.0	→															
44	G2	0	3	30.0		C	C	B	D	A	A	C	A	B	D					
45	G2	0	5	50.0	→	C	D	B	B	A	D	B	C	B						
46	G2	0	3	30.0	→	C	D			C	C	B	B	D						A
47	G2	0	1	10.0	→						D	C	B	B	D	D				
48	G2R	0	7	70.0		C	B	C	C	A	D	B	C	B	C					
49	G2R	0	4	40.0		B	C	B	B	A	D	B	C	B	C					
50	G2R	0	3	30.0	→	C	D	B	D	A	B	B	A							A
51	G2R	0	3	30.0		C	B	A	D	C	D	B	D	B	C					
52	G2R	0	5	50.0		C	B	B	C	A	D	A	C	A	C					
53	G2R	0	7	70.0		C	D	C	C	A	D	A	C	C	C					
54	G2R	0	8	80.0		C	A	C	D	A	D	B	C	D	D					
55	G2R	0	7	70.0		C	C	C	C	A	D	B	C	A	C					
56	G2R	0	5	50.0	→	C	C		C	A	C	B	C	D	A					
57	G5	0	4	40.0		D	D	A	C	A	D	C	C	B	C					
58	G5	0	6	60.0		C	D	C	C	A	C	D	C	C	A					
59	G5	0	3	30.0	→	A			B	A	D		C	A	A					
60	G5	0	5	50.0		B	B	B	D	A	D	B	C	C	A					
61	G5	0	6	60.0		B	A	B	C	A	D	B	C	B	A					
62	G5	0	4	40.0		B	A	B	B	B	D	B	C	D	A					
63	G5	0	3	30.0		C	C	A	B	B	C	B	B	C	C					
64	G5	0	4	40.0	→	C	B	B	C	C	B		C	B	D					
65	G5	0	5	50.0		C	C	C	B	A	C	C	C	C	A					
66	G5	0	4	40.0		B	A	A	B	A	D	C	C	A	C					
67	G5	0	4	40.0		C	D	B	B	A	B	B	A	B	D					
68	G5	0	6	60.0		C	B	B	C	A	C	B	C	C	A					
69	G5	0	3	30.0		D	A	B	D	B	D	B	A	B	A					
70	G5	0	2	20.0	→	A	D	B	D		B	B	C	D	A					
71	G5	0	3	30.0		D	A	A	D	B	A	B	C	D	A					
72	G6	0	1	10.0	→	C														
73	G6	0	5	50.0		C	D	B	C	B	B	B	C	A	D					
74	G6	0	4	40.0		C	B	B	A	A	D	C	C	A	C					
75	G6	0	1	10.0	→							B	C	A						
76	G6	0	4	40.0	→	C	B			A	A	D	B	D	C					
77	G6	0	5	50.0		C	C	C	A	D	D	B	C	B	A					
78	G6	0	4	40.0	→	C	C			B	B	B	B	C	D	D				
79	G6	0	3	30.0	→	D	D			A	B	B	C	C						

Test Name:	COMPRENSIONT	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10											
Student ID	Student Name	sion	rect	%	<?>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	G6	0	3	30.0		B	C	B	C	A	A	C	D	A	D
81	G6	0	5	50.0	<?>	C	A		B	A	C	B	C	A	C
82	G6	0	5	50.0	<?>	C	C	C	B		D	B	C	B	A
83	G6	0	5	50.0	<?>	A	B	D		A	D	B	A	C	D
84	G6	0	4	40.0		D	C	C	B	A	B	B	C	B	C
85	G6	0	5	50.0		C	C	C	A	A	B	B	C	B	A
86	G6	0	6	60.0	<?>	C	C	C		A	D	B	B	C	C
87	G6	0	5	50.0		B	C	D	C	B	D	B	C	B	D
88	G6	0	4	40.0		B	D	B	A	A	D	B	C	A	C
89	G6	0	5	50.0		B	C	C	D	A	D	B	C	B	A
90	G6	0	4	40.0	<?>		A	A	D	B	C	D	A		
91	G6R	0	5	50.0		C	C	B	C	A	D	B	A	D	A
92	G6R	0	5	50.0		D	C	C	D	A	D	C	C	A	D
93	G6R	0	6	60.0		B	C	C	B	A	D	B	C	D	D
94	G6R	0	5	50.0		C	C	B	B	A	B	C	C	C	D
95	G7	0	2	20.0		B	D	A	A	B	B	B	C	B	A
96	G7	0	3	30.0	<?>	D	C	C		B	D				
97	G7	0	5	50.0		B	D	C	C	A	B	B	C	D	A
98	G7	0	5	50.0		C	A	C	D	B	D	C	C	B	A
99	G7	0	6	60.0		B	D	C	C	A	D	B	C	B	A
100	G7	0	5	50.0		C	D	C	C	C	D	B	A	A	C
101	G7	0	1	10.0	<?>	A				A	B				
102	G7	0	5	50.0		C	D	C	D	A	D	C	C	D	A
103	G7	0	6	60.0		C	D	B	C	A	D	B	C	B	A
104	G7	0	4	40.0		C	D	B	A	A	B	B	C	D	A
105	G7	0	3	30.0		B	C	A	D	A	B	B	D	A	D
106	G7	0	5	50.0	<?>	C	A	B		A	D	B	A	B	A
107	G7	0	6	60.0		C	D	C	C	A	D	B	A	A	C
108	G7	0	6	60.0	<?>	B	D	C	C	A	D	B	C		A
109	G7	0	6	60.0		B	D	C	C	A	D	B	A	A	D
110	G7	0	6	60.0	<?>	C	D	B	C	A	D	B	A		D
111	G7	0	5	50.0	<?>	C	A	B	A	A	B	B	C		C
112	G7	0	5	50.0	<?>	C	C	C	C		A	B	C		C
113	G7	0	7	70.0	<?>	B	A	C	C	A	D	B	A		D
114	G7	0	3	30.0	<?>		C		A	D	A	A		B	
115	G7	0	6	60.0		C	A	C	C	C	D	C	A	C	C
116	G7	0	5	50.0		B	B	C	C	D	B	B	C	A	D
117	G7	0	6	60.0		D	C	C	A	A	D	B	C	B	D
118	G7	0	5	50.0		B	D	D	C	A	D	B	C	D	A

Test Name:	COMPRENSIONT	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
158	G3	0	5	50.0	C	C	A	C	A	D	B	B	B	C					
159	G3	0	2	20.0	→	B		B	B	D	B	A							
160	G3	0	6	60.0	→	C	B		C	A	D		C		D				
161	G3	0	2	20.0		C	B	D	A	D	B	B	A	B	C				
162	G4	0	4	40.0	→	B		B	A	A	D	B	C		C				
163	G4	0	4	40.0	→	C		A		D	B	C		A					
164	G4	0	3	30.0		B	B	D	A	A	D	C	C	A	B				
165	G4	0	3	30.0	→	B		A	A	B	B	C							
166	G4	0	4	40.0		C	D	B	D	A	B	B	C	A	C				
167	G4	0	4	40.0		C	C	D	B	A	D	C	C	D	B				
168	G4	0	5	50.0		B	B	C	C	A	C	B	A	B	D				
169	G4	0	1	10.0	→	A	D	D		A				D					
170	G4	0	5	50.0	→	D	B	C	B	D	B	C		D					
171	G4	0	2	20.0	→	A	B	B	D	A	B		A						
172	G4	0	3	30.0	→	A	B	D	A	B	B	B							
173	G4	0	4	40.0	→	B		A	D	B	C		A						
174	G4	0	7	70.0		B	A	C	C	A	D	B	A	D	D				
175	G4	0	3	30.0	→	C	B		C	A	C	C							
176	G4	0	3	30.0	→	B	A		B	A	D								
177	G4	0	1	10.0	→	C													
178	G4	0	5	50.0	→	B		B	A	A	D	B	A	C	D				
179	G4	0	2	20.0	→	B		A	C	D	A	C	B	C					
180	G8	0	5	50.0		C	A	C	B	A	D	C	A	B	C				
181	G8	0	3	30.0		B	D	D	C	A	B	B	D	A	B				
182	G8	0	3	30.0		C	D	B	A	A	B	B	B	A	B				
183	G8	0	4	40.0		D	B	C	A	A	C	C	C	C	C				
184	G8	0	5	50.0		C	D	C	B	C	D	B	B	D	D				
185	G8	0	1	10.0	→	B	B		A	A	A	C	A	B	A				
186	G8	0	6	60.0		C	D	C	A	A	B	B	C	C	A				
187	G8	0	1	10.0	→	B				D	B		C						
188	G8	0	4	40.0		C	D	C	A	A	B	B	D	B	A				
189	G8	0	3	30.0	→	D	C		B	A	D	C	C						
190	G8	0	2	20.0	→	A	D		D	B	B	C							
191	G8	0	8	80.0		C	C	C	C	A	D	B	C	C	A				
192	G8	0	5	50.0		C	B	C	C	C	B	B	A	C	A				
193	G8	0	7	70.0		C	D	C	C	A	D	B	C	D	C				
194	G8	0	6	60.0		A	D	C	C	B	D	B	C	D	D				
195	G8	0	5	50.0	→	B	D		D	A	B	B	C	C	D				
196	G8	0	4	40.0	→	C		C	A	B	B	A		C					

Test Name:	COMPRENSIONT	Der-	Cor-	Maximum Score: 10														
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0				
197	G8	0	3	30.0	C													
198	G8	0	4	40.0	A	D	C	A	A	B	B	C						
199	G8	0	3	30.0	B	B	B	B	B	A	B	C	A	D				
200	G8	0	3	30.0	D	D	B	D	D	A	B	A	C	D				
201	G8	0	3	30.0	C	D	D	B	B	B	C	B	C					
202	G8	0	5	50.0	C	D	C	C	D	B	A	A	D					

A4) Estadístico.

