

**Universidad de Granada**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**  
**Departamento de Didáctica de las Ciencias**  
**Experimentales**



**TESIS DOCTORAL**

**APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS *VERSUS***  
**APRENDIZAJE DE CONTENIDOS CIENTÍFICOS.**

LA COMPETENCIA CIENTÍFICA DE EXPLICAR FENÓMENOS CIENTÍFICAMENTE  
RELACIONADOS CON LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA

Autora  
**Mg. Graciela Inés Núñez Benavídez**

Directora  
**Dra. Alicia Benarroch Benarroch**

GRANADA, 2015

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales

Autora: Graciela Inés Núñez Benavídez

ISBN: 978-84-9125-799-8

URI: <http://hdl.handle.net/10481/43560>

**APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS *VERSUS* APRENDIZAJE DE  
CONTENIDOS CIENTÍFICOS.**

**La Competencia Científica de Explicar Fenómenos Científicamente  
relacionados con la Estructura de la Materia**

Memoria que presenta

**Graciela Inés Núñez Benavídez**

Para optar al grado de Doctor por la Universidad de Granada

Granada, 2015



La doctoranda DÑA. GRACIELA INÉS NÚÑEZ BENAVIDEZ y la Directora de la Tesis DÑA. ALICIA BENARROCH BENARROCH, garantizamos, al firmar esta tesis doctoral, que el trabajo ha sido realizado por la doctoranda bajo la dirección de la directora de la tesis y hasta donde nuestro conocimiento alcanza, en la realización del trabajo, se han respetado los derechos de otros autores a ser citados, cuando se han utilizado sus resultados o publicaciones.

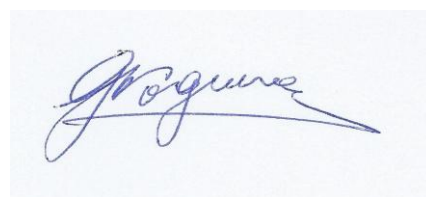
Melilla, Julio de 2015

Directora de la Tesis

Handwritten signature of Alicia Benarroch in blue ink, featuring a large, stylized initial 'A' and the name 'Benarroch' written in a cursive script.

Fdo.: Alicia Benarroch

Doctoranda

Handwritten signature of Graciela Inés Núñez Benavidez in blue ink, featuring a large, stylized initial 'G' and the name 'Graciela' written in a cursive script.

Fdo.: Graciela Inés Núñez Benavidez



A mi familia y a mis compañeros de trabajo que me alentaron en este camino.





# Agradecimientos

A mi directora de tesis, Alicia Benarroch, por su generosidad y dedicación para guiarme y acompañarme en mi trabajo.

A la Universidad Nacional de San Juan que mediante una beca financió parte de los costos de este Doctorado.

A las Universidades de Mendoza y Granada, que me han dado esta oportunidad.



# Resumen amplio

Esta investigación, anclada en las investigaciones sobre concepciones alternativas, trata de ir más allá de las mismas, y encontrar nexos de unión con el nuevo reto de evaluación del aprendizaje de competencias. La pregunta básica que subyace en ella es ¿se podría utilizar algunos de los constructos edificados en la evaluación de las concepciones alternativas para afrontar el desafío de la evaluación de competencias? La importancia de la cuestión es evidente por las elevadas expectativas generadas en torno al aprendizaje de competencias para la mejora general de la enseñanza en todos los niveles educativos.

En el marco teórico se realiza una revisión del concepto de competencia y de los elementos que abarca. Asimismo, se indaga en la línea de investigación de las concepciones alternativas, relacionadas con la Naturaleza Corpuscular de la Materia, por ser este contenido el que subyace en una de las competencias sistemáticamente trabajadas en el marco de la evaluación PISA (**P**rogramme for **I**nternational **S**tudent **A**ssessment), expresada como “*explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)*” (INE, 2013).

De él, se extraen los presupuestos teóricos de la investigación, que se pueden sintetizar en:

- Por las similitudes de regularidad existentes entre (i) competencia científica y (ii) esquema explicativo, podría trazarse una equivalencia entre las demandas cognitivas de ambos constructos, a pesar de ser procedentes de distintas líneas de investigación. Para ambos, se pide que haya *repetición* ante variaciones del contexto, *generalización* a contextos similares y, ante lo nuevo, que se generen respuestas adecuadas (*diferenciación*).
- Aprender competencias implica por tanto movilizar niveles de esquemas explicativos.
- El aprendizaje de competencias es distinto del aprendizaje de contenidos científicos. El primero conlleva la *integración* de contenidos en las estructuras cognoscitivas, mientras que el aprendizaje de contenidos científicos sólo implica la *memorización* y la *comprensión*, lo que estrictamente hablando sería progreso pero no construcción de estructuras.

Con estos presupuestos, el problema se operativiza en encontrar una metodología que pueda discernir entre aprendizaje de contenidos y aprendizaje de competencias (vs cambios de niveles de esquemas explicativos).

Para ello, se ha sometido a dos grupos de estudiantes de edades muy diferentes entre sí (grupo de 12-13 años N=31 y grupo de universitarios N=29), a una intervención didáctica limitada (4 sesiones de trabajo) y se ha evaluado su aprendizaje a través de idéntico cuestionario administrado antes y después de la intervención didáctica.

Las estrategias que han permitido discernir entre aprendizaje de contenidos y aprendizaje de competencias han sido:

- a) Adaptación de un cuestionario ya existente, diseñado mediante unas estrategias de confrontación y de variación contextual, cuyo objetivo es maximizar el número de respuestas de los estudiantes que provienen de sus verdaderos esquemas de conocimiento.
- b) Aplicación del cuestionario antes y después de la intervención didáctica.
- c) Análisis de las respuestas de los estudiantes, agrupación de las mismas y jerarquización, alcanzando a construir las variables categoriales ordinales asociadas al cuestionario.
- d) Análisis cuantitativo de datos, importante sobre todo para identificar las variables más significativas que se debe introducir en un *análisis de correspondencias múltiples* a través del cual se consiga determinar los niveles explicativos de los estudiantes.
- e) Tras la aplicación de los dos apartados anteriores a los resultados de los cuestionarios antes y después de la intervención didáctica, se habrían alcanzado los valores de los niveles explicativos tanto anteriores como posteriores a la misma, pero éstos deben ser recodificados para poder ser comparados, mediante un nuevo *análisis de correspondencias múltiples* que parta de la consideración de todas las variables anteriores y posteriores. Así se alcanzan los niveles explicativos transformados (o proyectados sobre el espacio gráfico de todas las variables anteriores y posteriores).
- f) Tras la aplicación de los cuatro apartados anteriores a los resultados de los estudiantes de 12-13 años y a los estudiantes universitarios, por separado, ha sido necesario generar un nuevo *análisis de correspondencias múltiples* que parte de la consideración de todas las variables antes y poste de ambos grupos de estudiantes. Así se han alcanzado los niveles explicativos identificados con las variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT como variable común a ambos grupos de estudiantes.

Entre los principales resultados alcanzados, destacamos:

1. Los niveles explicativos-competenciales oscilan preferentemente:
  - a) para los estudiantes de 12-13 años, entre los valores 1 y 2 antes y después de la intervención didáctica. Sólo tres estudiantes alcanzan el valor 3 tras la misma.
  - b) para los estudiantes universitarios, entre los valores 3 y 4 antes de la intervención didáctica, y entre los valores 3 y 5 después de dicha intervención. Sólo tres estudiantes mantienen el valor 1 antes y después de la intervención didáctica.
2. El aprendizaje de competencias o cambios de niveles explicativos ha sido, para ambos grupos de estudiantes, pequeño o nulo, de media. Este resultado global se debe a que la mayoría de los estudiantes no movilizan sus niveles explicativos y a que algunos lo hacen en un sentido positivo y otros en un sentido negativo.
3. El aprendizaje de contenidos específicos ha sido alto para ambos grupos de estudiantes, y ligera pero significativamente superior para los de 12-13 años respecto a los universitarios.

4. La variabilidad del aprendizaje de competencias que se explica por la variación en el aprendizaje de contenidos específicos es del 24,8% para los estudiantes universitarios, del 37,7% para los estudiantes de 12-13 años y del 30,8% para la muestra total. Esto es, aprender competencias es distinto de aprender contenidos específicos, pero no son independientes entre sí.
5. El modelo cognoscitivo de Marín (1994a; 1994b; 2003 y 2005) y de Benarroch y Marín (1997) ha sido útil para interpretar los resultados obtenidos. Concretamente, se postula, a partir de este modelo, que el aprendizaje de contenidos específicos implica *reestructuración débil* -enriquecimiento y ampliación de la capacidad asimiladora- de los esquemas específicos, mientras que el aprendizaje de competencias implica *reestructuración fuerte* de los esquemas específicos y/o generales. Tras la intervención didáctica limitada, se ha permitido el aprendizaje de contenidos específicos, pero no se ha alcanzado la reestructuración fuerte, que exige el aprendizaje de competencias, pues esta es costosa y conlleva un tiempo alto de implicación afectiva y cognitiva por parte del estudiante.
6. Además, y según Benarroch (2001), en la progresión de niveles explicativos-competenciales en el ámbito de la naturaleza corpuscular de la materia, hay involucrados esquemas específicos y generales. Concretamente, en el cambio de nivel 2->3, está involucrado un esquema general operatorio (diferenciación entre volumen total y volumen corpuscular total), mientras que los restantes cambios de nivel están asociados a reestructuraciones de esquemas específicos. Así se explica (i) la dificultad del cambio aludido para los estudiantes de 12-13 años, y (ii) la barrera encontrada entre los niveles explicativos de ambos grupos de estudiantes.

En definitiva, se confirma que aprender competencias es difícil, pues implica reestructuración fuerte de esquemas, y no es una cuestión de todo o nada. La *progresión competencial* puede ser estructurada en niveles, cuya transición puede ser más o menos dificultosa. Hay niveles competenciales que son especialmente dificultosos de alcanzar para los estudiantes de 12-13 años de edad, por la ausencia de esquemas generales –de carácter operatorio- que están implicados en dichos cambios. Estas dificultades desaparecen entre los estudiantes universitarios.

En el presente estudio se utilizan términos masculinos aludiendo a ambos géneros como grupo de población, para facilitar la lectura y sin existir ninguna intencionalidad de discriminación ni de tratamiento sexista del lenguaje. No obstante, en los análisis intergénero sí se realiza esta diferenciación.

**APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS VERSUS APRENDIZAJE DE  
CONTENIDOS CIENTÍFICOS.  
LA COMPETENCIA CIENTÍFICA DE EXPLICAR FENÓMENOS CIENTÍFICAMENTE  
RELACIONADOS CON LA ESTRUCTURA DE LA MATERIA.**

AGRADECIMIENTOS.....	9
RESUMEN AMPLIO.....	11
ÍNDICE.....	15
ÍNDICE DE TABLAS.....	20
ÍNDICE DE FIGURAS.....	25

Capítulo 1

**INTRODUCCIÓN Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....29**

<b>1.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>31</b>
<b>1.2</b>	<b>SUPUESTOS PREVIOS</b>	<b>32</b>
	1.2.1 El concepto de competencia científica y sus cualidades destacables para este trabajo	32
	1.2.2 El concepto de “esquema explicativo” construido en investigaciones previas sobre el conocimiento de los estudiantes	33
	1.2.3 La relación entre competencia científica y esquema explicativo	36
<b>1.3</b>	<b>OBJETIVOS Y ESTRUCTURA GENERAL DEL TRABAJO</b>	<b>37</b>

Capítulo 2

**MARCO TEÓRICO .....39**

<b>2.1</b>	<b>EL APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS</b>	<b>41</b>
	2.1.1 Del aprendizaje de la cultura a la cultura del aprendizaje. ¿Qué cambia en la enseñanza de las ciencias?	41
	2.1.2 El estado actual de la enseñanza de las ciencias experimentales	43
	2.1.3 La competencia científica: la nueva moda curricular que trata de dar respuesta a las necesidades sociales	50
	2.1.4 La competencia científica en el curriculum español, argentino y en PISA	57
	2.1.5 Desgranando el concepto de competencia y sus implicaciones para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias	62
	2.1.6 Competencia versus conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales El aprendizaje de los contenidos actitudinales en la enseñanza (72); El aprendizaje de los contenidos procedimentales en la enseñanza (73); El aprendizaje de los contenidos conceptuales en la enseñanza (76)	71
	2.1.7 El aprendizaje de competencias científicas	79

	2.1.8.	¿Qué información del estudiante es relevante para enseñar competencias científicas?	85
	2.1.9.	La competencia científica PISA: “Explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)”	88
<b>2.2</b>	<b>EL APRENDIZAJE SOBRE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA</b>		<b>92</b>
	2.2.1	La NCM y su importancia en la ciencia La potencialidad de la NCM para la resolución de cuestiones físicas en la vida cotidiana (96); La NCM como introducción al mundo conceptual de la Química (98); La NCM como recurso para aprender sobre la ciencia (99)	92
	2.2.2	La Naturaleza Corpuscular de la Materia y su importancia para la modelización	100
	2.2.3	La NCM y su importancia en la investigación educativa	105
	2.2.4	Las investigaciones sobre aprendizaje en NCM Investigaciones referidas a concepciones de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular de la materia (106); Propuestas de enseñanza sobre la naturaleza corpuscular de la materia (118)	106
<b>2.3</b>	<b>SÍNTESIS DEL CAPÍTULO</b>		<b>128</b>

### Capítulo 3

## **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN ..... 131**

<b>3.1</b>	<b>INTRODUCCIÓN: PRESUPUESTOS METODOLÓGICOS</b>		<b>133</b>
<b>3.2</b>	<b>HIPÓTESIS DE TRABAJO</b>		<b>136</b>
	3.2.1	Hipótesis relacionadas con niveles explicativos y su eventual identificación	136
	3.2.2	Hipótesis relacionadas con la evaluación del aprendizaje	137
	3.2.3	Hipótesis relacionadas con el aprendizaje de contenidos y competencias	137
	3.2.4	Hipótesis fundamentadas en el modelo cognoscitivo propuesto	138
<b>3.3</b>	<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>		<b>138</b>
	3.3.1	Participantes	138
	3.3.2	Instrumento de recogida de datos	139
	3.3.3	Diseño de enseñanza	141
	3.3.4	Aplicación de la prueba seleccionada en instancia de pretest	159
	3.3.5	Aplicación de propuesta de enseñanza	159
	3.3.6	Aplicación de la prueba seleccionada en instancia de postest	159
<b>3.4</b>	<b>TRATAMIENTO DE LOS DATOS</b>		<b>160</b>
	3.4.1.	Agrupamiento y jerarquización de las respuestas de los estudiantes	160
	3.4.2	Módulos categoriales de los estudiantes de 12-13 años en el pretest y postest	163
	3.4.3	Módulos categoriales de los estudiantes universitarios en el pretest y postest	180
<b>3.5</b>	<b>MATRICES DE DATOS</b>		<b>198</b>