Question	D. I.	U. I.	Alt A	Alt B	Alt C	Alt D	Alt E	Alt F
1	50.0	0.42	19	53	101	13	0	0
2	16.8	0.16	34	36	51	49	0	0
3	29.7	0.60	16	56	60	24	0	0
4	40.1	0.46	44	34	81	24	0	0
5	64.4	0.42	130	20	21	13	0	0
6	50.0	0.44	11	65	16	101	0	0
7	70.8	0.42	9	143	26	4	0	0
8	59.4	0.40	39	15	120	20	0	0
9	13.9	0.30	35	42	28	28	0	0
10	23.8	0.28	61	14	49	48	0	0

B) Resultados posttest.

GRUPO	IMPLÍCITAS	COMPRESNSIÓN	APLICACIÓN
1	5,00	4,00	1,00
1	6,00	9,00	6,50
1	8,00	10,00	6,00
1	8,00	9,00	3,75
1	7,00	9,00	3,00
1	3,00	5,00	2,75
1	5,00	5,00	3,25
1	8,00	9,00	2,00
1	7,00	6,00	2,75
1	9,00	9,00	1,75
1	6,00	8,00	2,75
1	8,00	9,00	6,25
1	5,00	6,00	1,00
1	5,00	7,00	2,75
1	5,00	5,00	1,50
1	8,00	5,00	3,25
2	6,00	8,00	4,25
2	7,00	6,00	2,75
2	8,00	6,00	4,50
2	8,00	6,00	6,00
2	8,00	8,00	2,00
2	7,00	8,00	2,75
2	7,00	6,00	4,75
2	8,00	7,00	5,50
2	5,00	8,00	1,50
2	4,00	3,00	2,00
2	5,00	4,00	2,00
2	6,00	7,00	6,00
2	6,00	9,00	5,75
2	4,00	8,00	,25
2	8,00	10,00	7,25
2	9,00	5,00	5,50
2	3,00	5,00	4,00
2	5,00	2,00	3,00
2	8,00	5,00	5,25
2	5,00	8,00	3,25
2	6,00	5,00	3,50
2	4,00	6,00	4,75
2	6,00	7,00	2,25

2	5,00	6,00	4,25
2	9,00	7,00	4,50
2	8,00	7,00	4,50
2	6,00	6,00	1,50
2	7,00	1,00	3,50
2	6,00	5,00	2,00
2	8,00	7,00	2,00
2	5,00	5,00	2,75
2	8,00	10,00	6,00
2	8,00	6,00	4,00
2	8,00	10,00	4,25
2	8,00	7,00	2,75
2	8,00	6,00	5,25
2	6,00	6,00	3,50
3	6,00	9,00	4,75
3	7,00	4,00	4,50
3	6,00	4,00	1,00
3	4,00	4,00	2,75
3	3,00	2,00	1,50
3	3,00	6,00	2,50
3	7,00	6,00	4,00
3	6,00	3,00	3,75
3	7,00	7,00	2,75
3	8,00	8,00	3,50
3	7,00	7,00	3,00
3	5,00	5,00	1,00
3	7,00	9,00	2,50
3	2,00	4,00	2,25
3	5,00	4,00	3,50
3	4,00	6,00	,00
3	7,00	7,00	1,00
3	4,00	4,00	4,25
3	8,00	3,00	3,00
3	4,00	8,00	4,25
3	6,00	6,00	1,50
3	7,00	9,00	5,50
3	7,00	8,00	4,25
3	3,00	4,00	,50
3	7,00	5,00	2,75
3	6,00	4,00	2,75
3	4,00	1,00	1,00
3	3,00	6,00	1,00
3	5,00	7,00	2,00
3	5,00	2,00	1,00

3	8,00	8,00	2,50
3	8,00	3,00	1,00
3	4,00	9,00	5,25
3	6,00	8,00	2,25
3	5,00	3,00	1,00
4	7,00	3,00	1,00
4	7,00	8,00	6,00
4	9,00	8,00	4,50
4	7,00	6,00	5,00
4	8,00	4,00	4,50
4	7,00	5,00	4,00
4	7,00	9,00	8,00
4	4,00	3,00	3,50
4	7,00	7,00	3,25
4	7,00	8,00	6,00
4	6,00	7,00	4,00
4	6,00	7,00	5,25
4	6,00	6,00	4,00
4	8,00	7,00	3,75
4	6,00	8,00	3,00
4	6,00	8,00	3,50
4	7,00	8,00	3,50
5	2,00	5,00	,50
5	6,00	3,00	1,00
5	6,00	6,00	,50
5	8,00	6,00	2,00
5	7,00	8,00	,00
5	5,00	4,00	2,00
5	3,00	4,00	,50
5	6,00	6,00	3,00
5	3,00	2,00	1,50
5	6,00	3,00	1,00
5	6,00	5,00	1,50
5	4,00	5,00	1,75
5	6,00	5,00	2,00
5	2,00	5,00	,00
5	4,00	6,00	3,00
6	4,00	6,00	3,50
6	4,00	6,00	3,00
6	1,00	6,00	1,50
6	6,00	3,00	1,00
6	5,00	2,00	1,50
6	5,00	6,00	3,50
6	4,00	5,00	3,00

6	7,00	6,00	3,25
6	6,00	6,00	3,25
6	6,00	2,00	3,00
6	3,00	3,00	,50
6	6,00	7,00	4,00
6	7,00	7,00	2,50
6	4,00	6,00	1,25
6	3,00	4,00	3,00
6	5,00	5,00	3,00
6	4,00	5,00	2,00
6	8,00	4,00	2,50
6	2,00	3,00	,50
6	3,00	2,00	,75
6	5,00	5,00	1,50
6	8,00	5,00	,50
6	3,00	5,00	2,00
6	2,00	5,00	1,00
6	4,00	,00	1,50
6	3,00	2,00	1,50
6	4,00	3,00	,00
6	6,00	5,00	2,00
7	5,00	8,00	3,50
7	4,00	6,00	1,50
7	6,00	8,00	3,25
7	6,00	7,00	2,00
7	6,00	3,00	3,00
7	2,00	3,00	1,00
7	4,00	7,00	2,00
7	6,00	5,00	2,00
7	4,00	5,00	,75
7	8,00	8,00	2,00
7	3,00	6,00	1,50
7	4,00	4,00	2,00
7	6,00	7,00	4,00
7	5,00	6,00	3,50
7	6,00	6,00	3,00
7	1,00	6,00	2,00
7	5,00	5,00	2,00
7	5,00	6,00	4,75
7	8,00	9,00	4,75
7	6,00	7,00	1,00
7	6,00	10,00	4,25
7	5,00	5,00	2,25
7	6,00	6,00	1,00

7	5,00	8,00	1,75
7	7,00	8,00	5,25
7	6,00	9,00	4,00
7	3,00	4,00	2,00
7	8,00	8,00	4,25
7	4,00	7,00	2,00
7	7,00	7,00	3,00
7	8,00	8,00	1,00
7	6,00	8,00	1,00
8	8,00	5,00	1,75
8	3,00	6,00	1,50
8	5,00	8,00	2,75
8	5,00	8,00	3,75
8	4,00	4,00	2,00
8	4,00	7,00	1,00
8	3,00	5,00	1,00
8	8,00	4,00	1,50
8	5,00	4,00	,50
8	6,00	9,00	,00
8	3,00	6,00	1,00
8	5,00	5,00	5,50
8	7,00	6,00	2,75
8	6,00	6,00	1,50
8	5,00	8,00	4,00
8	5,00	3,00	3,00
8	5,00	2,00	3,75
8	5,00	6,00	3,00
8	4,00	8,00	4,00

A continuación se presentan, igual que en el caso de los resultados pretest, algunos de los documentos que el programa informático LXR-TEST ha proporcionado para los resultados postest:

B1) Resultados postest para la variable teorías implícitas

Test Name:	TestTeoriasImplicitas	Der-	Cor-	Maximum Score: 10	
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
1	G1	0	5	50.0	CDCADBBCAA
2	G1	0	6	60.0	CCADBABDAD
3	G1	0	8	80.0	DCAADBBCAB
4	G1	0	8	80.0	DCAADCBCAD
5	G1	0	7	70.0	DCAACCBBAD
6	G1	0	3	30.0	CCDCADDAB
7	G1	0	5	50.0	DCBDDBADCA
8	G1	0	8	80.0	DCAADCBD A
9	G1	0	7	70.0	DCAACBBCAA
10	G1	0	9	90.0	DCAADBBCAD
11	G1	0	6	60.0	CDAADBCCAD
12	G1	0	8	80.0	CCAADBBCAD
13	G1	0	5	50.0	CCAADCCCAC
14	G1	0	5	50.0	CCAACCB AB
15	G1	0	5	50.0	DCABCBBCCB
16	G1	0	8	80.0	DCAACBBCAD
17	G2	0	6	60.0	BCBCDCBDAD
18	G2	0	7	70.0	DCCACBCDAD
19	G2	0	8	80.0	BCAADCBDAD
20	G2	0	8	80.0	BCAADCBDAD
21	G2	0	8	80.0	DCAACBBCAD
22	G2	0	7	70.0	BCBADBBDAB
23	G2	0	7	70.0	DCCADBBCDD
24	G2	0	8	80.0	DCAADABDAB
25	G2	0	5	50.0	DCAACCBADB
26	G2	0	4	40.0	CCBADAD AB
27	G2	0	5	50.0	CCADDAB AC
28	G2	0	6	60.0	BCADDABBAD
29	G2	0	6	60.0	BCAAD BDBC
30	G2	0	4	40.0	BDBCDABDAB
31	G2	0	8	80.0	BCAADCBDAD
32	G2	0	9	90.0	DCAADBBCAD
33	G2	0	3	30.0	CCDD CCAC
34	G2	0	5	50.0	BCCDDCCDAD
35	G2	0	8	80.0	DCAADABDAB
36	G2	0	5	50.0	BCBDDABCAD
37	G2	0	6	60.0	BCABDCCDAD
38	G2	0	4	40.0	CCADDD AA
39	G2	0	6	60.0	CCBACBCDAD

Test Name:	Test	Der-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
40	G2	0	5	50.0	C	A	A	D	B	C	D	A	B						
41	G2	0	9	90.0	D	C	A	A	D	A	B	D	A	D					
42	G2	0	8	80.0	D	C	A	A	D	C	B	D	A	A					
43	G2	0	6	60.0	D	C	C	A	D	B	C	B	A	C					
44	G2	0	7	70.0	C	C	A	A	D	A	B	B	A	D					
45	G2	0	6	60.0	D	C	A	A	D	A	C	C	A	B					
46	G2	0	8	80.0	D	D	A	A	D	B	C	D	A	D					
47	G2	0	5	50.0	B	C	A	C	D	C	B	B	A	B					
48	G2	0	8	80.0	D	C	A	A	D	C	B	B	A	D					
49	G2	0	8	80.0	C	C	A	A	C	B	B	D	A	D					
50	G2	0	8	80.0	D	C	B	A	D	A	B	D	A	D					
51	G2	0	8	80.0	D	C	B	A	D	B	B	D	A	B					
52	G2	0	8	80.0	D	C	A	A	D	B	B	C	A						
53	G2	0	6	60.0	B	C	A	A	D	B	B	C	D	B					
54	G3	0	6	60.0	C	A	D	B	B	A	D								
55	G3	0	7	70.0	D	C	A	B	D	C	B	D	A	B					
56	G3	0	6	60.0	D	D	B	A	C	C	B	D	A	D					
57	G3	0	4	40.0	C	B	B	C	A	B	D	A	C						
58	G3	0	3	30.0	C	C	B	A	C	C	C	C	A	C					
59	G3	0	3	30.0	B	C	C	B	D	C	B	A	B	C					
60	G3	0	7	70.0	D	C	A	C	D	C	B	B	A	D					
61	G3	0	6	60.0	C	C	A	A	B	B	D	D	A						
62	G3	0	7	70.0	D	C	B	C	D	B	B	D	A	B					
63	G3	0	8	80.0	D	C	A	A	C	B	B	C	A	D					
64	G3	0	7	70.0	D	C	A	C	D	C	B	C	A	D					
65	G3	0	5	50.0	D	C	B	C	D	C	C	D	A	A					
66	G3	0	7	70.0	D	C	B	A	D	C	B	C	A	D					
67	G3	0	2	20.0	B	B	C	A	C	D	B	C	D	B					
68	G3	0	5	50.0	B	C	B	B	D	B	B	B	A	B					
69	G3	0	4	40.0	B	B	A	B	C	A	B	D	D	D					
70	G3	0	7	70.0	C	C	A	A	C	B	B	C	A	D					
71	G3	0	4	40.0	A	C	C	A	A	C	B	B	A	B					
72	G3	0	8	80.0	B	C	C	A	D	B	B	D	A	D					
73	G3	0	4	40.0	C	A	B	A	C	A	B	B	A	D					
74	G3	0	6	60.0	D	C	C	C	D	B	B	C	A	B					
75	G3	0	7	70.0	C	C	A	A	D	A	B	B	A	D					
76	G3	0	7	70.0	D	D	A	A	C	C	B	D	A	D					
77	G3	0	3	30.0	A	C	B	B	D	C	C	D	D						
78	G3	0	7	70.0	D	C	A	A	D	C	B	B	A	B					

Test Name:	TestTeoriasImplicitas	Der-	Cor-	Maximum Score: 10																
Student ID	Student Name	sion	rect	%	<?>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
79	G3	0	6	60.0	<?>	D	A	C	D	A	C	D	A	D	A	D				
80	G3	0	4	40.0	<?>	D	D	C	C	C	B	C	B	A	D					
81	G3	0	3	30.0	<?>	C	D	D	A	C	B	C	B	A	A					
82	G3	0	5	50.0	<?>	C	C	C	B	C	B	C	D	A	D					
83	G3	0	5	50.0	<?>	D	C	A	A	C	A	C	A	B	D					
84	G3	0	8	80.0	<?>	D	C	A	B	B	B	B	D	A	D					
85	G3	0	8	80.0	<?>	D	C	B	A	D	B	C	D	A	D					
86	G3	0	4	40.0	<?>	B	C	B	A	C	A	B	B	A	B					
87	G3	0	6	60.0	<?>	A	C	A	A	D	B	C	C	A	B					
88	G3	0	5	50.0	<?>	C	D	A	A	A	A	C	D	A	D					
89	G4	0	7	70.0	<?>	C	C	A	A	D	B	B	A	D	D					
90	G4	0	7	70.0	<?>	C	C	A	A	B	B	B	B	A	D					
91	G4	0	9	90.0	<?>	D	C	A	A	D	B	B	D	A	B					
92	G4	0	7	70.0	<?>	D	C	A	C	B	B	B	C	A	D					
93	G4	0	8	80.0	<?>	C	A	A	D	B	B	A	A	D						
94	G4	0	7	70.0	<?>	D	C	A	C	B	B	C	A	D						
95	G4	0	7	70.0	<?>	A	C	A	A	B	B	B	D	A	B					
96	G4	0	4	40.0	<?>	D	C	B	A	D	C	C	B	D	B					
97	G4	0	7	70.0	<?>	C	C	B	A	D	B	B	D	A	C					
98	G4	0	7	70.0	<?>	D	C	A	A	D	C	B	D	D	C					
99	G4	0	6	60.0	<?>	D	C	B	B	C	B	C	D	A	D					
100	G4	0	6	60.0	<?>	C	C	B	A	D	A	B	D	A	B					
101	G4	0	6	60.0	<?>	C	C	B	A	D	C	C	D	A	D					
102	G4	0	8	80.0	<?>	A	C	A	A	D	C	B	D	A	D					
103	G4	0	6	60.0	<?>	D	C	B	B	C	B	C	D	A	D					
104	G4	0	6	60.0	<?>	C	C	D	A	D	A	B	D	A	B					
105	G4	0	7	70.0	<?>	B	C	A	A	D	C	C	D	A	D					
106	G5	0	2	20.0	<?>	C	C	B	B	C	A	C	B	D	D					
107	G5	0	6	60.0	<?>	D	C	A	A	C	A	C	D	A	B					
108	G5	0	6	60.0	<?>	D	C	B	A	C	C	B	C	A	D					
109	G5	0	8	80.0	<?>	C	C	A	A	C	B	B	D	A	D					
110	G5	0	7	70.0	<?>	D	C	A	C	C	B	B	D	A	B					
111	G5	0	5	50.0	<?>	D	D	A	C	A	C	B	B	A	D					
112	G5	0	3	30.0	<?>	C	D	A	A	C	A	C	A	A	B					
113	G5	0	6	60.0	<?>	D	C	A	B	C	A	B	A	A	D					
114	G5	0	3	30.0	<?>	B	C	C	D	C	C	A	A	B						
115	G5	0	6	60.0	<?>	D	C	C	A	C	B	C	D	A	B					
116	G5	0	6	60.0	<?>	D	C	C	C	C	B	B	D	C	D					
117	G5	0	4	40.0	<?>	D	D	A	A	C	B	C	B	D	B					