Capítulo 4

**RESULTADOS I: APRENDIZAJE EN LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS ..... 205**

<b>4.1</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES INICIALES DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS (GRUPO E-PRE)</b>	<b>207</b>
4.1.1	Análisis estadístico de variables	208
4.1.2	Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster	211
4.1.3	Análisis de correspondencias múltiples	214
4.1.4	Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes	218
<b>4.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES FINALES DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS (GRUPO E-POS)</b>	<b>220</b>
4.2.1	Análisis estadístico de variables	220
4.2.2	Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster	223
4.2.3	Análisis de correspondencias múltiples	227
4.2.4	Identificación de los niveles explicativos finales de los estudiantes	230
<b>4.3</b>	<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS</b>	<b>232</b>
4.3.1	Resultados de aprendizaje a partir del rendimiento acumulado en la entrevista	232
4.3.2	Resultados de aprendizaje a partir de los niveles de esquemas explicativos	235

Capítulo 5

**RESULTADOS II: APRENDIZAJE EN LOS UNIVERSITARIOS ..... 241**

<b>5.1</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES INICIALES DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS (GRUPO U-PRE)</b>	<b>243</b>
5.1.1	Análisis estadístico de variables	244
5.1.2	Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster	248
5.1.3	Análisis de correspondencias múltiples	251
5.1.4	Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes	255
<b>5.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES FINALES DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS (GRUPO U-POS)</b>	<b>257</b>
5.2.1	Análisis estadístico de variables	258
5.2.2	Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster	260
5.2.3	Análisis de correspondencias múltiples	262
5.2.4	Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes	265
<b>5.3</b>	<b>RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS</b>	<b>267</b>
5.3.1	Resultados de aprendizaje a partir del rendimiento acumulado en la entrevista	267
5.3.2	Resultados de aprendizaje a partir de los niveles de esquemas explicativos	270

## Capítulo 6

### **RESULTADOS III: COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE ENTRE ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS Y UNIVERSITARIOS .....277**

<b>6.1</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE CONSIDERADO COMO GANANCIA DE RAE</b>	<b>282</b>
<b>6.2</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE CONSIDERADO COMO GANANCIA DE NIVEL EXPLICATIVO</b>	<b>286</b>
<b>6.3</b>	<b>COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS</b>	<b>293</b>
6.3.1	Relación entre aprendizaje de competencias y aprendizaje de contenidos	294
<b>6.4</b>	<b>SIGNIFICADO FÍSICO DE LOS NIVELES EXPLICATIVOS</b>	<b>299</b>

## Capítulo 7

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES .....303**

<b>7.1</b>	<b>CONTRASTE DE HIPÓTESIS</b>	<b>305</b>
7.1.1	Hipótesis relacionadas con los niveles explicativos	305
7.1.2	Hipótesis relacionadas con el aprendizaje	311
7.1.3	Hipótesis relacionadas con la comparación entre aprendizaje de contenidos y competencias	313
7.1.4	Hipótesis relacionada con el modelo cognoscitivo propuesto	313
<b>7.2</b>	<b>CONCLUSIONES MÁS RELEVANTES</b>	<b>316</b>
<b>7.3</b>	<b>DISCUSIÓN E IMPLICACIONES</b>	<b>318</b>

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>321</b>
-----------------------------------	------------

## **ANEXOS**

ANEXO 1.	CUESTIONARIO	339
ANEXO 2.	PROPUESTA DE ENSEÑANZA	347
ANEXO 3.	CATEGORÍAS EMPÍRICAS DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS	359
ANEXO 4.	CATEGORÍAS EMPÍRICAS DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS	379
ANEXO 5.	CATEGORÍAS ESTRUCTURALES	399

## **ANEXOS DIGITALES: TRABAJOS PUBLICADOS DE LA TESIS**

ANEXO DIGITAL 1	Núñez, G. y Benarroch, A. (2010) Análisis de competencias utilizadas por alumnos universitarios en la aplicación de una propuesta sobre Modelo Corpuscular de la Materia. VI Jornadas Internacionales y IX Jornadas Nacionales de Enseñanza Universitaria de la Química. 9 al 11 de julio de 2010. Santa Fe. Argentina.
ANEXO DIGITAL 2	Benarroch, A. y Núñez, G. (2014). Aprendizaje de competencias versus conocimientos específicos sobre el modelo corpuscular de la materia. II Simposio Internacional de Enseñanza de las Ciencias. Congreso virtual, 13 al 16 de octubre de 2014. En Membiela, P., Casado, N., y Cebreiros, M.I. (Eds.). <i>La enseñanza de las ciencias: desafíos y perspectivas</i> (en prensa). Ourense: Educación Editora.
ANEXO DIGITAL 3	Benarroch, A. y Nuñez, G. (2015). Aprendizaje de competencias científicas versus aprendizaje de contenidos específicos. Una propuesta de evaluación. <i>Enseñanza de las Ciencias</i> , 33(2), pp. 9-27. DOI: <a href="http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1578">http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1578</a>



## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Tipos de competencias que se evalúan en los proyectos Tuning.....</i>	54
<b>Tabla 2</b>	<i>Listados de las seis competencias priorizadas por los colectivos encuestados en los proyectos Tuning europeo y Tuning para América Latina.....</i>	54
<b>Tabla 3</b>	<i>Características de las competencias.....</i>	68
<b>Tabla 4</b>	<i>Fases en el entrenamiento procedimental: de la técnica a la estrategia (Fuente: Pozo y Gómez Crespo, 1998).....</i>	76
<b>Tabla 5</b>	<i>Tipos de reestructuraciones de los esquemas de conocimiento (Fuente: Elaboración propia a partir de Marín, 2003).....</i>	83
<b>Tabla 6</b>	<i>Diseño de un cuestionario para identificar conocimientos previos relacionados con la competencia científica pisa “Explicar fenómenos científicamente relacionadas con la estructura de la materia (modelo de partículas)”.....</i>	88
<b>Tabla 7</b>	<i>Contenidos del currículum español relacionados con la NCM.....</i>	94
<b>Tabla 8</b>	<i>Postulados de la teoría de la naturaleza corpuscular de la materia. Fuente: Benarroch (1998a).....</i>	95
<b>Tabla 9</b>	<i>Comparación semántica entre los niveles de descripción empírico, modelo cinético-corpuscular y modelo atómico corpuscular. Fuente: Benarroch (2000c).....</i>	104
<b>Tabla 10</b>	<i>Contenidos y actividades propuestas por Oliva et al. (2003). Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta.....</i>	120
<b>Tabla 11</b>	<i>Comparación entre el análogo y el sistema propuesta por Oliva y Aragón (2008). Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo citado.....</i>	125
<b>Tabla 12</b>	<i>Cuestionario y nombre de las variables generadas con descripción de su contenido.....</i>	161
<b>Tabla 13</b>	<i>Construcción de la variable AMA para los estudiantes de 12-13 años.....</i>	198
<b>Tabla 14</b>	<i>Matrices de datos construidas en la investigación.....</i>	199
<b>Tabla 15</b>	<i>Matriz de datos E_PRE.....</i>	201
<b>Tabla 16</b>	<i>Matriz de datos E_POS.....</i>	202
<b>Tabla 17</b>	<i>Matriz de datos U_PRE.....</i>	203
<b>Tabla 18</b>	<i>Matriz de datos U_POS.....</i>	204
<b>Tabla 19</b>	<i>Matriz de correlaciones E_PRE (estudiantes de 12-13 años antes de la intervención).....</i>	208
<b>Tabla 20</b>	<i>Análisis factorial de E_PRE. Varianza total explicada.....</i>	210
<b>Tabla 21</b>	<i>Análisis factorial de E_PRE. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos.....</i>	210
<b>Tabla 22</b>	<i>Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos E_PRE.....</i>	211
<b>Tabla 23</b>	<i>Centros iniciales de los conglomerados en E_PRE.....</i>	212
<b>Tabla 24</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E_PRE (variable</i>	212

	<i>CLUSTER)</i> .....	
<b>Tabla 25</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E_PRE (variable CLUSTER_A)</i> .....	213
<b>Tabla 26</b>	<i>Resumen del modelo utilizado en el ACM (E_PRE)</i> .....	215
<b>Tabla 27</b>	<i>Nivel explicativo de los estudiantes de 12-13 años obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM</i> .....	219
<b>Tabla 28</b>	<i>Comparación de los valores de las variables 'NIVEL_PRE' y 'CLUSTER_A' para estudiantes de 12-13 años</i> .....	219
<b>Tabla 29</b>	<i>Matriz de correlaciones de E_POS</i> .....	222
<b>Tabla 30</b>	<i>Análisis Factorial de E_POS. Varianza total explicada</i> .....	223
<b>Tabla 31</b>	<i>Análisis factorial de E_POS. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos</i> .....	223
<b>Tabla 32</b>	<i>Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos E_POS</i> .....	224
<b>Tabla 33</b>	<i>Centros iniciales de los conglomerados en E_POS</i> .....	225
<b>Tabla 34</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E_POS (variable CLUSTER)</i> .....	225
<b>Tabla 35</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E_POS (variable CLUSTER_B)</i> .....	226
<b>Tabla 36</b>	<i>Resumen del modelo utilizado en el ACM (E_POS)</i> .....	228
<b>Tabla 37</b>	<i>Nivel explicativo final de los estudiantes de 12-13 años, obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM</i> .....	231
<b>Tabla 38</b>	<i>Comparación de los valores de las variables 'NIVEL_POS' y 'CLUSTER_B' para estudiantes de 12-13 años</i> .....	231
<b>Tabla 39</b>	<i>Rendimientos acumulados de la entrevista (RAE) antes y después de la intervención educativa para estudiantes de 12-13 años</i> .....	233
<b>Tabla 40</b>	<i>Prueba T de medias entre RAE_A y RAE_B para muestras relacionadas (estudiantes de 12-13 años)</i> .....	233
<b>Tabla 41</b>	<i>Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de 12-13 años</i> .....	233
<b>Tabla 42</b>	<i>Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de 12-13 años</i>	234
<b>Tabla 43</b>	<i>Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de 12-13 años</i> .....	234
<b>Tabla 44</b>	<i>Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de 12-13 años</i>	234
<b>Tabla 45</b>	<i>Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de 12-13 años</i> .....	234
<b>Tabla 46</b>	<i>Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de 12-13 años</i>	234
<b>Tabla 47</b>	<i>Matriz de correlaciones entre variables anteriores y posteriores a la intervención didáctica</i> .....	235
<b>Tabla 48</b>	<i>Resumen del modelo del ACM para estudiantes de 12-13 años (Matrices E_PRE y E_POS)</i> .....	236
<b>Tabla 49</b>	<i>Valores de las variables NIVEL_PRE_T y NIVEL_POS_T para estudiantes de 12-13 años</i> .....	238

<b>Tabla 50</b>	<i>Tabla de contingencia NIVEL_PRE_T * NIVEL_POS_T para estudiantes de 12-13 años.....</i>	238
<b>Tabla 51</b>	<i>Matriz de correlaciones U_PRE (Universitarios antes de la intervención)</i>	245
<b>Tabla 52</b>	<i>Análisis factorial de U_PRE. Varianza total explicada.....</i>	247
<b>Tabla 53</b>	<i>Análisis factorial de U_PRE. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos.....</i>	247
<b>Tabla 54</b>	<i>Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos U_PRE.....</i>	248
<b>Tabla 55</b>	<i>Centros iniciales de los conglomerados en U_PRE.....</i>	249
<b>Tabla 56</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E_PRE (variable CLUSTER).....</i>	249
<b>Tabla 57</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes U_PRE (variable CLUSTER_A).....</i>	250
<b>Tabla 58</b>	<i>Resumen del modelo utilizado en el ACM (U_PRE).....</i>	252
<b>Tabla 59</b>	<i>Nivel explicativo previo ('NIVEL_PRE') de los estudiantes universitarios obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM.....</i>	256
<b>Tabla 60</b>	<i>Comparación de los valores de las variables 'NIVEL_PRE' y 'CLUSTER_A' para universitarios.....</i>	256
<b>Tabla 61</b>	<i>Matriz de correlaciones de U_POS.....</i>	258
<b>Tabla 62</b>	<i>Análisis Factorial de U_POS. Varianza total explicada.....</i>	259
<b>Tabla 63</b>	<i>Análisis factorial de U_POS. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos.....</i>	259
<b>Tabla 64</b>	<i>Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos U_POS.....</i>	260
<b>Tabla 65</b>	<i>Centros iniciales de los conglomerados en U_POS.....</i>	261
<b>Tabla 66</b>	<i>Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes U_POS (variable CLUSTER_B).....</i>	261
<b>Tabla 67</b>	<i>Resumen del modelo utilizado en el ACM (U_POS).....</i>	263
<b>Tabla 68</b>	<i>Nivel explicativo final de los universitarios, obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM.....</i>	266
<b>Tabla 69</b>	<i>Comparación de los valores de las variables 'NIVEL_POS' y 'CLUSTER_B' para universitarios.....</i>	266
<b>Tabla 70</b>	<i>Rendimientos acumulados de la entrevista (RAE) antes y después de la intervención educativa para estudiantes universitarios.....</i>	268
<b>Tabla 71</b>	<i>Prueba T de medias entre RAE_A y RAE_B para muestras relacionadas (estudiantes universitarios).....</i>	268
<b>Tabla 72</b>	<i>Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de universitarios.....</i>	268
<b>Tabla 73</b>	<i>Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de universitarios</i>	268
<b>Tabla 74</b>	<i>Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de universitarios.....</i>	269
<b>Tabla 75</b>	<i>Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de universitarios</i>	269