Test Name:	TestTeoriasImplicitas	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10																
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0						
118	G5	0	6	60.0	D	C	A	A	C	A	C	D	A	B						
119	G5	0	2	20.0	C	C	A	C	C	A	C	C	B	C						
120	G5	0	4	40.0	D	A	C	C	A	B	C	D	A	B						
121	G6	0	4	40.0	C	D	A	C	C	C	D	D	A	D						
122	G6	0	4	40.0	C	D	A	C	C	C	D	D	A	D						
123	G6	0	1	10.0	C	D	C	B	A	C	B	A	B							
124	G6	0	6	60.0	D	C	A	B	B	B	C	D	A	B						
125	G6	0	5	50.0	D	A	A	C	B	A	B	B	A	D						
126	G6	0	5	50.0	D	C	B	C	C	B	C	C	A	D						
127	G6	0	4	40.0	C	C	B	A	C	C	B	C	A	B						
128	G6	0	7	70.0	C	C	A	C	D	B	B	C	A	D						
129	G6	0	6	60.0	C	C	A	C	D	A	B	C	A	D						
130	G6	0	6	60.0	D	A	A	C	C	B	C	D	A	D						
131	G6	0	3	30.0	C	C	B	B	D	A	C	C	A	A						
132	G6	0	6	60.0	D	C	A	A	C	C	B	B	A	B						
133	G6	0	7	70.0	D	C	A	A	C	A	B	D	A	B						
134	G6	0	4	40.0	C	C	A	D	C	C	C	D	A							
135	G6	0	3	30.0	C	B	B	A	C	C	B	B	A	B						
136	G6	0	5	50.0	D	C	B	C	C	A	B	D	A	C						
137	G6	0	4	40.0	C	D	A	C	B	B	C	D	A	C						
138	G6	0	8	80.0	D	C	A	A	D	B	D	D	D							
139	G6	0	2	20.0	C	A	B	A	B	A	C	C	A	B						
140	G6	0	3	30.0	D	A	B	A	C	B	C	A	C	B						
141	G6	0	5	50.0	D	D	C	A	D	A	C	D	A	B						
142	G6	0	8	80.0	D	A	A	A	D	B	B	D	A	B						
143	G6	0	3	30.0	C	C	A	C	C	A	C	C	A	C						
144	G6	0	2	20.0	D	D	B	B	C	A	A	A	A	C						
145	G6	0	4	40.0	C	C	A	C	C	B	C	C	A	B						
146	G6	0	3	30.0	C	B	A	C	C	A	C	C	A	D						
147	G6	0	4	40.0	D	C	A	C	C	A	D	A	A	B						
148	G6	0	6	60.0	C	C	A	A	A	A	B	D	A	B						
149	G7	0	5	50.0	D	C	A	C	C	A	B	C	A	C						
150	G7	0	4	40.0	C	C	B	A	C	C	B	C	A	B						
151	G7	0	6	60.0	B	C	A	C	D	C	B	A	A	D						
152	G7	0	6	60.0	C	C	A	C	D	C	B	C	A	D						
153	G7	0	6	60.0	C	C	C	C	C	B	B	D	A	D						
154	G7	0	2	20.0	C	B	B	A	C	A	A	A	A	A						
155	G7	0	4	40.0	C	D	A	C	C	C	D	D	A	D						
156	G7	0	6	60.0	D	C	A	A	C	A	B	D	D	B						

Test Name:	TestTeoriasImplicitas	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
157	G7	0	4	40.0	C	C	B	A	D	C	C	D	D	B					
158	G7	0	8	80.0	D	C	A	A	D	C	B	D	A	B					
159	G7	0	3	30.0	C	D	B	A	B	C	B	C	A	C					
160	G7	0	4	40.0	C	B	C	C	C	B	B	B	A	D					
161	G7	0	6	60.0	C	A	A	A	D	B	C	C	A	D					
162	G7	0	5	50.0	C	A	B	A	D	B	B	C	D	D					
163	G7	0	6	60.0	B	C	A	C	D	C	B	A	A	D					
164	G7	0	1	10.0	B	B	B	B	D	C	C	A	D	B					
165	G7	0	5	50.0	C	C	A	D	C	B	B	D	D	A					
166	G7	0	5	50.0	C	C	A	A	C	A	B	C	A	A					
167	G7	0	8	80.0	C	C	A	A	D	A	B	D	A	D					
168	G7	0	6	60.0	D	C	A	A	C	C	A	D	A	B					
169	G7	0	6	60.0	D	C	A	D	A	B	D	A	C						
170	G7	0	5	50.0	D	C	C	D	C	C	C	D	A	D					
171	G7	0	6	60.0	D	D	A	A	C	B	B	C	A	B					
172	G7	0	5	50.0	C	C	A	D	C	C	C	D	A	D					
173	G7	0	7	70.0	D	C	A	D	B	B	B	D	A	B					
174	G7	0	6	60.0	D	C	B	A	C	C	B	D	A	B					
175	G7	0	3	30.0	C	C	B	A	C	A	C	B	A	B					
176	G7	0	8	80.0	D	C	A	A	C	C	B	D	A	D					
177	G7	0	4	40.0	C	C	C	A	D	A	B	A	D	B					
178	G7	0	7	70.0	D	D	A	C	C	B	B	D	A	D					
179	G7	0	8	80.0	D	C	A	A	D	A	B	D	A	B					
180	G7	0	6	60.0	D	A	A	A	C	C	B	C	A	D					
181	G8	0	8	80.0	D	C	A	A	D	B	A	C	A	D					
182	G8	0	3	30.0	C	C	B	C	C	C	C	C	A	D					
183	G8	0	5	50.0	C	D	A	A	B	C	C	D	A	D					
184	G8	0	5	50.0	C	D	A	A	B	C	A	D	A	D					
185	G8	0	4	40.0	C	A	B	A	D	C	C	A	A	D					
186	G8	0	4	40.0	C	C	A	A	C	A	C	C	A	B					
187	G8	0	3	30.0	D	D	B	B	C	A	B	B	A	B					
188	G8	0	8	80.0	D	C	A	B	C	B	B	D	A	D					
189	G8	0	5	50.0	D	D	C	A	D	A	C	D	A	B					
190	G8	0	6	60.0	D	A	A	C	D	B	D	C	A	D					
191	G8	0	3	30.0	A	C	A	C	D	A	C	B	D	B					
192	G8	0	8	80.0	D	C	A	A	D	B	B	D	D	B					
193	G8	0	10	100.	D	C	A	A	D	B	B	D	A	D					
194	G8	0	9	90.0	D	C	C	A	D	B	B	D	A	D					
195	G8	0	8	80.0	D	C	A	C	D	B	C	D	A	D					

Test Name:	TestTeoriasImplicitas	Der-	Cor-	Maximum Score: 10										
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
196	G8	0	8	80.0	D	C	A	A	D	B	C	A	D	
197	G8	0	8	80.0	D	A	A	D	B	B	D	A	B	
198	G8	0	8	80.0	D	D	A	A	D	B	B	D	A	B
199	G8	0	6	60.0	D	A	A	C	B	A	C	A	D	

B2) Estadístico.

Question	D. I.	V. I.	Alt A	Alt B	Alt C	Alt D	Alt E	Alt F
1	48.7	0.59	6	24	69	97	0	0
2	74.9	0.37	14	7	149	27	0	0
3	61.3	0.61	122	47	26	2	0	0
4	60.3	0.49	120	21	42	16	0	0
5	49.7	0.51	6	13	79	99	0	0
6	39.7	0.43	54	79	60	2	0	0
7	60.3	0.59	7	120	63	7	0	0
8	47.7	0.43	18	29	53	95	0	0
9	85.4	0.22	170	4	4	21	0	0
10	48.2	0.53	10	69	18	96	0	0

B3) Resultados postest para la variable comprensión.

Test Name:	testcompresionfinal	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	<?>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0				
1	G1	0	4	40.0	κ	→	B	D	A	C	A	A	C	A					
2	G1	0	9	90.0	κ	→	B		D	C	A	B	C	D	B	D			
3	G1	0	10	100.			B	C	D	C	A	B	C	D	B	D			
4	G1	0	9	90.0			B	C	D	C	A	B	A	D	B	D			
5	G1	0	9	90.0			B	C	D	C	A	B	A	D	B	D			
6	G1	0	5	50.0			A	C	D	C	A	A	D	B	D	D			
7	G1	0	5	50.0			B	C	A	C	A	B	B	A	C	A			
8	G1	0	9	90.0			B	C	D	C	A	B	A	D	B	D			
9	G1	0	6	60.0	κ	→	B	C	D	D	A	B		D	D	C			
10	G1	0	9	90.0			B	C	D	A	A	B	C	D	B	D			
11	G1	0	8	80.0			B	C	D	C	D	B	C	D	B	A			
12	G1	0	9	90.0			B	C	D	C	A	B	C	D	B	A			
13	G1	0	6	60.0	κ	→	A	C	D	C	A	A		A	B	D			
14	G1	0	7	70.0	κ	→	B	C	D	C	C	B		D	C	D			
15	G1	0	5	50.0	κ	→	B	C		D	A	B	C	A	A	C			
16	G1	0	5	50.0			A	C	D	C	A	A	C	A	A	C			
17	G2	0	8	80.0	κ	→	B	C	D	C	A	B	C	D					
18	G2	0	6	60.0			A	D	B	C	A	B	C	D	C	D			
19	G2	0	6	60.0			D	D	D	C	A	B	C	A	B	A			
20	G2	0	6	60.0	κ	→	B	C	D	C	A	B							
21	G2	0	8	80.0			B	C	A	C	A	B	C	D	A	D			
22	G2	0	8	80.0			B	C	D	C	A	B	C	D	A	B			
23	G2	0	6	60.0			B	C	D	C	C	B	A	D	C	C			
24	G2	0	7	70.0			B	C	D	C	A	B	A	D	C	B			
25	G2	0	8	80.0			B	C	D	C	A	B	C	D	D	C			
26	G2	0	3	30.0	κ	→	C	D		B	D	D	C	D	C	D			
27	G2	0	4	40.0	κ	→	A	C		C	A	A	C		A	A			
28	G2	0	7	70.0			B	C	A	C	A	B	A	D	B	B			
29	G2	0	9	90.0			B	C	D	C	A	B	C	D	A	D			
30	G2	0	8	80.0			B	D	D	C	A	B	C	D	C	D			
31	G2	0	10	100.			B	C	D	C	A	B	C	D	B	D			
32	G2	0	5	50.0			B	C	A	B	A	D	C	D	C	B			
33	G2	0	5	50.0			B	A	A	B	D	B	C	D	D	D			
34	G2	0	2	20.0			A	C	A	D	B	D	C	A	A	A			
35	G2	0	5	50.0			B	B	C	C	A	A	A	D	C	D			
36	G2	0	8	80.0			B	C	A	C	A	B	A	D	B	D			
37	G2	0	5	50.0			B	A	A	B	B	B	C	D	C	D			
38	G2	0	6	60.0	κ	→	B	A	D	C	B		C	D	A	D			
39	G2	0	7	70.0			B	C	A	C	A	A	C	D	C	D			