<b>Tabla 76</b>	<i>Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de universitarios.....</i>	269
<b>Tabla 77</b>	<i>Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de universitarios.....</i>	269
<b>Tabla 78</b>	<i>Matriz de correlaciones entre variables anteriores y posteriores a la intervención didáctica.....</i>	271
<b>Tabla 79</b>	<i>Resumen del modelo del ACM para estudiantes universitarios (Matrices U_PRE y U_POS).....</i>	272
<b>Tabla 80</b>	<i>Valores de las variables NIVEL_PRE_T y NIVEL_POS_T para universitarios.....</i>	275
<b>Tabla 81</b>	<i>Tabla de contingencia NIVEL_PRE_T * NIVEL_POS_T para universitarios</i>	275
<b>Tabla 82</b>	<i>Estadísticos descriptivos de las variables de entrada en el estudio comparativo.....</i>	280
<b>Tabla 83</b>	<i>Variables involucradas en la construcción de NIVEL_PRE_T y NIVEL_POS_T.....</i>	281
<b>Tabla 84</b>	<i>Prueba T para la igualdad de medias de la variable GANANCIA_RAE entre ambos grupos de estudiantes.....</i>	285
<b>Tabla 85</b>	<i>Correlaciones entre las variables cuando se consideran conjuntamente todos los estudiantes.....</i>	287
<b>Tabla 86</b>	<i>Análisis factorial con las variables más significativas cuando se consideran conjuntamente todos los estudiantes.....</i>	288
<b>Tabla 87</b>	<i>Análisis factorial con las variables más significativas cuando se consideran conjuntamente todos los estudiantes. Matriz de componentes.....</i>	288
<b>Tabla 88</b>	<i>Valores de las nuevas variables NIVEL_PRE_TT y NIVEL_POS_TT.....</i>	290
<b>Tabla 89</b>	<i>Estadísticos descriptivos de los niveles explicativos PRE y POS para estudiantes de 12-13 años.....</i>	291
<b>Tabla 90</b>	<i>Estadísticos descriptivos de los niveles explicativos PRE y POS para universitarios.....</i>	291
<b>Tabla 91</b>	<i>Prueba T para muestras independientes de GANANCIA_NIVEL entre ambos grupos de estudiantes.....</i>	292
<b>Tabla 92</b>	<i>Número de estudiantes de ambos grupos que avanzan, permanecen y retroceden en sus niveles competenciales.....</i>	294
<b>Tabla 93</b>	<i>Correlaciones entre GANANCIA_NIVEL y GANANCIA_RAE.....</i>	296
<b>Tabla 94</b>	<i>Resumen del modelo de regresión lineal de GANANCIA_NIVEL de GANANCIA_RAE.....</i>	296
<b>Tabla 95</b>	<i>ANOVA del modelo de regresión lineal de GANANCIA_NIVEL de GANANCIA_RAE.....</i>	297
<b>Tabla 96</b>	<i>Coefficientes del modelo de regresión lineal de GANANCIA_NIVEL respecto a GANANCIA_RAE.....</i>	297
<b>Tabla 97</b>	<i>Significado de los niveles explicativos (Benarroch, 1998).....</i>	301
<b>Tabla 98</b>	<i>Descriptivos para NIVEL_PRE_TT de los estudiantes de 12-13 años.....</i>	306
<b>Tabla 99</b>	<i>Descriptivos para NIVEL_PRE_TT de los estudiantes universitarios.....</i>	307
<b>Tabla 100</b>	<i>Descriptivos para NIVEL_POS_TT de los estudiantes de 12-13 años.....</i>	309



<b>Tabla 101</b>	<i>Descriptivos para NIVEL_POS_TT de los estudiantes universitarios.....</i>	310
<b>Tabla 102</b>	<i>Niveles explicativos encontrados por Benarroch (1997) para los estudiantes de las mismas edades que en nuestro estudio.....</i>	319

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Mapa de conceptos implicados en el epígrafe 1.2.2.....	35
<b>Figura 2</b>	Resultados de desempeño en ciencias en Latinoamérica. (Fuente: elaboración propia a partir de OCDE, 2014).....	44
<b>Figura 3</b>	Resultados por niveles de desempeño en ciencias en Latinoamérica. (Fuente: OCDE, 2007).....	45
<b>Figura 4</b>	Porcentaje de alumnos por nivel de desempeño en ciencias naturales de 2º/3º y 5º/6º año de escuela secundaria (Fuente: elaboración propia a partir de los datos del MEA, 2009a).....	46
<b>Figura 5</b>	Porcentajes de respuestas de los jóvenes europeos ante la cuestión “¿Estás pensando estudiar en los siguientes campos?” (Fuente: European Commission, 2008).....	47
<b>Figura 6</b>	Medias de las respuestas de los estudiantes agrupados por nivel educativo a dos ítems (Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de Vázquez y Manassero, 2008).....	47
<b>Figura 7</b>	Porcentajes de respuestas de los jóvenes de 27 países europeos ante la cuestión “ <i>Estas pensando estudiar ciencias naturales?</i> ” (Fuente: European Commission, 2008).....	48
<b>Figura 8</b>	Porcentaje del alumnado de nuevo ingreso en la universidad por rama de enseñanza. Cursos 1998-99 y 2008-09. (Fuente: ME, 2009).....	49
<b>Figura 9</b>	Porcentajes de nuevos inscriptos en carreras de pregrado y grado en Argentina. Año 2008. (Fuente: Elaboración propia a partir de MEA, 2009b).....	49
<b>Figura 10</b>	Marco de la evaluación en ciencias de PISA. (Fuente: OCDE, 2006).	61
<b>Figura 11</b>	Categorías del conocimiento de la ciencia en PISA. (Fuente: OCDE, 2006).....	62
<b>Figura 12</b>	Definición de competencia. (Fuente: Elaboración propia en base a la definición de Zabala y Arnau, 2007).....	67
<b>Figura 13</b>	Concepto de competencia usando el modelo del iceberg. (Fuente: Elaboración propia a partir de otros modelos similares).	70
<b>Figura 14</b>	Componentes de los contenidos procedimentales. (Fuente: adaptado de Pozo y Gómez Crespo, 1998).....	75
<b>Figura 15</b>	Red de Esquemas de Conocimiento existentes en la Estructura Cognoscitiva. (Fuente: Elaboración propia a partir de Marín, 1994a; 1994b, 2003 y 2005).....	80
<b>Figura 16</b>	Mapa de conceptos implicados en el trabajo.....	90
<b>Figura 17</b>	Esquema en el que se indica cómo se obtienen los esquemas explicativos y su vinculación con los esquemas de conocimiento	91
<b>Figura 18</b>	Relaciones entre el nivel fenomenológico y el nivel de modelización para explicar el comportamiento de la materia. (Fuente: Benarroch, 2000c).....	103
<b>Figura 19</b>	Modelo de materia correspondiente a los niveles explicativos de los alumnos referidos al Modelo Corpuscular (Elaboración propia en base a Benarroch, 2000b).....	113

<b>Figura 20</b>	El aprendizaje como un continuo entre contenidos específicos y competencias científicas.....	130
<b>Figura 21</b>	Delimitación de los planos de trabajo del conocimiento del alumno. (Elaboración propia en base a Benarroch, 1998).....	133
<b>Figura 22</b>	Posibles respuestas de los estudiantes ante una situación problema. (Elaboración propia en base a Benarroch, 1998. Explicación en el texto)	134
<b>Figura 23</b>	Representación cartesiana de la variable SUMA_A de los estudiantes de 12-13 años <i>antes</i> de la intervención. Asociación por conglomerados	214
<b>Figura 24</b>	Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de E_PRE.....	216
<b>Figura 25</b>	Análisis de correspondencias múltiples (E_PRE) realizado únicamente con las variables cuyas categorías se corresponden mejor.....	217
<b>Figura 26</b>	Análisis de correspondencias múltiples (E_PRE). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas y homogéneas (ACP_A, ALP_A, APO_A y SUMA_A)	218
<b>Figura 27</b>	Representación cartesiana de la variable SUMA_B de los estudiantes de 12-13 años <i>después</i> de la intervención. Asociación por conglomerados	227
<b>Figura 28</b>	Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de E_POS.....	229
<b>Figura 29</b>	Análisis de correspondencias múltiples (E_POS). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas (AGA_B, PIN_B, AMA_B, AMP_B, VER_B, TEM_B, ALP_B).....	230
<b>Figura 30</b>	Análisis de correspondencias múltiples (E_PRE_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables más significativas (AMA_A, AMA_B, AMP_B, VER_B y ALP_B).....	236
<b>Figura 31</b>	Análisis de correspondencias múltiples (E_PRE_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables NIVEL_POS y NIVEL_PRE en el espacio definido por las variables más significativas (AGA_B, PIN_B, AMA_B, AMP_B, VER_B, TEM_B, ALP_B).....	237
<b>Figura 32</b>	Representación cartesiana de la variable SUMA_A de los estudiantes universitarios antes de la intervención. Asociación por conglomerados	251
<b>Figura 33</b>	Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de U_PRE.....	253
<b>Figura 34</b>	Análisis de correspondencias múltiples (U_PRE) realizado únicamente con las variables cuyas categorías se corresponden mejor.....	254
<b>Figura 35</b>	Análisis de correspondencias múltiples (U_PRE). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas y homogéneas (AAN_A, ALA_A, APO_A, SUMA_A)	255
<b>Figura 36</b>	Representación cartesiana de la variable SUMA_B de los estudiantes universitarios <i>después</i> de la intervención. Asociación por conglomerados.....	262
<b>Figura 37</b>	Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de U_POS.....	264
<b>Figura 38</b>	Análisis de correspondencias múltiples (U_POS). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas (PIN_B, VER_B, TEM_B, ALP_B, ACP_B, AAN_B, APO_B y GCO_B).....	265
<b>Figura 39</b>	Análisis de correspondencias múltiples (U_PRE_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables más significativas (ALA_A, ALP_A, AAN_A, APO_A, ALP_B, APO_B y AAN_B).....	273
<b>Figura 40</b>	Análisis de correspondencias múltiples (U_PRE_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables NIVEL_POS y NIVEL_PRE en el espacio definido por las variables más significativas (ALA_A, ALP_A, AAN_A, APO_A, ALP_B, APO_B y AAN_B).....	274

<b>Figura 41</b>	Representación de RAE_A frente a la EDAD.....	282
<b>Figura 42</b>	Representación de RAE_B frente a la EDAD.....	283
<b>Figura 43</b>	Representación de RAE_B frente a RAE_A.....	284
<b>Figura 44</b>	Gráfico comparativo de los niveles iniciales medios y de las ganancias RAE de los estudiantes y universitarios.....	286
<b>Figura 45</b>	Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas del sistema conjunto y proyección sobre el mismo de las variables NIVEL_POS_T y NIVEL_PRE_T.....	289
<b>Figura 46</b>	Gráfico comparativo de los valores medios de los niveles explicativos de ambos grupos de estudiantes antes y después de la intervención didáctica.....	291
<b>Figura 47</b>	Contraste para la igualdad de tendencia central entre GANANCIA_NIVEL y GANANCIA_RAE.....	295
<b>Figura 48</b>	Línea de ajuste de la dependencia de GANANCIA_NIVEL respecto a GANANCIA_RAE.....	298
<b>Figura 49</b>	Gráfico resultante de proyectar las variables más significativas sobre el espacio definido por los Niveles Explicativos (Variables NIVEL_PRE_TT y NIVEL_POS_TT).....	300



*CAPÍTULO 1*

***INTRODUCCIÓN Y  
PLANTEAMIENTO DEL  
PROBLEMA***



## 1.1 INTRODUCCIÓN

La tesis doctoral que aquí se presenta es una investigación sobre aprendizaje de las ciencias. No es fácil para el profesorado, acostumbrado a centrar la atención en nuestra propia actividad profesional, la enseñanza, desviar el eje de las preocupaciones hacia el estudiante y lo que éste aprende. Sin embargo, si la enseñanza de las ciencias se ocupa del conjunto de condiciones y acciones externas al estudiante para conseguir que éste aprenda los contenidos científicos, no cabe duda de que cuánto más sepamos de aprendizaje científico, mejor preparados estaremos para afrontar la tarea de ayudar a su optimización. Enseñar ciencias sea probablemente elaborar y recrear experiencias de aprendizaje.

Pero no es nuevo para la didáctica de las ciencias experimentales (DCE) trabajar sobre aprendizaje. Por el contrario, es quizás intrínseco a su propio nacimiento como disciplina. La década de los ochenta vio crecer la importancia del estudio de “*lo que el alumno ya sabe*” de forma exponencial, y probablemente debamos a esta línea de investigación relacionada con el aprendizaje, la consolidación de la didáctica de las ciencias. Esto no significa que los estudios y proyectos anteriores, en gran parte centrados en la enseñanza, no fueran relevantes. Probablemente los “*métodos de enseñanza por descubrimiento*” o las “*propuestas de aprendizaje por recepción significativa*” fueran sus principales generadores o desencadenantes.

Sin embargo, como dice Gimeno-Sacristán (2008, p. 10),

Causa cierta perplejidad la facilidad con la que se ponen en circulación lenguajes y metáforas que nos arrastran a denominar de manera aparentemente nueva a aquello que hasta ese momento reconocíamos de otra forma. [...] Los nuevos lenguajes puede que sean necesarios para abordar nuevas realidades, para descubrir algo verdaderamente nuevo en ellas pero, frecuentemente, son la expresión de la capacidad que los poderes y burocracias tienen para uniformar las maneras de ver y pensar la realidad en función de determinados intereses.

En el ámbito de la educación, invadiendo el área de la didáctica de las ciencias y de las restantes materias, el nuevo lenguaje está dominado por el término de *competencia*. Educar por competencias, enfoque competencial, enseñanza por competencias... son algunas de las acepciones que ponen el acento en la relevancia de que los estudiantes del siglo XXI adquieran competencias.

Para los objetivos de este trabajo, nos centramos en el aprendizaje de competencias científicas y en una posible metodología que pueda servir para su evaluación, discriminándolo del aprendizaje de contenidos específicos, ambos en relación al Modelo Corpuscular de la Materia (MCM).

El MCM es un contenido básico en los diseños curriculares de los cursos superiores de la enseñanza obligatoria de casi todos los países, lo que se justifica por distintos motivos

entre los que destacan (Benarroch, 2000a) su importancia para la ciencia actual, su utilidad para explicar y predecir cuestiones de la vida cotidiana, su potencialidad para favorecer el trabajo con modelos físicos, su capacidad para clarificar conceptos macroscópicos y su carácter básico en la iniciación en el ámbito de la química, entre otros. Asimismo, en el Programa para la Evaluación Internacional de los Alumnos (PISA), una competencia medida fue la de “*explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)*” (INE, 2013).

Sin embargo, para que este contenido pueda serle útil al aprendiz en sus futuras actuaciones como ciudadano o en ámbitos profesionales y pueda ser aplicado en contextos prácticos, se requiere que su aprendizaje trasvase el ámbito puramente académico y que el estudiante llegue a ser poseedor de la competencia científica correspondiente que le permita resolver problemas de su vida cotidiana y actuar de modo competente ante las demandas externas.

En consecuencia, en este trabajo, partiendo de una determinada concepción de competencia científica, evidentemente diferente del propio concepto de conocimiento científico, se pretende la evaluación del aprendizaje de ambos aspectos, competencia y contenido, tras la aplicación de una intervención didáctica específica. Ésta se realizó con un grupo de estudiantes de 12-13 años y otro grupo de estudiantes universitarios de la provincia de San Juan (Argentina).