Test Name:	testcomprensionfinal	Der-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
40	G2	0	6	60.0	A	C	D	C	B	B	C	A	B	A					
41	G2	0	7	70.0	B	C	D	C	B	A	C	D	B	C					
42	G2	0	7	70.0	B	C	D	C	A	A	C	C	B	B					
43	G2	0	6	60.0	A	C	A	C	A	B	C	D	D	A					
44	G2	0	1	10.0	B	B	D	D	C	A	C								
45	G2	0	5	50.0	B	C	A	C	A	B	A	A	C	A					
46	G2	0	7	70.0	B	C	A	C	A	D	C	A	B	D					
47	G2	0	5	50.0	A	D	D	D	B	B	C	D	B	C					
48	G2	0	10	100.	B	C	D	C	A	B	C	D	B	D					
49	G2	0	6	60.0	B	D	D	C	A	B	C	A	D	B					
50	G2	0	10	100.	B	C	D	C	A	B	C	D	B	D					
51	G2	0	7	70.0	B	C	D	C	C	B	C	A	B	A					
52	G2	0	6	60.0	B	C	C	C	A	B	C	A	C	C					
53	G2	0	6	60.0	C	C	C	C	A	B	C	A	C	D					
54	G3	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	A	B	D					
55	G3	0	4	40.0	A	B	B	C	A	B	D	A	D	D					
56	G3	0	4	40.0	B	C	A	C	A	C	A	B	A	B					
57	G3	0	4	40.0	A	C	C	C	A	B	A	A	D	B					
58	G3	0	2	20.0	B	B	C	D											
59	G3	0	6	60.0	A	C	C	B	C	D	B	D							
60	G3	0	6	60.0	B	C	D	B	A	D	D	D	D						
61	G3	0	3	30.0	A	D	C	C	B										
62	G3	0	7	70.0	B	C	D	B	A	B	C	A	C	D					
63	G3	0	8	80.0	B	C	D	C	C	B	A	D	B	D					
64	G3	0	7	70.0	A	C	D	C	A	B	C	A	B	B					
65	G3	0	5	50.0	B	B	A	C	B	B	C	A	A	D					
66	G3	0	9	90.0	B	C	D	C	C	B	C	D	B	D					
67	G3	0	4	40.0	A	C	B	C	A	A	C	A	C	B					
68	G3	0	4	40.0	B	C	A	B											
69	G3	0	6	60.0	B	B	C	A	B	D	A	B	D						
70	G3	0	7	70.0	B	C	A	C	A	B	A	D	D						
71	G3	0	4	40.0	A	B	D	C	A	B	D	A	C	B					
72	G3	0	3	30.0	B	D	D	A	C	A	A	A	C	D					
73	G3	0	8	80.0	B	C	B	C	A	B	A	D	B	D					
74	G3	0	6	60.0	A	C	C	C	B	B	A	D	B	D					
75	G3	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	B	D						
76	G3	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	A	A	B	D					
77	G3	0	4	40.0	B	B	B	D	D	B	A	B	B	D					
78	G3	0	5	50.0	B	C	C	B	A	A	C	D							

Test Name:	testcomprensionfinal	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10																
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0						
79	G3	0	4	40.0	A	C	C	C	C	C	C	C	C	B	D					
80	G3	0	1	10.0	B	D	A	B	D	C	D	A	C	B						
81	G3	0	6	60.0	B	C	A	A	A	A	C	A	B	D						
82	G3	0	7	70.0	B	C	B	C	A	A	C	A	B	D						
83	G3	0	2	20.0	B	A	C	B	B	B	B	A	A	C	B					
84	G3	0	8	80.0	B	C	A	B	A	B	C	D	B	D						
85	G3	0	3	30.0	B	B	A	C	C	A	C	A	D							
86	G3	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	D	D	D						
87	G3	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	C	A	A	D						
88	G3	0	3	30.0	A	C	A	A	A	B	A	A	C	A						
89	G4	0	3	30.0	B	B	D	B	A	A	B	C	C	A						
90	G4	0	8	80.0	B	C	A	C	A	B	A	D	B	D						
91	G4	0	8	80.0	B	C	A	C	A	B	A	D	B	D						
92	G4	0	6	60.0	B	C	C	C	A	B	C	A	C	B						
93	G4	0	4	40.0	B	C	C	B												
94	G4	0	5	50.0	B	D	B	C	A	B	C	A	C	B						
95	G4	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	D	C	D						
96	G4	0	3	30.0	A	D	D	B	A	B	D	C	D	C						
97	G4	0	7	70.0	B	C	D	C	A	B	D	D	C	B						
98	G4	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	C	A	C	D						
99	G4	0	7	70.0	B	C	C	A	B	C	A	A	D							
100	G4	0	7	70.0	B	C	B	C	A	B	C	D	C	B						
1001	G4	0	6	60.0	B	D	B	C	A	B	C	A	B	B						
102	G4	0	7	70.0	B	C	A	C	A	B	C	A	A	D						
103	G4	0	8	80.0	B	C	C	A	B	C	A	B	D							
104	G4	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	A	A	B	D						
105	G4	0	8	80.0	B	C	D	C	C	B	C	A	B	D						
106	G5	0	5	50.0	B	B	C	D	B	A	B	D								
107	G5	0	3	30.0	A	A	D	D	C	D	C	D	C	C						
108	G5	0	6	60.0	A	C	D	C	A	B	C	C	C	B						
109	G5	0	6	60.0	B	B	B	C	B	B	C	A	B	D						
110	G5	0	8	80.0	B	B	D	C	A	B	C	D	A	D						
111	G5	0	4	40.0	A	B	A	D	A	B	C	A	C	D						
112	G5	0	4	40.0	A	B	D	B	A	B	C	A	D	B						
113	G5	0	6	60.0	B	B	C	B	A	B	C	D	B	B						
114	G5	0	2	20.0	B	B	B	B	C	D	D	D	A	C						
115	G5	0	3	30.0	A	B	D	A	D	B	D	C	B							
116	G5	0	5	50.0	A	D	A	C	C	B	C	A	B	D						
117	G5	0	5	50.0	A	D	A	C	A	B	C	A	B	C						

Test Name:	testcompresionfinal	Ver-	Cor-	Maximum Score: 10															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
118	G5	0	5	50.0	BC	B	A	B	C	A	C	B							
119	G5	0	5	50.0	BC	B	A	B	C	A	C	B							
120	G5	0	6	60.0	BC	B	A	B	C	A	C	D							
121	G6	0	6	60.0	BC	D	C	A	B										
122	G6	0	6	60.0	BC	D	C	A	B										
123	G6	0	6	60.0	B	C	D	C	A	A	D	A	B	A					
124	G6	0	3	30.0	B	B	A	B	A	B	A	A	A	C					
125	G6	0	2	20.0	B	C	A	B	D	D	A	A	C	B					
126	G6	0	6	60.0	B	C	C	C	B	C	A	C	D						
127	G6	0	5	50.0	B	B		A	B		D	B	C						
128	G6	0	6	60.0	B	C	B	C	A	B	D	A	B	A					
129	G6	0	6	60.0	B	C	B	C	A	B	D	A	B	A					
130	G6	0	2	20.0	B	B	B	D	A	D	D	A	A	A					
131	G6	0	3	30.0	B	D		C	D	D	C	A							
132	G6	0	7	70.0	B	C		A	B	C	A	C	D						
133	G6	0	7	70.0	B	C		A	B	C	A	C	D						
134	G6	0	6	60.0	B	C	A	C	A	D	B	A	B	D					
135	G6	0	4	40.0	C	B	D	B	A	D	C	A	B	A					
136	G6	0	5	50.0	D	B	B	C	A	A	C	D	B	B					
137	G6	0	5	50.0	B	B	D	C	A	B	D	B	C	A					
138	G6	0	4	40.0	C	C	C	D	B	A	D	D	B						
139	G6	0	3	30.0	B	B	C	B	B	B	A	A	B	C					
140	G6	0	2	20.0	B	A	C	B	D	A	B	D	A	B					
141	G6	0	5	50.0	A	C	B	C	B	B	C	A	C	D					
142	G6	0	5	50.0	A	C	B	C	B	B	C	A	B	A					
143	G6	0	5	50.0	B	A	D	C	B	B	D	D	A	C					
144	G6	0	5	50.0	B	C	D	D	A	B	D	A	C	A					
145	G6	0	0	0.0	C	D	B	A	B	D									
146	G6	0	2	20.0	C	B	A	C	B	A	A	C	B	A					
147	G6	0	3	30.0	B	A	C	B		A	B	C	B	D					
148	G6	0	5	50.0	B	C	A	C	D	B	A	A	C	D					
149	G7	0	8	80.0	B	C	D	C	A	A	C	D	A	D					
150	G7	0	6	60.0	B	C	C	C	A	B	D	D	D	C					
151	G7	0	8	80.0	B	D	D	C	A	B	C	A	B	D					
152	G7	0	7	70.0	B	C	D	C	B	B	A	D	D	D					
153	G7	0	3	30.0	B		D	B	C	B	D	A	D	A					
154	G7	0	3	30.0	B	D	B	D	A	D	D	A	B	B					
155	G7	0	7	70.0	B	C	D	C	A	A	C	A	A	D					
156	G7	0	5	50.0	B	B		C	A	D	C	A	A	D					
157	G7	0	5	50.0	B		D	C	A	B		A	D						

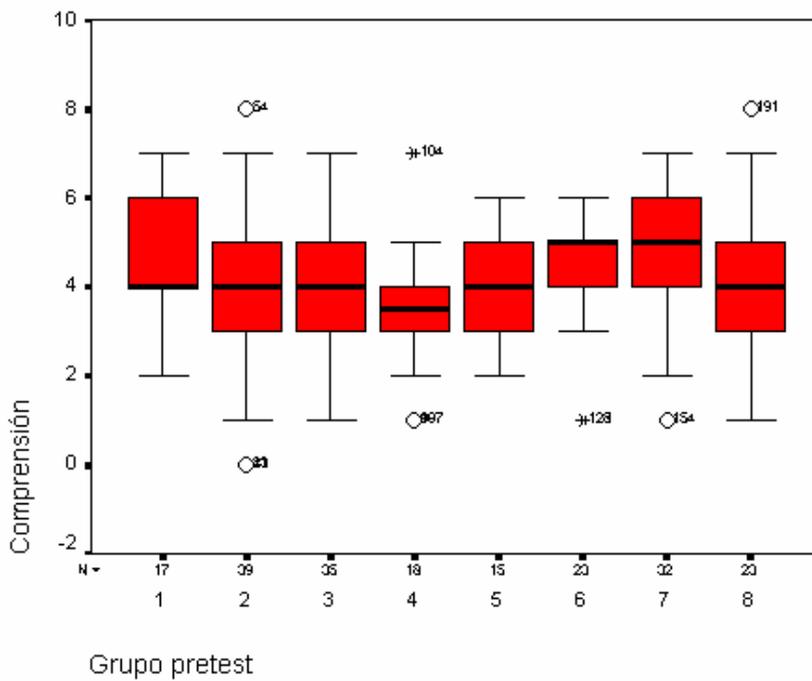
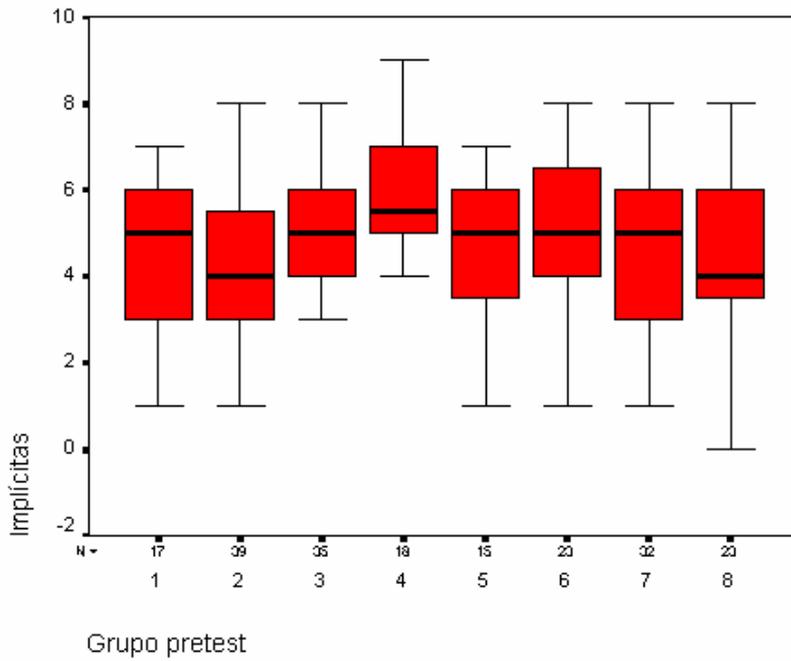
Test Name:	testcompressionfinal	Der-	Cor-	Maximum Score: 18															
Student ID	Student Name	sion	rect	%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0					
158	G7	0	8	80.0	B	C	A	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
159	G7	0	6	60.0	B	C	B	C	C	B	C	A	C	D					
160	G7	0	4	40.0	A	C	B	C	A	B	A	A	C	C					
161	G7	0	7	70.0	B	D	D	C	B	B	C	D	B	C					
162	G7	0	6	60.0	B	C	A	C	A	B	A	A	C	D					
163	G7	0	6	60.0	B	D	D	C	D	C	D	B	C						
164	G7	0	6	60.0	B	C	A	C	D	B	C	D	C	C					
165	G7	0	5	50.0	B	C	D	C	B	B	A	D	B						
166	G7	0	6	60.0	B	B	D	C	A	B	C	A	C	C					
167	G7	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	D	B	C					
168	G7	0	7	70.0	B	C	D	C	A	B	C								
169	G7	0	10	100.	B	C	D	C	A	B	C	D	B	D					
170	G7	0	5	50.0	B	C	C	C	A	A	A	A	D						
171	G7	0	6	60.0	B	D	D	C	A	B	D	D							
172	G7	0	8	80.0	B	C	B	C	A	A	C	D	B	D					
173	G7	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	A	D	B	B					
174	G7	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	D	B	C					
175	G7	0	4	40.0	B	D	D	D	D	A	A	D	D	D					
176	G7	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	A	D	B	B					
177	G7	0	7	70.0	B	C	A	C	D	B	C	D	B	B					
178	G7	0	7	70.0	B	C	D	C	A	B	A	A	C	D					
179	G7	0	8	80.0	B	C	D	A	A	B	C	A	B	D					
180	G7	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	D	A	B	D					
181	G8	0	5	50.0	B	A	B	C	C	B	C	A	D	D					
182	G8	0	6	60.0	B	D	C	C	A	A	C	D	D	D					
183	G8	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	A	D	A	D					
184	G8	0	8	80.0	B	C	D	C	A	B	A	D	A	D					
185	G8	0	4	40.0	B	D	A	C	B	C	A								
186	G8	0	7	70.0	B	C	D	C	D	B	C	A	A	D					
187	G8	0	5	50.0	D	C	A	B	A	B	C	A	C	D					
188	G8	0	4	40.0	B	B	B	C	B	B	C	A	C	B					
189	G8	0	4	40.0	B	C													
190	G8	0	9	90.0	B	C	D	C	A	B	C	D	A	D					
191	G8	0	6	60.0	B	C	A	C	B	B	A	D	C	D					
192	G8	0	5	50.0	B	B	C	C	D	C	A	B	D						
193	G8	0	6	60.0	A	C	D	C	D	D	C	D	B	C					
194	G8	0	6	60.0	B	C	D	C	C	B	B	A	C	D					
195	G8	0	8	80.0	B	C	D	C	A	D	C	A	B	D					
196	G8	0	3	30.0	C	D	C	A	B	D	C	C	B	D					

Test Name:	testcomprensionfinal	Der-	Cor-	Maximum Score: 10														
Student ID	Student Name	sion	rect	%	<?>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0			
197	G8	0	2	20.0		D	C	C	B	D	A	D	A	C	D			
198	G8	0	6	60.0		B	D	D	C	A	D	C	A	B	A			
199	G8	0	8	80.0		B	C	D	C	B	C	D	C	D				

B4) Estadístico.

Question	D. I.	V. I.	Alt A	Alt B	Alt C	Alt D	Alt E	Alt F
1	78.4	0.47	31	156	7	4	0	0
2	64.3	0.65	9	27	128	26	0	0
3	47.2	0.59	39	28	20	94	0	0
4	75.9	0.55	8	26	151	12	0	0
5	65.3	0.53	130	23	19	20	0	0
6	72.9	0.49	27	145	3	20	0	0
7	56.8	0.37	41	6	113	22	0	0
8	40.2	0.61	96	5	7	80	0	0
9	38.2	0.53	27	76	56	25	0	0
10	50.3	0.59	23	35	26	100	0	0

C) Diagrama De cajas correspondientes a los resultados pretest de las variables “teorías implícitas y “comprensión”.



D) Resultados de las pruebas de homogeneidad de varianzas de los resultados posttest distribuidos en dos grupos, uno experimental formado por los resultados de los grupos 1,2,3,y 4 y otro de control formado por los grupos 5, 6, 7 y 8.

Prueba de homogeneidad de varianzas

Implícitas

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,001	1	197	,977

Prueba de homogeneidad de varianzas

Comprensión

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,444	1	197	,231

Prueba de homogeneidad de varianzas

Aplicación

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
6,421	1	197	,012

Par el caso de las variables “teorías implícitas” y “comprensión” se puede aceptar la hipótesis de homogeneidad de las varianzas. En el caso de la variable “aplicación” no se puede aceptar por lo que haremos el análisis de varianza con la prueba no paramétrica Kruscal-Wallis.

Anexo VI

En este anexo se presentan los informes elaborados por una profesora que participó como oyente en la experimentación de la unidad didáctica de Óptica sobre el desarrollo de la misma, así como sobre los resultados comparativos que obtuvieron sus alumnos en un examen oficial sobre la materia objeto de la experiencia con respecto a los resultados del examen de la evaluación anterior.

INFORME SOBRE RENDIMIENTOS

CENTRO : I.E.S. "EXTREMADURA", MÉRIDA.

TEMAS : Naturaleza de la luz (Tema 6).

Óptica geométrica (Tema 7).

Instrumentos ópticos (Tema 8).

TEXTO : "Física", Autor : varios, Ed. Santillana.