## **1.2 SUPUESTOS PREVIOS**

En este apartado trataremos de presentar sintéticamente los supuestos previos que dieron origen a la investigación. Como se verá a continuación, estos están fundamentados en las investigaciones previas sobre preconcepciones, pero también en los modelos cognoscitivos que se utilizaron en algunas de dichas investigaciones.

En él se van a distinguir tres partes. En la primera, esbozaremos el concepto de *competencia* y los observables que podrían acompañar a su evaluación. En la segunda, el concepto de *esquema explicativo*, usado en algunas investigaciones previas acerca del conocimiento del estudiante. El objetivo de la tercera parte es ligar las dos anteriores mostrando la posible relación entre ambos conceptos y las ventajas que ello nos proporciona para la evaluación de competencias científicas.

### **1.2.1 El concepto de competencia científica y sus cualidades destacables para este trabajo**

El concepto de competencia científica parece ser una señal de identidad de los nuevos currículos planteados en todos los niveles educativos del siglo XXI. Más allá de sus elementos diferenciadores, se podría entroncar con tendencias curriculares que poseen bastante tradición en la educación de ciencias, ya que, como señalan de Pro y Rodríguez (2010), la “ola competencial” no puede hacer tabla rasa de todo lo que se ha realizado sin ella. Por el contrario, desde la investigación en la enseñanza de las ciencias se lleva bastante tiempo reaccionando ante la enseñanza habitual de contenidos específicos de ciencias que tan cortos resultados prácticos y funcionales ofrece. El uso del término competencia podría ser consecuencia de la necesidad de superar una enseñanza que, en



la mayoría de los casos, se ha reducido al aprendizaje memorístico de contenidos, hecho que conlleva la dificultad para que éstos puedan ser aplicados en la vida real (Zabala y Arnau, 2007).

Más allá de su carácter polisémico, al definir “*competencia*” es usual aludir a la acción exitosa, adecuada o efectiva de una persona para desarrollar una actividad ante situaciones diversas en un ámbito concreto. Si el ámbito es el propio de las ciencias, entonces se habla de “competencia científica”. Aunque las diferencias son palpables cuando se quiere precisar cómo se evalúa la “*acción exitosa, adecuada o efectiva*”, para lo que se pretende en este trabajo, sobre la noción de competencia, interesa destacar lo siguiente:

Una *competencia* es una capacidad o habilidad que el estudiante pone de manifiesto durante un tiempo razonable. Esta cualidad se puede precisar con tres observables:

- *Repetición*: Ante situaciones semejantes la reconocida competencia del sujeto se ejecuta con resultados parecidos una y otra vez (variación intracontextual).
- *Generalización*: Ante la diversidad de variaciones del contexto en el escenario donde se ubica la competencia, el sujeto que la posee sabe responder con resultado también exitoso (variación intercontextual).
- *Diferenciación*: Se refiere a la adecuación o acomodación de la competencia ante situaciones o circunstancias novedosas que de pronto aparecen en el escenario práctico donde se da el actuar competente del sujeto.

De este modo, como se intentará mostrar a continuación, la adquisición de una *competencia* podría emparentarse con la del concepto de *esquema explicativo*. A ello nos referiremos en el apartado siguiente.

### **1.2.2 El concepto de “esquema explicativo” construido en investigaciones previas sobre el conocimiento de los estudiantes**

El enorme esfuerzo realizado por la investigación en didáctica de las ciencias experimentales sobre las concepciones de los estudiantes ha producido un vasto cuerpo de conocimientos en muy diferentes tópicos de ciencias, que sin duda ha contribuido a mejorar la forma en que se los enseña. En el análisis de dichas concepciones de los estudiantes, varios autores han observado una serie de regularidades entre ellas, tales como: ser compartidas por sujetos de distintas culturas y edades, estar dominadas por lo perceptivo, estar marcadas por un razonamiento causal lineal tanto espacial como temporal, etc. (para una revisión más extensa, ver Marín, Benarroch y Jiménez Gómez, 2000). Sin embargo, se detectan contradicciones entre los autores con respecto a la coherencia de las concepciones. Para algunos son coherentes, mientras que para otros son difusas, poco diferenciadas y fragmentadas.

Jiménez Gómez, Benarroch y Marín (2006) postularon que no todas las respuestas de los estudiantes debían tener el mismo grado de significación. Un estudiante motivado, con esquemas bien estructurados, fueran estos correctos o no, ofrecería respuestas más coherentes que un estudiante desmotivado o al que la cuestión no le suscite significado. En este último caso, es probable que el compromiso de dar una respuesta al docente o al

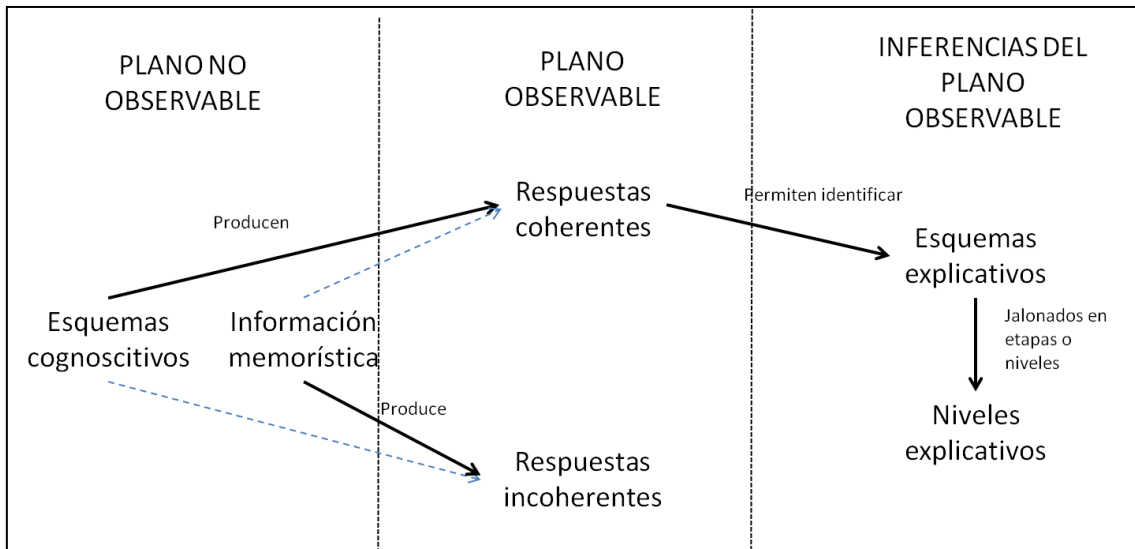
investigador, lleve al estudiante a improvisarla, inventarla o a emitir una respuesta académica generada *in situ* por los elementos figurativos de la propia pregunta. Y en este caso, ante las variaciones contextuales en las preguntas, no se debería esperar regularidad en las respuestas obtenidas.

Para los objetivos de este trabajo, las primeras respuestas son consideradas producto de los *esquemas cognoscitivos* de los estudiantes, mientras que las segundas podrían ser consecuencia de la mera *información memorística* acumulada. Los esquemas cognoscitivos forman parte de la red cognitiva inobservable del sujeto pero tienen su correlato más cercano en el plano observable en los llamados *esquemas explicativos*, concebidos como regularidades en las respuestas de los estudiantes, cuando se dan las siguientes circunstancias:

1. *Repetición* o extensión con que las respuestas de los estudiantes permanecen inalterables a pesar de las modificaciones de las situaciones físicas introducidas tras la aplicación de la estrategia de *confrontación*.
2. *Generalización* o extensión en la que se observan respuestas análogas ante las distintas situaciones físicas obtenidas tras la aplicación de las estrategias de *variación contextual*.
3. *Adaptación o diferenciación* de las respuestas a los factores que intervienen en la tarea (como producto de la aplicación de ambas estrategias: la de *variación contextual* y la de *confrontación*).

Este modelo cognoscitivo acerca del conocimiento del estudiante, en el que se distinguen dos planos: el observable (en el que se sitúan las respuestas de los estudiantes, de las que se pueden inferir los *esquemas explicativos*) y el no observable (con los *esquemas cognoscitivos*) (Marín, 1994a) ha sido utilizado satisfactoriamente durante todos estos años para describir, comprender y explicar las respuestas de los estudiantes ante tareas relacionadas con distintos tópicos de ciencias (naturaleza corpuscular, enlace químico, equilibrio físico, alimentación, etc.).

En la Figura 1, se ha tratado de sintetizar los conceptos anteriores para facilitar la comprensión del lector.



**Figura 1.** Mapa de conceptos implicados en el epígrafe 1.2.2

Los *esquemas explicativos* pueden ser identificados como las representaciones declarativas y externas que mejor se aproximan a los *esquemas cognoscitivos*. Como estos últimos, no son cuestión de todo o nada, sino que se adquieren tras un largo y dilatado proceso que acompaña al desarrollo evolutivo del estudiante y al aprendizaje acerca de ese contenido específico. Por ello, la mejor manera de describir un *esquema explicativo* es jerarquizándolo en etapas o niveles ordenados progresivamente, a los que hemos llamado *niveles explicativos*.

Para identificar los *niveles explicativos*, se exige del investigador la utilización de una metodología rigurosa. Muy sintéticamente esta metodología consiste en:

- 1) Selección de una muestra longitudinal de estudiantes con un rango de edades lo más amplio posible, dentro de lo razonable según la dificultad inicialmente prevista para el aprendizaje del contenido de estudio.
- 2) Diseño de un cuestionario capaz de activar lo máximo posible los esquemas cognoscitivos de los estudiantes. Para ello, se suele utilizar la doble estrategia de la *confrontación* y de la *variación contextual*.
- 3) Realización de las entrevistas individuales semiestructuradas a partir del cuestionario referido en el apartado anterior.
- 4) Transcripción de las entrevistas.
- 5) Categorización de las respuestas de los alumnos y posterior jerarquización (categorías empíricas).
- 6) Análisis estadístico multivariable (especialmente el análisis cluster, factorial y análisis de correspondencias) y recategorización de respuestas (categorías estructurales).
- 7) Delimitación de los niveles explicativos a merced del contenido evolutivo común en las explicaciones de los sujetos ante las distintas situaciones físicas planteadas.

Aplicando dicha estrategia metodológica, en Benarroch (1998; 2000b) se alcanzó la identificación de cinco niveles explicativos que jalonan el conocimiento del estudiante

en el área del MCM, y que pueden ser interpretados como las formas sucesivamente más sofisticadas de razonar que presentan los estudiantes a través de su estancia escolar. Estos niveles se pueden sintetizar como sigue (Benarroch, 2000b):

- Nivel I* Conciben una imagen de materia continua y estática, basada en lo concreto y observable.
- Nivel II* Mantienen la idea de continuidad de la materia pero enriquecida por elementos percibidos (burbujas, huecos, pompitas, etc.) para dar explicación a los datos empíricos. El modelo puede modificarse de una sustancia a otra para explicar los cambios de la materia.
- Nivel III* Comienzan las concepciones corpusculares al considerar la materia formada por partículas invisibles, entre las que hay huecos vacíos o llenos de algo. Las explicaciones de los cambios de estado se pueden fundamentar en:
- Las partículas, a las que atribuyen las propiedades percibidas (separación, acercamiento, aumento o disminución de tamaño, etc.) o en
  - Los huecos entre las partículas que son utilizados para explicar los cambios macroscópicos proponiendo fondos de partículas más o menos compactos.
- Nivel IV* Conciben, además de la existencia de partículas en la materia, la existencia de vacío necesario entre ellas.
- Nivel V* Conciben la materia como un sistema de interacción entre partículas, moviéndose continuamente, rodeadas de vacío.

Los dos primeros niveles no requieren de la utilización específica del modelo corpuscular, pues se utilizan términos macroscópicos vinculados con la experiencia directa de los fenómenos físicos. Sin embargo, en el tercer nivel se adquiere la idea de discontinuidad fundamentada en partículas materiales y fondo diferenciado. En el cuarto nivel, surge la necesidad del vacío en dicho fondo y en el quinto, se incorpora la noción de “movimiento e interacción” al subesquema anterior de “partículas y vacío”. Por tanto, los tres últimos niveles sí hacen uso del modelo corpuscular, aunque en algunos casos de modo muy rudimentario.

### **1.2.3 La relación entre competencia científica y esquema explicativo**

En los dos apartados anteriores, se han utilizado los mismos criterios para identificar las competencias científicas y los esquemas explicativos. Estos criterios son: repetición, generalización y diferenciación. Este hecho nos hace postular una posible identidad asociativa entre ambos conceptos, pues al fin y al cabo, aún perteneciendo a líneas de investigación distintas, se refieren a la actuación observable, estable y duradera del estudiante ante las demandas externas que deben quedar perfectamente delimitadas de antemano. Y dicha actuación sólo puede provenir de *verdaderos* esquemas de conocimiento.

Esta identificación tiene la ventaja de que nos permite aprovechar la investigación acumulada hasta el momento desde la Didáctica de las Ciencias Experimentales (DCE) sobre el conocimiento del estudiante en el nuevo concepto de aprendizaje de competencias. Ya dijimos al principio del trabajo que una de las primeras tareas pendientes es encajar el tópico de la competencia en el cuerpo de conocimientos

existentes en la DCE. Por otro lado, ligado a los objetivos de este trabajo, si se admite la asociación entre ambos conceptos, podríamos evaluar el aprendizaje de la competencia científica (ligado a la mejora en la utilización del modelo cinético-corpúscular tras una intervención didáctica sobre dicha temática) mediante el cambio de los niveles explicativos alcanzados antes y después de la misma.

En definitiva, en la presente investigación, postulamos que:

- a) El nuevo tópico de competencias científicas podría asociarse al concepto de esquema explicativo, anteriormente utilizado en investigaciones sobre el conocimiento de los estudiantes.
- b) Admitido lo anterior, la evaluación del aprendizaje de competencias científicas se realizará a partir del cambio pos-pre en los niveles explicativos alcanzados por los estudiantes después y antes de la intervención educativa. Esto equivale a decir que aprender competencias implica movilizar niveles explicativos.
- c) La evaluación del aprendizaje de contenidos específicos podría ser realizada a partir del rendimiento total obtenido en el cuestionario aplicado, sin discriminar entre las respuestas que proceden de los esquemas explicativos y las que no.

### **1.3 OBJETIVOS Y ESTRUCTURA GENERAL DEL TRABAJO**

De los anteriores presupuestos, se puede extraer que los objetivos generales del trabajo son (i) encajar el concepto de competencia en el cuerpo de conocimientos existentes en la DCE y (ii) alcanzar una metodología que pueda ser útil para discernir entre la evaluación de contenidos específicos y la evaluación de competencias científicas.