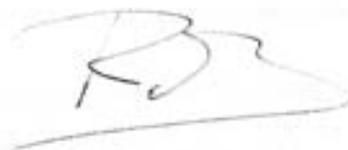
CURSOS : 2º Bachillerato, grupos C y B/D.

El 28 de Enero de 2003 se realizó una prueba objetiva sobre los temas de Óptica reseñados, que incluía teoría, cuestiones y problemas.

En la tabla adjunta se detallan los alumnos que superaron la prueba, así como su comparación con los resultados obtenidos en la primera evaluación (Teoría general de campos y campo gravitatorio) realizada sobre los mismos alumnos, así como el incremento obtenido en cada uno de los grupos.

	Nº de alumnos	%	%	Δ
Grupo B/D	16	37,5	56,2	18,7
Grupo C	39	35,9	53,8	17,9

El incremento en los rendimientos obtenidos es evidente. Se logró mejorar la atención de los alumnos e interesarlos mediante las prácticas realizadas, lo que redundó en mejores rendimientos en las pruebas objetivas.



Fdo.: Rosa Mª Ortiz Barquero.

ANÁLISIS DE LAS CLASES IMPARTIDAS

CENTRO : I.E.S. "EXTREMADURA", MÉRIDA.

TEMAS : Naturaleza de la luz (Tema 6).

Óptica geométrica (Tema 7).

Instrumentos ópticos (Tema 8).

TEXTO : "Física" , Autor : varios, Ed. Santillana.

CURSOS : 2º Bachillerato, grupos C y B/D.

Experiencias de clase .-

Comienzo por ellas pues fueron el fundamento de las exposiciones teóricas.

Se utilizó por tanto un método inductivo. Mediante prácticas magistrales realizadas por el profesor en clase se plantea un fenómeno, y se invita a los alumnos a reflexionar sobre él, aceptando sugerencias y explicaciones.

Comenzaré por evaluar los aspectos positivos y procederé luego con los posibles inconvenientes, o con aquellos aspectos que necesitan ser tenidos en cuenta.

Entre las ventajas evidentes está que no se necesita utilizar el laboratorio, por lo tanto no hay limitaciones en cuanto al número de alumnos participantes (en nuestros laboratorios no caben más de veinte), ni hay que preocuparse de si estará ocupado o no.

El material necesario no es excesivo ni parece demasiado costoso, pues sólo se necesitaría un juego completo para el profesor. Algún material es incluso de uso común : espejos, punteros láser, recipientes de vidrio etc..., por lo que algunas de las experiencias podrían realizarse incluso sin comprar material específico.

Los fenómenos estudiados estaban a mi juicio bien escogidos, pues eran los fundamentales (reflexión, refracción, espejos, dioptrios, lentes....), aunque en algún caso, como veremos después, sería necesario realizar menos experiencias.

Los posibles inconvenientes se derivan de la propia dinámica del método. Si la clase es numerosa (2º C), la cantidad de hipótesis y sugerencias que lanzan los alumnos, y que hay que aceptar o rechazar **razonando o demostrando**, hacen que el método funcione un poco lento, lo que hay que tener en cuenta en clases de más de veinte alumnos.

Podría arreglarse limitando en este caso el número de fenómenos a estudiar, como ya comenté con anterioridad.

Otro inconveniente podría surgir en el caso de grupos de alumnos poco participativos. Este año no ha podido estudiarse esta situación, pues los alumnos se mostraron relajados y participativos.

Es evidente también, que se necesita un profesor dinámico y dialogante, que provoque y motive a los alumnos. Nuestro Paco Solano da el perfil sobradamente, pero me importa reseñar aquí que no todos los tipos de profesores que hoy en día encontramos en los Centros son aptos para este método.

Exposiciones teóricas.-

Bien hechas y en el momento oportuno, después de plantear el problema (experiencia), se intenta "encerrar" en una fórmula. Lo más acertado, a mi juicio, fue que se obviaron las exposiciones farragosas y excesivamente matemáticas, en las que los alumnos se pierden irremediamente y que sólo conducen a que se pierda de vista el objetivo principal, a saber : qué sucede y de qué magnitudes depende.

Los problemas propuestos estaban bien escogidos y en principio pueden parecer suficientes, pero hay que tener en cuenta que si ellos no los hacen, o mejor dicho, si no están obligados a hacerlos se limitan a copiar. Como ya estábamos apurados de tiempo los resolvió el profesor, pero lo ideal es que se resuelvan por los alumnos en la pizarra, aunque esto suponga un mayor empleo de tiempo.

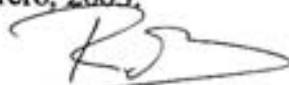
Evaluación final.-

Es un método activo y motivador, que no necesita espacios especiales ni resulta excesivamente caro, que plantea fenómenos que se dan en la vida cotidiana y que permite a los alumnos reflexionar sobre "creencias" que parecían evidentes.

Puede resultar lento aunque se pueden disminuir el número de experiencias. Necesita un profesor activo y motivado.

Concluyo afirmando que Paco Solano es sin duda ése tipo de profesor, que ha resultado una buena experiencia y que espero el año que viene contar con su apoyo para ponerla personalmente en práctica.

Mérida, veinte de Febrero, 2003.



Fdo.: Rosa Ortiz Barquero.

Profesora de Física y Química del I.E.S. "EXTREMADURA"

Anexo VII

Aprendizaje significativo. Es el aprendizaje en el que el alumno establece relaciones entre el nuevo contenido y sus conocimientos previos; es decir, atribuye significado a lo que debe aprender a partir de lo que ya conoce. Este concepto pone de relieve la acción constructiva del alumno; se produce una reorganización conforme a los esquemas de conocimiento que ya tiene y a las relaciones que quiera y pueda realizar. Aprender significativamente supone siempre una memorización comprensiva y una funcionalidad de los contenidos aprendidos. Hace necesaria una intervención del profesor que proporcione una significatividad lógica y psicológica de los contenidos y un clima donde tenga sentido el esfuerzo del alumno para establecer estas relaciones. Este aprendizaje está en contraposición a un aprendizaje memorístico que no supone reorganizar el conocimiento.

Causalidad. El concepto de causalidad expresa la necesidad que siente el pensamiento humano de deducir acontecimientos futuros a base de los datos que

se poseen en un momento determinado. Establece que, en principio, todos los acontecimientos que han precedido en el tiempo a un fenómeno determinado pueden influir sobre él.

Concepción empirista. Doctrina psicológica y epistemológica que no reconoce en el conocimiento ningún elemento que no proceda de la experiencia interna (reflexión) o externa (sensación). Es decir, frente al racionalismo y al innatismo, afirma que todos los contenidos del conocimiento, todos los conceptos, incluso los más generales y abstractos, proceden únicamente de la experiencia y que ésta es su única base de valor.

Concepción innatista. Doctrina según la cual existen unas ideas, hábitos mentales o principios poseídos por todos los hombres, no por propia actividad o adquisición, sino de manera natural y espontánea.

Conocimientos previos. Son las informaciones que ya tiene el alumno como consecuencia de los contenidos incluidos en sus experiencias de aprendizaje. Estos conocimientos previos determinan junto al nivel de desarrollo la capacidad de razonamiento y de aprendizaje de un alumno. El proceso de enseñanza-aprendizaje debe partir de sus esquemas de conocimiento, entendiendo que están configurados no sólo por unas posibilidades de operar intelectualmente sino por el bagaje de conocimientos específicos. Cuando un alumno se enfrenta a un nuevo conocimiento lo hace con lo que ya sabe, esto se utiliza como instrumento de lectura e interpretación de la información y determina las relaciones significativas que se puedan establecer. La importancia de partir de los conocimientos previos es una de las novedades más relevantes en la concepción constructivista ya que tiene muchas repercusiones a lo largo de todo el proceso. Por ejemplo es importante para considerar la capacidad de aprendizaje de un alumno, para determinar los contenidos, para establecer un conflicto cognitivo, la ayuda adecuada, la evaluación inicial, etc.

Contenidos actitudinales. Son los aspectos culturales referidos a valores, normas y actitudes. La disposición positiva o negativa hacia las cosas y hechos es algo que se aprende y, por tanto, se enseña. Tradicionalmente estos contenidos se

han dado en la escuela, pero más formando parte del llamado currículo oculto que en el currículo escrito. Por ello es importante que los contenidos actitudinales se planifiquen y se expliciten como cualquier otro contenido escolar. Esto no indica que sea preciso reservar en las clases un tiempo específico para enseñar actitudes, sino que el tratamiento de cada tema requiere también esta perspectiva. Un contenido actitudinal no es un objetivo, es solo un medio para conseguir la capacidad que indica el objetivo.

Contenidos conceptuales. Son los aspectos culturales que enuncian hechos, conceptos y principios. Los hechos recogen acontecimientos o situaciones relevantes, por ejemplo, Colón descubrió América. Los conceptos designan un conjunto de objetos, hechos o símbolos que poseen características comunes, p.e. invertebrado. Los principios describen cómo los cambios que se producen en otro objeto o situación, por ejemplo, la ley de la gravedad. Los contenidos de tipo conceptual son la base del pensamiento. No hay que priorizar este tipo de contenido sobre los otros (procedimentales y actitudinales), los tres son importantes para la construcción de aprendizaje significativos.

Contenidos de apoyo. Conocimientos previos (fundamentalmente de carácter conceptual) de los que el alumno necesitará hacer uso para abordar las diferentes actividades.