Como objetivos específicos, nos proponemos:

- Determinar los niveles explicativos utilizados por los estudiantes de distintas edades cuando se enfrentan a situaciones físicas que pueden ser explicadas mediante el MCM.
- Diseñar una propuesta didáctica que favorezca la progresión de los niveles explicativos que utilizan de los estudiantes de distintas edades cuando se enfrentan a situaciones físicas que pueden ser explicadas mediante el MCM.
- Evaluar los cambios en los niveles explicativos utilizados por los estudiantes cuando se enfrentan a fenómenos físicos que pueden ser explicados en términos corpusculares, tras la aplicación de la propuesta didáctica.
- Discutir la validez de los presupuestos teóricos y metodológicos considerados en la investigación para asociar el concepto de competencia científica con constructos ya utilizados en investigaciones anteriores sobre el conocimiento del estudiante y sus progresiones.

Para ello, se tomarán como axiomas los presupuestos de partida descritos en el epígrafe 1.2 que serán justificados más ampliamente en el marco teórico, trabajado en el capítulo 2.

En el capítulo 3, se plantea el diseño de la investigación, describiendo los presupuestos metodológicos, hipótesis de trabajo, participantes, instrumento de evaluación, así como la propuesta de enseñanza aplicada a dos grupos de estudiantes elegidos deliberadamente de edades muy diferentes (12-13 años y 17-23 años).

El capítulo 4 está destinado a evaluar el aprendizaje –de conocimientos y de competencias- de los estudiantes de 12-13 años de edad.

El capítulo 5 está destinado a evaluar el aprendizaje –de conocimientos y de competencias- de los estudiantes de 17-23 años de edad.

En el capítulo 6 se realizará la comparación entre los aprendizajes –de conocimientos y de competencias- entre ambos grupos de estudiantes.

Cierra la tesis el capítulo 7 con la discusión de resultados y las conclusiones.

*CAPÍTULO* 2

***MARCO TEÓRICO***





## 2.1 EL APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS CIENTÍFICAS

En este apartado, entraremos en el complejo ámbito de las competencias, en general, y de las competencias científicas, en particular. Trataremos de mostrar por qué surgen, qué significado tienen, y, más allá de su definición, resaltaremos ciertas características relevantes de las mismas. Veremos también cómo la competencia científica es una de las competencias demandadas en los actuales currículos. Finalmente, nos centraremos en la competencia denominada en PISA “Explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)”, objeto del trabajo que nos ocupa.

### 2.1.1. Del aprendizaje de la cultura a la cultura del aprendizaje. ¿Qué cambia en la enseñanza de las ciencias?

El cambio de milenio ha traído consigo una profunda reflexión social acerca de la necesidad de transformar la *sociedad de la información* en *sociedad del conocimiento*. La sociedad de la información, sucesora de la sociedad industrial, emerge de la implantación de las tecnologías de información y comunicación en la cotidianidad de las relaciones sociales, culturales y económicas en el seno de una comunidad, y de forma más amplia, eliminando las barreras del espacio y el tiempo en ellas, facilitando una comunicación ubicua y asíncrona.

Se puede decir que las tecnologías de la información no son únicamente, como se suele asumir, un soporte, el formato del conocimiento, sino que, más allá de ello, afectan a la propia naturaleza del conocimiento y los espacios en que se transmite. La eficacia de estas nuevas tecnologías -actuando sobre elementos tan básicos de la persona como son el habla, el recuerdo o el aprendizaje-, modifica en muchos sentidos la forma en la que es posible desarrollar muchas actividades propias de la sociedad moderna.

En primer lugar, el saber es cada vez más inabarcable. La multiplicación de los centros de producción del conocimiento, hacen muy difícil la selección de los conocimientos relevantes incluso en un ámbito de investigación específico. Cada vez es más complicado saber qué es lo que hay que saber de una materia, conocer lo que hay que conocer e identificar qué es lo realmente relevante.

En segundo lugar, otro de los rasgos del nuevo conocimiento es su carácter cambiante y su creciente caducidad. Aunque sin duda hay saberes más imperecederos que otros, la celeridad en la producción del conocimiento y la instantaneidad en su distribución añaden nuevas incertidumbres sobre la relevancia de los saberes que se transmiten.

En tercer lugar, el saber está sometido a unos controles garantes de su validez cada vez más efímeros y menos definidos, lo que dificulta frecuentemente la capacidad de decidir

o de adoptar una solución eficaz a un problema cuando para ello se bucea en la información disponible en una determinada área de conocimiento.

Ante una sociedad caracterizada por estos rasgos, la UNESCO (2005) ha apuntado que más allá de la sociedad de la información, se debería apuntar a una sociedad del conocimiento, protagonizada por ciudadanos que saben qué quieren y saben cómo utilizar y aprovechar la información. La noción de sociedad del conocimiento (*knowledge society*) surgió hacia finales de los años 90 (López & Amat, 2011) y es empleada particularmente en medios académicos, como alternativa de algunos autores ante la sociedad de la información.

Este cambio social ha traído consigo, como no podía ser menos, la apertura de muchos espacios sociales (debates, seminarios, etc.) en los que se reflexiona sobre las perspectivas que se abren en los más variados ámbitos de la vida social. Lógicamente, dentro de estos análisis no podían faltar las reflexiones sobre la educación, sus fines y sus medios, sus formas de organización y su relación con el resto de la sociedad.

Una de las respuestas educativas a las demandas sociales impuestas por una sociedad del conocimiento viene dada en el título de este epígrafe, que se ha tomado de Pozo (2006, p. 38): *Del aprendizaje de la cultura a la cultura del aprendizaje*, con el que se hace hincapié en la necesidad de inculcar la capacidad de aprender a lo largo de la vida para generar ciudadanos adaptados a las nuevas necesidades sociales.

La enseñanza para la cultura del aprendizaje pone el acento de la capacidad de aprender a aprender como forma de vida o cultura que impregne las sociedades. Este cambio implica una modificación de los procesos educativos vinculados a distintos factores tales como qué se enseña, qué se aprende, cómo se enseña, cómo se aprende, cómo es el contexto socio-afectivo de quienes enseñan y de quienes aprenden (Palacino Rodríguez, 2007).

Si difícil era antes enseñar para conseguir que los estudiantes aprendieran la cultura institucionalizada, cuánto más puede ser aventurarse en la pretensión de formar personas que sean capaces de responder a las demandas de un mundo cada vez más cambiante, que sean capaces de tomar decisiones, de ser autónomos y al mismo tiempo sepan convivir y encontrar soluciones aptas para sí mismos y para toda la comunidad.

En este cambio el docente debe asumir mayor cúmulo de responsabilidades ya que necesita saber conocimientos y saber gestionarlos adecuadamente con la finalidad de promover en sus alumnos la necesidad y la cultura por el aprendizaje. La enseñanza, como servicio del aprendizaje, es un reto al que hay que ir dando soluciones en este nuevo contexto en el que se trata de generar ciudadanos dispuestos y motivados para responder a las necesidades sociales.

Nunca antes de ahora han tenido mayor importancia los estudios sobre cómo los estudiantes aprenden, cómo se podrá alcanzar ese milagroso cambio en sus mentes y en sus comportamientos que los vaya haciendo progresivamente más capaces, más aptos, más válidos para incorporarse al mundo profesional y a las demandas sociales.

En vista de los planteos anteriores se impone la necesidad de preguntar: ¿cómo afecta este cambio social concretamente a la enseñanza de las ciencias experimentales?

### 2.1.2 El estado actual de la enseñanza de las ciencias experimentales

Numerosos estudios ponen de manifiesto que la enseñanza de las ciencias en la actualidad está en crisis. La falta de ciudadanos mínimamente formados en ciencias para afrontar los retos de una sociedad marcada por los cambios producidos por los avances científicos y tecnológicos está bien documentada.

Por ejemplo, en España, como recogía el informe *Acción CRECE* (COSCE, 2005), realizado por la Confederación de Sociedades Científicas de España “la actitud de apertura ante la ciencia [en nuestro país] es más bien pasiva, sin correspondencia con el esfuerzo personal por interesarse e informarse acerca de la misma, y no ha ido acompañada de una visión de la ciencia como componente inexcusable de la cultura de la sociedad” (p.125).

La falta de cultura científica en la sociedad española no es solo una percepción de la comunidad de científicos y expertos: los resultados de los estudiantes en las evaluaciones nacionales e internacionales, así como los estudios de interés por la ciencia, también señalan esta problemática.

El estudio PISA, lanzado por la OCDE en 1997 e implantado en el año 2000, tiene como objetivo medir el rendimiento educativo de los alumnos y alumnas de 15 años en áreas consideradas clave, como son la competencia lectora, la matemática y la científica. Este estudio se repite cada tres años, profundizando cada año en una de las tres áreas específicas.

Los resultados del último informe, publicado recientemente y correspondiente a las pruebas realizadas en 2012 (INE, 2013), centradas en las matemáticas, manifiestan un promedio para España de 496 puntos en ciencias, solo 5 puntos por debajo del promedio OCDE (501), siendo esta diferencia significativa desde el punto de vista estadístico. El resultado de España es similar al de Francia, Dinamarca, Estados Unidos, Noruega, Hungría, Italia, Luxemburgo, Portugal, así como al promedio de la UE (497). Como conclusión principal de los resultados de esta edición, el propio estado reconoce en la página de la OCDE que “El rendimiento educativo de España en matemáticas, lectura y ciencias permanece justo por debajo de la media de la OCDE a pesar de haber incrementado en un 35% el gasto en educación desde 2003 y de los numerosos esfuerzos de reforma a nivel estatal y regional” (OCDE, 2012)

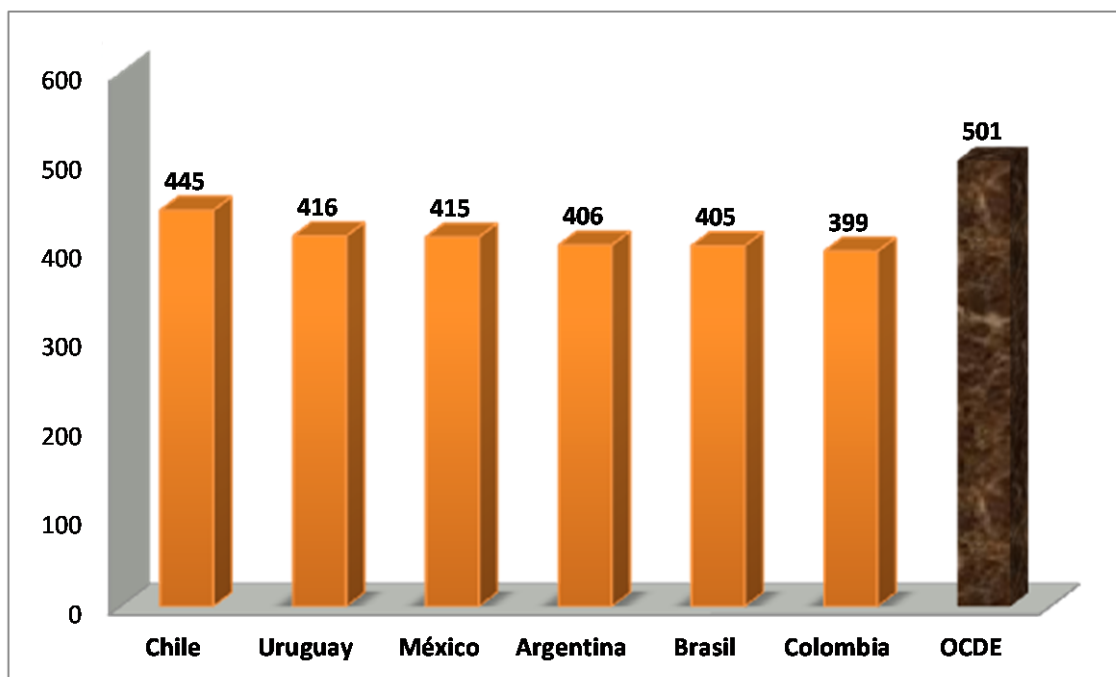
Estos resultados son similares en ediciones anteriores. Las pruebas realizadas en 2009 (OCDE, 2010), ponen de manifiesto que el nivel de ciencias de los estudiantes en España es significativamente menor que el de la media del resto de países, situándose 13 puntos por debajo de la media de la OCDE (488 respecto a 501 puntos, respectivamente) y a 87 puntos de la máxima puntuación obtenida por país.

En el 2006 (OCDE, 2007) el área central indagada fue precisamente el área de ciencias, evaluándose los rendimientos de cada país y los niveles del alumnado en referencia a su alfabetización científica. En esta edición, España se situó ligeramente por debajo del

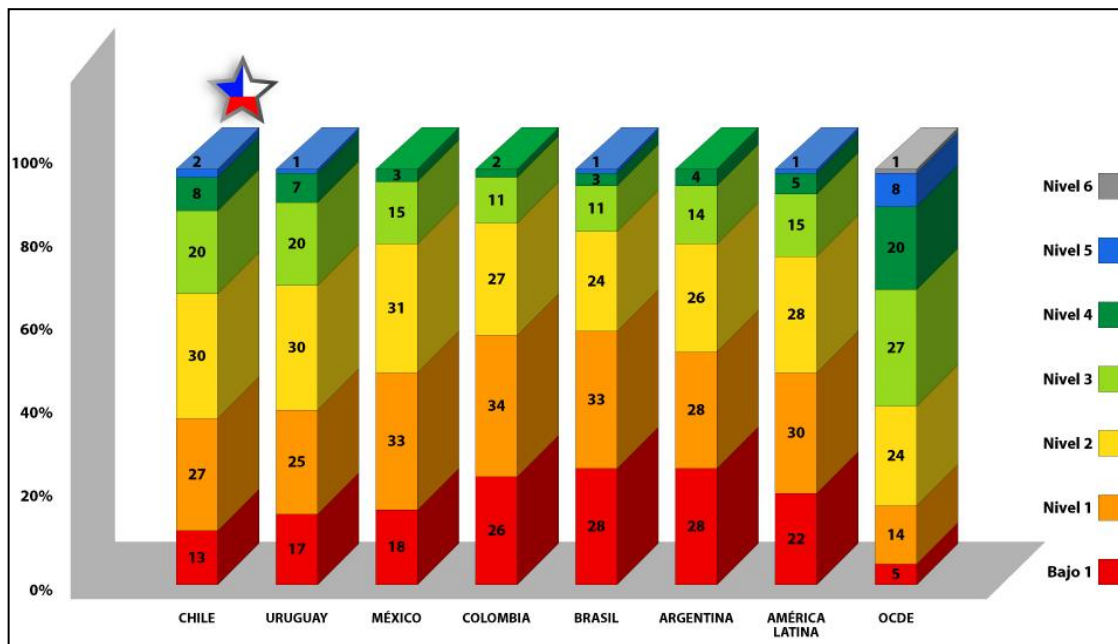
total de la OCDE (488 puntos respecto al promedio OCDE de 500 puntos), sin diferencia significativa aunque a gran distancia del país mejor posicionado.

En todos los casos, se busca conocer la capacidad de los estudiantes para identificar problemas científicos, explicar fenómenos científicamente y utilizar pruebas científicas. Asimismo, su preparación para comprender la investigación científica e interpretar las pruebas y comprender las conclusiones científicas. Es decir, se evalúa no solo los conocimientos *de* ciencia del alumnado sino también sus conocimientos *sobre* la ciencia.

En Latinoamérica, los resultados en ciencias en estas evaluaciones son inferiores incluso a los de España. Concretamente, en 2012, Argentina se sitúa bastante por debajo de la media del total de la OCDE (ver en la Figura 2, el valor de 406 respecto a 501) y esta ha sido la tónica general durante el decenio de evaluación. En la Figura 3, extraída del estudio del 2006 (OCDE, 2006), se muestran los resultados por niveles de desempeño en ciencias de los países latinoamericanos, comparados a los de la totalidad de la OCDE. En él se comprueba que el nivel más alto de desempeño alcanzado en Argentina, así como en México y Colombia, es el nivel 4. Respecto a los niveles inferiores, hay que destacar que Argentina, junto a México y Colombia, son los que alcanzan los porcentajes más altos de alumnos que están en los tres niveles más básicos de desempeño; mientras que Uruguay y Chile son los que tienen los más bajos porcentajes en estos niveles básicos.

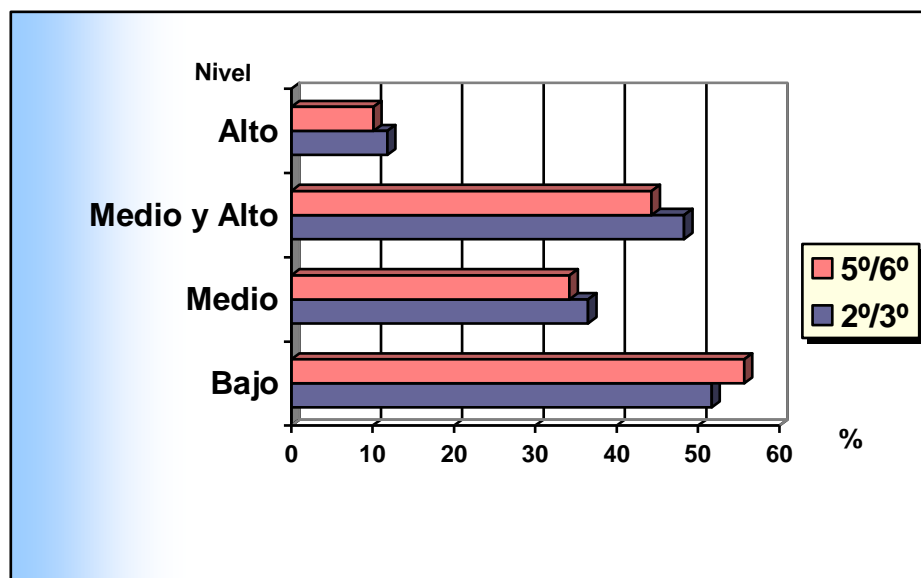


**Figura 2.** Resultados de desempeño en ciencias en Latinoamérica. (Fuente: Elaboración propia a partir de OCDE, 2014).



**Figura 3.** Resultados por niveles de desempeño en ciencias en Latinoamérica. (Fuente: OCDE, 2007).

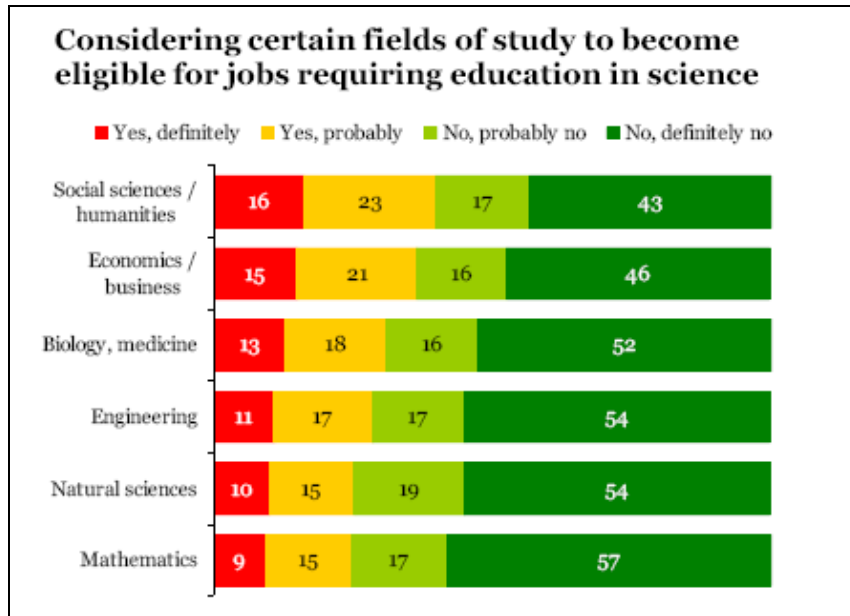
Los bajos niveles de desempeño científico en la región argentina también han sido identificados por el propio Ministerio de Educación de Argentina, a través de su Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa, que elaboró el informe *Estudio Nacional de Evaluación. Ciencias Sociales. Ciencias Naturales. Operativo Nacional de Evaluación/2007- etapa 2008* (MEA, 2009a). En él se ofrece una síntesis de los resultados obtenidos en 2º/3º (14-15 años) y 5º/6º año (17-18 años) de educación secundaria en las áreas ciencias sociales y ciencias naturales. Se aplicó en el año 2008 a 41.000 estudiantes de la educación secundaria, de 2.000 establecimientos con representatividad nacional y provincial. Los datos recogidos de este informe muestran que la mayor parte de los estudiantes (51,7% y 55,7%, exactamente) tanto de 2º/3º como de 5º/6º años de escuela secundaria se encuentran en el nivel bajo (ver en la Figura 4 los porcentajes de alumnos en los respectivos niveles).



**Figura 4.** Porcentaje de alumnos por nivel de desempeño en ciencias naturales de 2º/3º y 5º/6º año de escuela secundaria. (Fuente: elaboración propia a partir de los datos del MEA, 2009a).

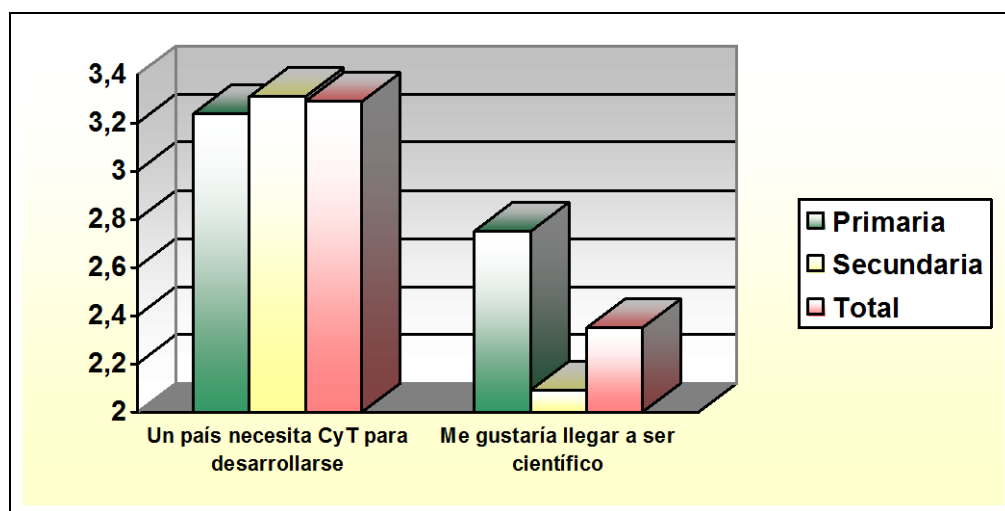
Los bajos niveles de desempeño pueden asociarse a los escasos intereses y motivaciones de los estudiantes de secundaria. Algunos datos acerca de estos intereses son:

- El eurobarómetro Flash sobre “Young People and Science” (número 239), realizado en 2008 (European Commission, 2008) para conocer el interés de los jóvenes entre 15 y 25 años (N = 25000 pertenecientes a 27 países europeos) sobre ciencia y tecnología muestra que las ciencias sociales, las empresariales y económicas, la biología y la medicina, gozan de mejor aceptación entre los jóvenes que las ingenierías, las ciencias naturales y las matemáticas. Concretamente, se observa que ante la pregunta: *¿Estás pensando estudiar en los siguientes campos?*, tan sólo el 25% se plantea la probabilidad de hacerlo, con “yes, definitely” en ciencias naturales, porcentaje inferior al de las restantes ciencias y únicamente superior al obtenido para las matemáticas. Por otra parte, el “no, definitely no” registra un 54%, porcentaje sólo superado por matemáticas (Figura 5).



**Figura 5.** Porcentajes de respuestas de los jóvenes europeos ante la cuestión “¿Estás pensando estudiar en los siguientes campos?” (Fuente: European Commission, 2008).

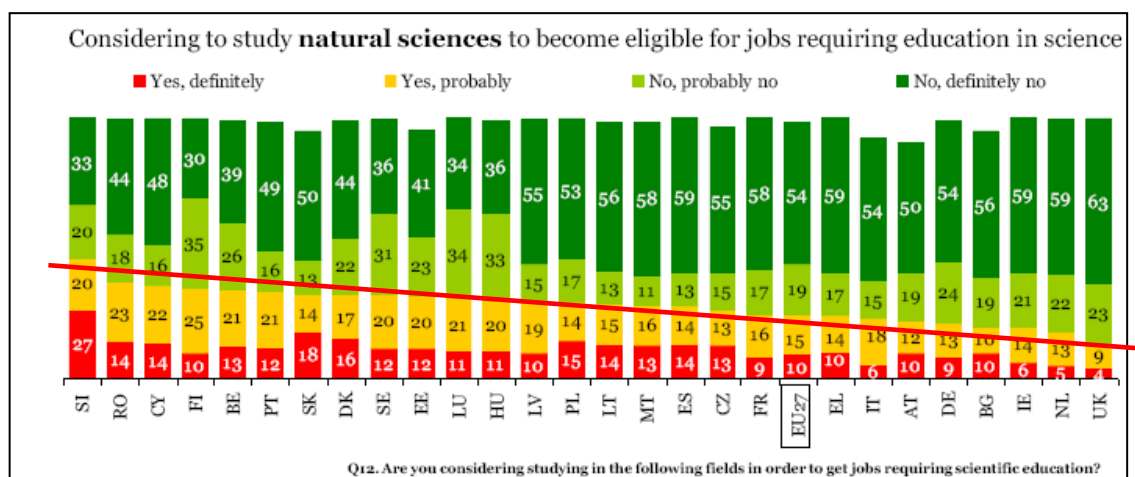
- En un interesante estudio de Vázquez y Manassero (2008), se confirma la hipótesis del deterioro de las actitudes relacionadas con la ciencia a medida que crece la edad de los estudiantes españoles. Del mismo, se han seleccionado dos ítems, a saber: “Un país necesita Ciencia y Tecnología para desarrollarse” ( $N_{total}= 682$  con 219 de primaria y 413 de secundaria) y “Me gustaría llegar a ser científico” ( $N_{total}= 625$  con 214 de primaria y 411 de secundaria). Sus resultados se muestran en la Figura 6, y se confirma que, si bien los alumnos van siendo cada vez más conscientes de las necesidades de la Ciencia y la Tecnología para el desarrollo de un país, sus expectativas para contribuir personalmente a ello van disminuyendo progresivamente.



**Figura 6.** Medias de las respuestas de los estudiantes agrupados por nivel educativo a dos ítems (Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo de Vázquez y Manassero, 2008)

Como se dijo al principio de este apartado, el declive de las actitudes de los jóvenes hacia las ciencias escolares es una constante en los estudios realizados en distintos países del mundo independientemente de la disponibilidad de medios económicos y tecnológicos disponibles. El proyecto ROSE (Schreiner y Sjoberg, 2004), proyecto comparativo transnacional, realizado sobre más de 40 países de los 5 continentes que pretende mejorar la comprensión teórica de los factores relacionados con la relevancia de los contenidos de los currículos de ciencias en diferentes contextos culturales, afirma que los estudiantes de los países occidentales más desarrollados tienen actitudes generales hacia la ciencia más negativas que los estudiantes homólogos de los países en desarrollo.

Asimismo, en el Eurobarómetro al que párrafos arriba se hizo referencia (European Commission, 2008), los resultados comparados entre países europeos muestran la misma tendencia, con excepciones dignas de ser consideradas y que sugieren la influencia de factores culturales y sociales que actuarían como variables moduladoras de las actitudes hacia la ciencia escolar (ver Figura 7).



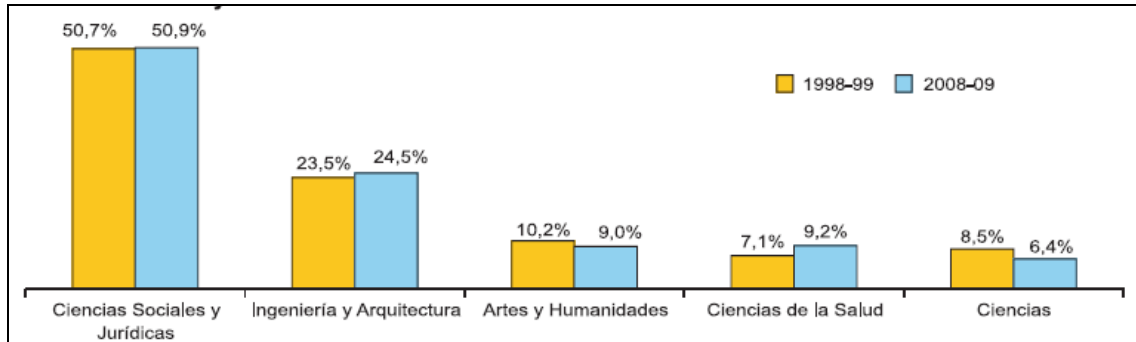
**Figura 7.** Porcentajes de respuestas de los jóvenes de 27 países europeos ante la cuestión “*Estas pensando estudiar ciencias naturales?*” (Fuente: European Commission, 2008).