Contenidos procedimentales. Son los aspectos culturales que suponen un conjunto de acciones ordenadas y orientadas a la consecución de una meta. Los procedimientos a enseñar pueden ser muy variados: acciones complejas o simples, mentales o físicas; por ejemplo la división con varias cifras, la realización de una voltereta. Habilidades técnicas y estrategias son procedimientos, es decir, acciones que llevan a un fin. No hay que confundir los procedimientos con la metodología o las actividades que planifica el profesor. Un procedimiento es la destreza que como contenido queremos que el alumno aprenda y para conseguirla pueden hacerse distintas actividades. Las orientaciones didácticas ofrecen información sobre cómo trabajar este tipo de contenido.

Diferenciación progresiva. Es un proceso en el que la estructura

cognitiva crece desde las ideas más generales a las más específicas, es decir, desde un todo más amplio e indiferenciado, pero conocido, a sus componentes más detallados.

Enfoque constructivista. El enfoque constructivista del proceso de enseñanza-aprendizaje parte de dos principios fundamentales:

- ✓ Los conocimientos son construidos activamente por las personas a partir de las ideas ya existentes en su estructura conceptual.
- ✓ El aprendizaje está condicionado por los conocimientos previos del sujeto.

Si hubiera que resumir en una sola frase la concepción constructivista, habría que recurrir a la célebre y feliz idea de Ausubel: “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente”.

Epistemología. Doctrina que reflexiona sobre los fundamentos, métodos y modos de crecimiento de la ciencia.

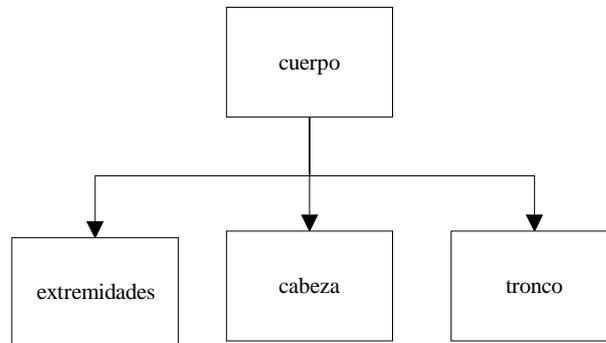
Epítome. Es una síntesis de toda la materia de tal manera que se proporcione una perspectiva general sólo de las partes fundamentales y sus relaciones más importantes. Se tratan, por tanto de una introducción que presenta un número muy pequeño de las ideas que van a enseñarse y se presentan en un nivel de aplicación concreto y significativo.

Errores conceptuales. Ideas que son producto de una defectuosa comprensión de los contenidos impartidos.

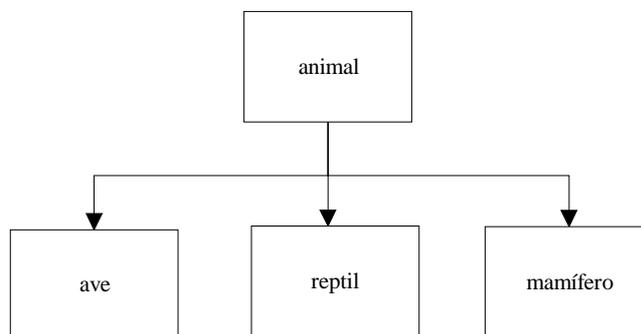
Estrategias de aprendizaje. Secuencias integradas de procedimientos o actividades que se eligen con el propósito de facilitar la adquisición, almacenamiento y/o utilización de la información.

Estructura taxonómica. Relaciona conceptos. Esta relación puede ser superordinada o subordinada. Pero a su vez, se dan dos tipos:

✓ De partes. Los conceptos que intervienen son partes de un concepto dado.



✓ De tipos. Los conceptos que intervienen son variedades o tipos de un concepto dado.



Ideas previas, ideas intuitivas, teorías implícitas, preconcepciones o esquemas conceptuales. Ideas elaboradas por el alumno en un intento de explicación racional de sus experiencias cotidianas. Son semejantes para un gran número de ellos y aparecen organizadas en estructuras más o menos complejas y con suficiente grado de coherencia interna como para que, en muchos casos, resulten extraordinariamente resistentes al cambio.

Listado. No es propiamente una estructura. Muestra solamente relaciones entre los “atributos” de un concepto. Por ejemplo, las rocas pueden ser “listadas” en orden de su dureza. Las relaciones entre los atributos de los componentes de

una lista son muy diferentes de las relaciones entre los componentes de una estructura, porque, dado un conjunto de componentes de una lista (por ejemplo, las rocas) hay muchas posibles formas de ordenación dependiendo del atributo seleccionado (tamaño, forma, dureza, etc.). La estructura, en cambio, está basada en un único tipo de relación, la cual existe entre los componentes más que entre los atributos de aquellos.

Mapa conceptual. Instrumento que facilita el análisis interno de un determinado contenido, explicitando sus relaciones lógicas y sus niveles de complejidad para diferentes propósitos. Es un procedimiento gráfico para explicitar nuestro conocimiento sobre conceptos y relaciones entre los mismos en forma de proposiciones verbales.

Matriz. Es una relación entre conceptos que combina los dos tipos de estructuras taxonómicas, de tipo y de parte.

	Reptiles	Mamíferos	Aves
Herbívoros	tortuga	vaca	Etc.
Carnívoros	serpiente
Omnívoros	lagarto

Nivel de elaboración. Es uno de los pasos a seguir dentro de la secuencia elaborativa. En él se desarrolla la materia hasta un determinado grado de profundización, analizándose cada una de las partes.

Prerrequisitos de aprendizaje. Son las ideas previas que un estudiante debe poseer (normalmente adquiridos a través de la instrucción anterior) antes de aprender otra nueva.

Organizador previo o Contenido organizador. Es un material introductorio, a un nivel elevado de generalidad e inclusividad que se presenta antes del material de aprendizaje, que sea explícitamente pertinente a la tarea de aprendizaje propuesta.

Objetivos generales. Son las capacidades que se quieren desarrollar en el alumno como consecuencia de la intervención escolar. Las capacidades se refieren a cinco grandes aspectos: cognitivas o intelectuales, motrices, de equilibrio

personal o afectivas, de relación interpersonal, y de actuación e inserción social. En la redacción de los objetivos se trata de contemplar el aspecto integral de la persona relacionando varias capacidades en un mismo enunciado. Los objetivos pueden ser de etapa y de área. Son el referente obligado de la evaluación porque señalan la intención educativa, pero es necesario elaborar unos indicadores que señalen el dominio concreto según los alumnos y los contenidos trabajados.

Objeto modelo. Es la segunda fase en la elaboración de una teoría física. Es una representación de ciertas características del mismo. Se da aquí una restricción intencionada con la intención de facilitar la representación mental del sistema físico. De esta manera, se renuncia a algunos de los rasgos o propiedades de los objetos que componen el sistema y se fija la atención en aquellos que interesan.

El objeto modelo del péndulo antes descrito sería lo que hemos llamado “péndulo simple”: el hilo se supone sin masa e inextensible y de la esfera sólo interesa su masa, pero no el volumen, densidad, etc., reduciéndose a un punto material.

En el ejemplo del sistema físico formado por las dos esferas, tal vez nos interesa ignorar la existencia del campo gravitatorio, o del rozamiento y empuje del aire, así como del tamaño de dichas esferas, etc.

Proyecto educativo de centro (PEC). Constituye el trabajo que explica las ideas educativas del centro, las distintas necesidades del contexto y la organización en que se basan los recursos. Es el documento que presenta sus señas de identidad, lo que es y quiere ser como empresa educativa. Su redacción permite una coherencia en la intervención con los alumnos y posibilita a los profesionales y a los padres conocer el estilo, las prioridades educativas, los fundamentos pedagógicos ..., para poder participar conjuntamente en su construcción y desarrollo. Supone un trabajo en equipo que debe aprobar el Consejo Escolar.

Reconciliación integradora. Es un proceso en el que el individuo capta nuevas relaciones entre varios conceptos o proposiciones, permitiendo así su

integración en una idea más inclusiva. Estos conceptos o proposiciones adquieren, en consecuencia, la forma de una nueva organización ideativa, que genera, por tanto, un nuevo significado.

Sistema físico. Es el primer eslabón en la construcción de una teoría física. Está formado por los objetos físicos, perfectamente diferenciados de lo que es exterior al sistema y claramente identificados en todo instante, incluso a través de los posibles cambios que hubiere. Por ejemplo, un sistema físico podría ser un péndulo, formado por un hilo suspendido por un extremo y una esferita colgada del otro. Otro sencillo ejemplo lo constituirían dos esferas de acero situadas en sendos puntos del espacio que delimita el laboratorio.

Sistema teórico. Este tercer paso en la construcción de las teorías físicas consiste en asignar al objeto modelo unos estados, determinados por unas magnitudes claramente definidas. Si bien un objeto modelo no tiene que ser exclusivo de un sistema teórico concreto (por ejemplo, el objeto modelo formado por partículas puntuales puede pertenecer tanto a la teoría cinética de los gases perfectos como a cualquier otra parcela de la Física Estadística), éste sí es específico (aunque no único) de cada tipo de fenómeno físico.

En el ejemplo del péndulo que venimos utilizando, los estados se referirían a las distintas posiciones que puede tener el péndulo, incluyendo el conocimiento de velocidades, aceleraciones, energía, etc. Es decir, la definición de los estados de este sistema teórico implicaría la utilización de conceptos como: masa, posición, velocidad, aceleración, etc.