A las mismas conclusiones se ha llegado desde trabajos realizados en el Reino Unido (Osborne, Driver, y Simon, 1998; Parkinson, Hendley, Tanner, y Stables, 1998; Ramsden, 1998; Simpson y Oliver, 1990; Weinburg, 1995), e incluso en algunos de ellos se sugiere que la erosión podría empezar al final de la educación primaria (Murphy y Beggs, 2003; Pell y Jarvis, 2001).

Quizás como consecuencia de los escasos rendimientos y actitudes de los estudiantes de primaria y secundaria hacia las ciencias, en la última década se registra un continuo descenso en la matrícula de estudiantes universitarios en ciencias. Por ejemplo, en España, según estadísticas del propio Ministerio de Educación (ME, 2009), durante el curso 2008-09, sólo el 6,4% de los nuevos estudiantes universitarios ingresaron en ciencias experimentales, dos unidades menos que en el periodo 1998-99 (8,5%) (ver Figura 8). Además si se analiza la tasa de variación en la última década, se ve que la

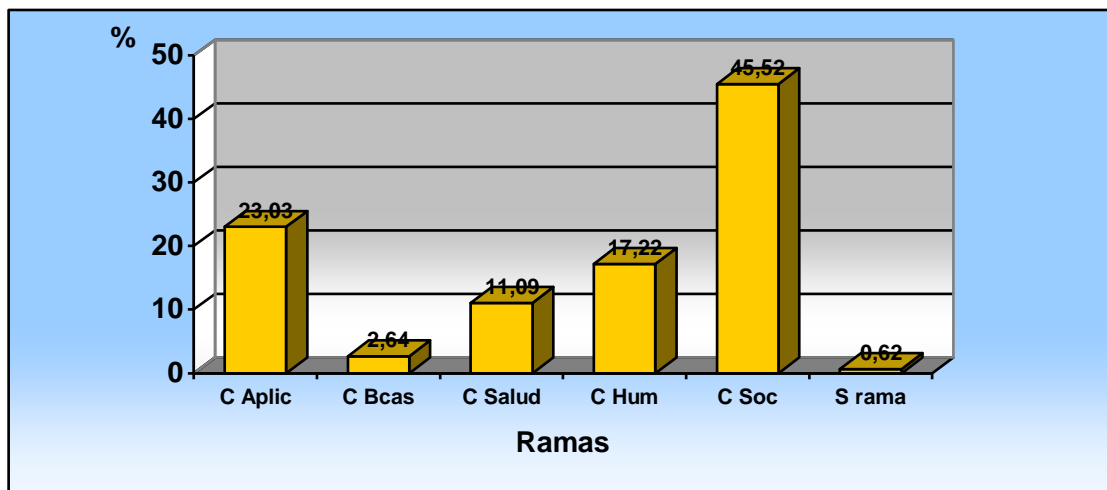


tendencia es que el número de alumnos matriculados en ciencias experimentales vaya disminuyendo progresivamente (tasa de variación anual -4,1%).



**Figura 8.** Porcentaje del alumnado de nuevo ingreso en la universidad por rama de enseñanza. Cursos 1998-99 y 2008-09. (Fuente: ME, 2009)

En Argentina, las estadísticas universitarias publicadas por la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de Argentina (MEA, 2009b), presentan información sobre la población estudiantil que ingresa a carreras de pregrado, grado y posgrado, durante el período comprendido entre abril del 2008 y marzo del 2009, en una muestra de 365.227 alumnos. Las ramas seleccionadas para su tratamiento estadístico son: Ciencias Aplicadas, Ciencias Básicas, Ciencias de la Salud, Ciencias Humanas, Ciencias Sociales y Sin Rama (ofertas académicas que por sus características pueden ser clasificadas en distintas ramas de estudio). Como puede verse en la Figura 9, el ingreso a Ciencias Básicas alcanza el 2,64%, reflejando una situación aún más crítica que la de España.



**Figura 9.** Porcentajes de nuevos inscriptos en carreras de pregrado y grado en Argentina. Año 2008. (Fuente: Elaboración propia a partir de MEA, 2009b).

En suma, se puede afirmar que los conocimientos y actitudes de los estudiantes preuniversitarios hacia las ciencias experimentales son muy deficientes y posiblemente esto lleve asociado una falta de autoconfianza con las ciencias que origine bajas demandas hacia los estudios universitarios de carácter científico. Esta situación tiene implicaciones importantes, tanto para los propios estudios universitarios como para el desarrollo científico-tecnológico de la sociedad que demanda científicos. Respecto a los

primeros, una oferta de plazas mayor que la demanda, la elección en segundo lugar de estos estudios por parte de aquéllos que no consiguen entrar en los más demandados (por ejemplo, medicina), lleva a un alumnado con escasa motivación y nivel de conocimientos. Respecto a los segundos, esto es, a las consecuencias sociales, estudios como el publicado por la Comisión Europea *Europe Needs More Scientists* (European Commission, 2004) ponen de manifiesto la necesidad de incrementar el número de estudiantes que estudia ciencias y los esfuerzos que los gobiernos han de hacer para ampliar cualitativa y cuantitativamente el despliegue de recursos humanos dedicados a la investigación científica.

### **2.1.3 La competencia científica: la nueva moda curricular que trata de dar respuesta a las necesidades sociales**

Cabría preguntarnos entonces ¿qué está pasando con la enseñanza de las ciencias en el aula?, ¿por qué los resultados de la enseñanza distan tanto de los esperados?, ¿será que la ciencia que se plantea en el aula está tan alejada de la realidad de los estudiantes y de sus intereses que es incapaz de provocarles la motivación y el aprendizaje?, ¿cuáles son los cambios que se deben producir para prepararlos para vivir en un mundo que evoluciona permanentemente y que incrementa el saber científico a pasos agigantados?, ¿qué se debe conservar?, ¿es conveniente seguir centrando la educación en la acumulación de contenidos científicos o sería mejor proporcionarles las herramientas para que puedan alcanzarlos?

Ante todo lo dicho con anterioridad, parece claro que la enseñanza de las ciencias experimentales tiene un reto que consiste en adaptar la formación de los estudiantes a las necesidades y demandas de una sociedad que evoluciona con rapidez (Banet Hernández, 2007). Debe brindar a los ciudadanos una formación sólida y fundamentada para reflexionar y tomar decisiones sobre diferentes alternativas de índole científica y tecnológica que se presentan en la sociedad. Parece evidente que, en este contexto y sin renunciar a la importancia de los contenidos científicos, no se puede centrar la enseñanza en su adquisición ya que, por un lado, este objetivo sería inalcanzable, y, por otro, esta información se encuentra ya almacenada en medios tecnológicos fácilmente asequibles.

Las demandas del mundo actual, cada vez más diverso e interconectado, hacia sus ciudadanos han conllevado la necesidad de definir cuáles son las destrezas y conocimientos necesarios para que éstos puedan participar activamente y con éxito en el funcionamiento de la sociedad. A finales de 1997, la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) inició el Proyecto DeSeCo (Definition and Selection of Competencies) (OCDE, 1997) con el fin de brindar un marco conceptual firme para servir como fuente de información en la identificación de competencias clave y el fortalecimiento de las encuestas internacionales que miden el nivel de competencia de jóvenes y adultos. Se trata de un proyecto realizado bajo el liderazgo de Suiza y conectado con PISA (*Programme for International Student Assessment*), que reunió a expertos de una amplia gama de disciplinas para que trabajaran con actores y analistas políticos para producir un marco relevante a las políticas. Los países miembros de la OCDE pudieron contribuir con sus propios puntos de vista para informar el proceso. El proyecto reconoció la diversidad de valores y prioridades de los distintos países y culturas, pero identificó también desafíos universales de la economía global y la cultura,

así como valores comunes que informan de la selección de las competencias más importantes.

Con este objetivo la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos) publicó en 2003, el informe *Las competencias clave para el bienestar personal, social y económico* (Rychen y Salganik, 2003). En relación a la pregunta central del proyecto acerca de si es posible identificar un conjunto de competencias que pudiera ser considerado como competencias clave en varios países que difieren en cultura y perspectiva, o aún a través de culturas que coexisten en países individuales, DeSeCo alcanzó a crear un marco de análisis que identifica tres categorías de competencias claves.

1. Competencias que permiten dominar los instrumentos socioculturales necesarios para interactuar con el conocimiento, tales como el lenguaje, los símbolos y los números, la información y el conocimiento previo, y también con instrumentos físicos como los computadores (*Competencias disciplinares, tales como competencia en comunicación lingüística, competencia matemática, conocimiento e interacción con el mundo físico, competencia en el tratamiento de la información y competencia digital...*).
2. Competencias que permiten interactuar en grupos heterogéneos, tales como relacionarse bien con otros, cooperar y trabajar en equipo, y administrar y resolver conflictos (*Competencia social y ciudadana*).
3. Competencias que permiten actuar autónomamente, como comprender el contexto en el que se actúa y decide, crear y administrar planes de vida y proyectos personales, y defender y afirmar los propios derechos, intereses, necesidades y límites (*Competencia de autonomía e iniciativa personal*).

Por tanto, entre las competencias claves identificadas en DeSeCo, junto a otras competencias disciplinares, sociales y cívicas, se encuentra la *competencia científica o alfabetización científica*. Una definición operativa de esta competencia, gestada en el seno también de la OCDE, para la evaluación internacional de estudiantes es la definida en el programa PISA como la “*capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en hechos con el fin de comprender y de poder tomar decisiones sobre el mundo natural y sobre los cambios que ha producido en él la actividad humana*”.

El informe *Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España* (Informe EnCIEnDE, 2011), elaborado por la Confederación de Sociedades Científicas de España en respuesta a la necesidad de promover las ciencias como un elemento fundamental en la cultura y potenciarlas desde la escuela primaria, destaca en su introducción que “La ciencia es esencial para la democracia. Para mantener un sistema político democrático necesitamos conocimiento. Solo una sociedad con un adecuado nivel de educación científica puede evitar ser manipulada por los que detentan el poder y es capaz de tomar decisiones basadas en la evidencia sobre temas de la mayor trascendencia para nuestro bienestar e incluso nuestro futuro como especie”. Este nivel de educación se puede lograr si los ciudadanos son capaces de aplicar los principios del razonamiento científico y ser conscientes de la confianza en ellos a la hora de tomar decisiones basadas en la ciencia. Es necesario, entonces, brindar recursos desde la educación formal que les permita comprender el mundo a través de la ciencia, sin necesidad de llegar a ser un científico.

Como señala Digna Couso, Secretaria Ejecutiva de dicho informe,

La importancia de la educación en ciencias de nuestros niños y jóvenes no está en discusión. Prácticamente la totalidad de los currículos escolares europeos están diseñados desde una perspectiva de «ciencia para todos» con el objetivo de conseguir la alfabetización científica de la ciudadanía desde las etapas tempranas. En este sentido, el marco adoptado por el Consejo y el Parlamento Europeo a finales de 2006 define la competencia científica como una de las ocho competencias clave o básicas para el aprendizaje permanente de la ciudadanía. Según este marco, trasladado a la LOE y a los currículos en España, una ciudadanía competente científicamente es necesaria por varias razones: para el progreso socioeconómico y empleabilidad de los ciudadanos y ciudadanas en la sociedad del conocimiento de los acuerdos de Lisboa; así como para la realización personal, inclusión social y participación activa de esta ciudadanía. (p. 13)

También en América Latina, particularmente en el área de educación, se ha intentado incluir este enfoque de competencias a través de las reformas educativas. Particularmente, en Argentina se hace referencia a la formación de competencias científicas en los Contenidos Básicos Comunes de la Enseñanza General Básica y Polimodal en varios documentos (Recomendación 26/92 referida a los *Acuerdos para la transformación curricular*, el *Documento sobre Orientaciones Generales para Acordar los Contenidos Básicos Comunes* (Serie A-6), o el *Acuerdo Marco del Polimodal* (Documento A-10) (Vicario et al., 2007).

Por tanto, a nivel internacional existe consenso respecto a la importancia de la competencia científica para el desarrollo adecuado de los estudiantes (futuros ciudadanos) a lo largo de la vida. El Informe EnCIEnDE (2011) basa esta afirmación en cuatro argumentos:

- *Argumento práctico*: necesidad de poder interpretar y entender el mundo y poder actuar mejor en una sociedad basada en la ciencia y la tecnología.
- *Argumento de la ciudadanía*: toma democrática de decisiones que requieren del conocimiento científico por parte de los ciudadanos.
- *Argumento cultural*: influencia en la visión del mundo y en la forma de pensar.
- *Argumento económico*: adaptación a la competitividad internacional y garantía del desarrollo económico de los países.

En el nivel universitario los estudiantes no quedan al margen de las demandas de la sociedad del conocimiento, sino todo lo contrario. Los cambios en el sistema productivo de bienes y servicios deben estar conjugados con los cambios educativos, pues, aunque tradicionalmente se hayan comportado con cierto divorcio, es indiscutible la necesidad de que los empleadores se sientan satisfechos con el desempeño de los egresados de los centros formativos; egresados que si bien responden a adecuados niveles de formación académica, frecuentemente no son capaces de resolver problemas concretos de una función productiva con los niveles de competencia que dicha función requiere (Ruiz-

Iglesias, 2001). La tarea de las universidades es formar al profesional básico o profesional inicial, es decir, “*un egresado para desempeñarse en las competencias centrales de la profesión, con un grado de eficiencia razonable, que se traduce en el cumplimiento de las tareas propias y típicas de la profesión y en la evitación de errores que pudieran perjudicar a las personas o a las organizaciones*” (Hawes y Corvalán, 2005, p. 11). La innovación implica no sólo reorientar el contenido del conocimiento, facilitando su adquisición y comprensión, que es lo que le da verdadero sentido (Carbonell, 2001), sino también dar una nueva dirección a lo que se aprende y de su valor social.

Ante esta situación, a la Universidad se le demanda asumir conscientemente el proceso de cambio que la ubique a la vanguardia en la producción de nuevos conocimientos, que han pasado a ser un componente estratégico para el desarrollo frente a los nuevos requerimientos de habilidades y altos niveles de capacitación y especialización (UAEM, 2002).

La nueva orientación de la educación hace necesaria la reestructuración de los programas educativos. Éstos deben propiciar nuevas formas de trabajo para dar paso a la innovación de procesos de enseñanza y de aprendizaje, mediante nuevos planteamientos pedagógicos y didácticos, tendientes a la adquisición de conocimientos prácticos, competencias y aptitudes para la comunicación, el análisis creativo y crítico, la reflexión independiente y el trabajo en equipo en contextos multiculturales. La reestructuración curricular implica la consideración de las diferencias del contexto cultural, histórico y económico, incorporando una nueva visión y un nuevo modelo de enseñanza superior centrado en el estudiante, al combinar el saber teórico y práctico tradicional o local con la ciencia y la tecnología de vanguardia.

La conciencia del cambio en el ámbito educativo plantea la necesidad de adecuar la enseñanza a las nuevas formas de producción del conocimiento, de su presentación y de sus usos sociales. El aprendizaje que se busca implica la apropiación del conocimiento, a través de un ejercicio constante que abarque como pilares fundamentales: el aprender a conocer, el aprender a hacer, el aprender a vivir juntos y el aprender a ser (Delors, 1996).

Para ello, uno de los proyectos de más envergadura y valía que se ha desarrollado durante estos años ha sido el proyecto *Tuning* europeo (González y Wagenaar, 2003) y su análogo *Tuning* para América Latina (Beneitone et al, 2007). En el primero participaron más de 100 especialistas en la materia y más de 100 instituciones de educación superior. Se administró durante 2001 y el cuestionario definitivo contenía 30 competencias genéricas. Fue traducido a 11 idiomas y administrado a graduados, empleadores y académicos. El proyecto latinoamericano se desarrolló gracias al programa alfa de la Comunidad Europea y contó con la participación de 19 países y 190 universidades latinoamericanas. Se administró a finales de 2004 y el cuestionario partió del listado europeo de competencias, aunque finalmente algunas de ellas fueron modificadas y otras cambiadas por decisión de los participantes del proyecto. A pesar de las diferencias introducidas, los resultados de ambos proyectos pueden ser comparados y ello nos puede dar pistas útiles sobre cuáles son los objetivos que resultan más importantes para futuros planes de estudios.

Los objetivos de ambos son idénticos: buscar puntos de referencia comunes en las finalidades y logros de los nuevos títulos. Estos puntos de referencia son las competencias, entendidas como resultados del aprendizaje de los mismos.

En los proyectos *Tuning* se distinguió entre competencias genéricas y específicas. Las primeras tratan de identificar los resultados comunes de todos los títulos de grado y las segundas son específicas de cada titulación. Entre las genéricas, se distinguió entre instrumentales, interpersonales y sistémicas, que incluyen la adquisición previa de las demás competencias (ver Tabla 1). Esta argumentación se centrará únicamente en el análisis de los resultados de las seis competencias genéricas más valoradas por los colectivos consultados -académicos, graduados y empleadores-, tanto en el contexto europeo como latinoamericano (Tabla 2).

**Tabla 1.** Tipos de competencias que se evalúan en los proyectos *Tuning*

Tipo de competencia	Competencias que incluye	Habilidades y destrezas
Competencias genéricas	Competencias Instrumentales	Habilidades cognoscitivas, capacidades metodológicas, destrezas tecnológicas, destrezas lingüísticas
	Competencias Interpersonales	Capacidades individuales relativas a la capacidad de expresar los propios sentimientos, habilidades, críticas y autocrítica Destrezas sociales relacionadas con las habilidades interpersonales, la capacidad de trabajar en equipo o la expresión de compromiso social o ético
	Competencias Sistémicas	Destrezas y habilidades que conciernen a los sistemas como totalidad. Incluyen la habilidad de planificar los cambios (diseño de nuevos sistemas) e implican la adquisición previa de competencias instrumentales e interpersonales.
Competencias específicas de Áreas Temáticas	Conocimientos disciplinares (saber)	
	Competencias profesionales (saber hacer)	
	Competencias académicas	

**Tabla 2.** Listados de las seis competencias priorizadas por los colectivos encuestados en los proyectos *Tuning* europeo y *Tuning* para América Latina

Competencias	Europeos			Latinoamericanos		
	Académicos	Graduados	Empleadores	Académicos	Graduados	Empleadores
Conocimientos generales básicos sobre el área de estudio	X					7º lugar
Capacidad de análisis y síntesis	X	X	X	X		
<b>Capacidad de aprender</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>

Capacidad para generar nuevas ideas (creatividad)	X						
<b>Capacidad de aplicar conocimientos en la práctica</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>
Capacidad crítica y autocrítica	X						
Resolución de problemas		X	X	X		X	X
Habilidad para trabajar de forma autónoma		X					
Habilidades de gestión de información		X					
Preocupación por la calidad			X				
Trabajo en equipo			X				X
Compromiso ético				X		X	X
Compromiso con la calidad				X		X	X
Capacidad para tomar decisiones						X	

A la vista de la Tabla 2, interesa destacar:

- Los *conocimientos generales básicos sobre el área de estudio* son priorizados por los académicos tanto europeos como latinoamericanos, y no por los otros colectivos, poniendo de manifiesto la lejanía de los intereses del profesorado de los del mercado de trabajo. Concretamente, en el contexto europeo, los académicos sitúan esta competencia en primer lugar mientras que tanto graduados como empleadores lo hacen en el puesto décimo segundo. En el latinoamericano, donde hay más confluencia entre los tres colectivos, los académicos la colocan en séptimo lugar y los graduados y empleadores en el décimo.
- Otra diferencia digna de mención, esta vez entre europeos y latinoamericanos, es la competencia del *compromiso ético*, que sale entre las más valoradas por los latinoamericanos pero no por los europeos.
- Hay dos competencias priorizadas por los tres colectivos encuestados tanto en el contexto europeo como en el latinoamericano, que son: a) *Capacidad de aprender* y b) *Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica*.

Que los académicos, especialmente los europeos, estén tan alejados de las demandas manifestadas por empleadores y graduados, es un tema que ha dado lugar a muchas reflexiones. Asimismo, el hecho de que los tres colectivos latinoamericanos prioricen el compromiso ético a diferencia de los europeos podría estar manifestando la influencia de una realidad contextual y social diferente<sup>1</sup>. Pero, más allá de las diferencias, interesa resaltar el carácter de las competencias comunes destacadas por todos los colectivos de ambos contextos. La capacidad de aprender a aprender y aprender a aplicar los conocimientos en la práctica son competencias que subyacen a las restantes y ponen el acento en la transferibilidad del conocimiento. Se trata de competencias sistemáticas que recogen atributos exigentes (objetivos cognoscitivos de alto nivel y metacognoscitivos).

<sup>1</sup> Téngase en cuenta para este aspecto concreto que el estudio se realizó hace más de diez años, en los años de bonanza europea. Esto no invalida la argumentación principal que se refiere a continuación.

El alumno universitario es una persona adulta, con un sistema cognitivo desarrollado, con herramientas y capacidades suficientes, adquiridas en otras etapas de su formación, que le deberían permitir enfrentarse a las situaciones de aprendizaje con una visión compleja, relativista y estar capacitado para construir y modelar sus aprendizajes a partir de los conocimientos científicos que se le presentan. Para los que así piensan, la responsabilidad de formar esas capacidades o competencias que harían posible un pensamiento propio, un conocimiento crítico y reflexivo, como el que debe exigirse a un profesional surgido de la universidad, recaería en los niveles de educación no universitaria (Pérez Echeverría, Pozo y Rodríguez, 2003).

La realidad muestra que generalmente la enseñanza en la universidad se reduce a la transmisión de los productos del conocimiento referidos a cada disciplina, posiblemente porque se basa en los supuestos antes señalados, acerca de que el estudiante universitario debería contar ya con las estrategias de aprendizaje necesarias para la elaboración del conocimiento. Sin embargo, los que así piensan y se oponen a enseñar competencias en el ámbito universitario, deberían conocer los resultados de este Proyecto *Tuning* que inciden en que los estudiantes en esta etapa de su educación aún no han construido tales herramientas ni capacidades que les permitan acceder al conocimiento. Probablemente esto se deba a que no alcanzaron el suficiente ejercicio y entrenamiento en su desarrollo durante las etapas anteriores de la educación (Perrenoud, 2010).

Por tanto, hay un consenso prácticamente indiscutible respecto a que en el ámbito universitario hay déficits importantes en muchas capacidades básicas, tales como la capacidad de aprender a aprender, transferir lo aprendido en su futuro desempeño profesional, etc. Por lo tanto, también es función de la universidad el desarrollo de competencias para formar estudiantes reflexivos, capaces de lograr acercamientos estratégicos al conocimiento científico. Pérez Echeverría, Pozo y Rodríguez (2003) afirman que este es uno de los objetivos más importantes que debe tener la universidad: la formación de profesionales competentes, con herramientas intelectuales que les posibiliten el enfrentamiento de la cambiante y abundante información a la que pueden acceder y ser capaces de crear sus propias herramientas de trabajo con las que darán sentido a ese conocimiento.

En síntesis, por lo dicho anteriormente, el objetivo crucial de la enseñanza de las ciencias experimentales, tanto en la educación obligatoria como en el nivel universitario, es desarrollar competencias científicas o, lo que es equivalente, adquirir conocimientos científicos suficientes para que los estudiantes sigan aprendiendo por sí mismos y sepan aplicarlos en la práctica. La mira debe estar puesta en formar ciudadanos competentes para adaptarse a un mundo caracterizado por el cambio, la complejidad y la interdependencia, para lo cual es necesario que se les proporcione aptitudes, capacidades y conocimiento para formarse permanentemente y para adaptarse a los cambios. Y su logro es un trabajo continuo articulado y sinérgico entre la educación obligatoria, pos-obligatoria y universitaria.

Habiéndose expuesto la importancia de las competencias científicas en la sociedad actual cabría preguntarse, ¿cómo se introduce la competencia científica en el currículum y qué importancia se le da en él? Y, más allá, ¿qué se entiende por competencia?, ¿qué implicaciones tiene una enseñanza por competencias?, para llegar



a la pregunta clave de este trabajo: ¿qué presupuestos básicos podríamos tener en cuenta para la evaluación de competencias?

#### 2.1.4 La competencia científica en el currículo español, argentino y en PISA

La competencia científica, conocida en la educación obligatoria española con el nombre de *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*, es introducida por primera vez en el currículum español por la LOE (2006). Fue la manera en que España respondió a la Recomendación que el Parlamento Europeo realizó en 2006 en un anexo al marco que debían regir las políticas educativas europeas (European Commission, 2007), estableciendo ocho competencias clave entre las que se incluye la competencia en ciencias.

En la LOE (2006), se define la *Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico*, como:

(...) la habilidad para interactuar con el mundo físico, tanto en sus aspectos naturales como en los generados por la acción humana, de tal modo que se posibilita la comprensión de sucesos, la predicción de consecuencias y la actividad dirigida a la mejora y preservación de las condiciones de vida propia, de las demás personas y del resto de los seres vivos. (...) incorpora habilidades para desenvolverse adecuadamente, con autonomía e iniciativa personal en ámbitos de la vida y del conocimiento muy diversos (salud, actividad productiva, consumo, ciencia, procesos tecnológicos, etc.), y para interpretar el mundo, lo que exige la aplicación de los conceptos y principios básicos que permiten el análisis de los fenómenos desde los diferentes campos del conocimiento científico involucrados.

Para adquirir esta competencia científica el currículo incluye materias de contenido científico a lo largo de la escolaridad de los estudiantes.

Concretamente, en la Educación Primaria, la competencia científica se trabaja conjuntamente con contenidos del área de sociales, en la asignatura denominada *Conocimiento del medio natural, social y cultural*. Como señala Couso (2011, p. 25):

Durante esta etapa, el área de conocimiento de ciencias no es considerada un área instrumental o básica, como lo son las lenguas o las matemáticas, lo cual perjudica la dedicación horaria a la adquisición de la competencia científica, que queda reducida a un 7 % del total de horas lectivas, muy por debajo del 17 % que suponen las matemáticas o el 38 % que pueden llegar a representar las lenguas (dependiendo del número de lenguas cooficiales).

En el caso de la Educación Secundaria, la competencia científica se recoge en las llamadas *Ciencias de la Naturaleza*, que son obligatorias sólo hasta cuarto de secundaria, curso en que las asignaturas de *Física y Química* y *Biología y Geología* pasan a ser optativas. En los cursos en los que las ciencias son obligatorias, es decir, de primero a tercero de la ESO, éstas representan un 18 % del total de las horas lectivas y si tenemos en cuenta toda la secundaria obligatoria (incluido el cuarto curso), para

aquellos alumnos que no escojan cursar las ciencias optativas de cuarto, su formación en ciencias supondrá solo el 14 % del total de horas lectivas. A este respecto, Couso destaca (2011, p. 27):

Esta reducción de horas destinadas a las asignaturas de ciencias, no ha ido acompañada de una revisión de la extensión de los contenidos a impartir (Aleixandre y Sanmartí, 1995), lo cual plantea un serio reto al profesorado de estas asignaturas y una desvirtuación del objetivo de alfabetización científica, centrada en los contenidos centrales y básicos.

En relación con esta estructura curricular cabe subrayar el hecho de que, mientras para primaria se trata de una estructura general en toda Europa, impartándose las ciencias como una asignatura integrada, en el caso de secundaria la naturaleza mixta del currículo español no responde a la tónica general del resto de Europa. Mientras que España presenta para secundaria un enfoque en que las ciencias se tratan tanto de forma integrada como dividida en disciplinas, para el resto de Europa se presentan las distintas disciplinas de ciencias como asignaturas separadas (Eurydice, 2006).

Cabe añadir que recientemente ha sido aprobada una modificación de la LOE (2006) que introduce fuertes cambios curriculares y organizativos para la educación obligatoria y posobligatoria española. El nuevo marco legislativo (LOMCE, 2013) reconoce los resultados para España de nivel insuficiente en comprensión lectora, competencia matemática y competencia científica, muy alejado del promedio de los países de la OCDE y trata de potenciar aún más la enseñanza de competencias, para acortar distancias. Entre otros cambios, para trabajar la competencia científica en la Educación Primaria, se propone el desglose del Conocimiento del Medio Natural, Social y Cultural en Ciencias de la Naturaleza y Ciencias Sociales. En la Educación Secundaria, ya aparecen las ciencias como asignaturas separadas (Física y Química, Biología y Geología...) en línea con el enfoque europeo. Salvo esta disgregación, hay que señalar que el resto del currículum no ha sufrido serios cambios y que la lista de contenidos evaluables es más amplia si cabe, por lo que el reto al que se enfrenta el profesorado al que nos referíamos dos párrafos más arriba es aún mayor.

El sistema educativo argentino también hace hincapié en la adquisición de competencias científicas, entre otras. Se expresa específicamente en las Orientaciones Generales para acordar los contenidos básicos comunes, que éstos se orientarán a la formación de competencias. Concretamente, la Recomendación 26/92 señala que:

Las competencias se refieren a las capacidades complejas, que poseen distintos grados de integración y se ponen de manifiesto en una gran variedad de situaciones correspondientes a los diversos ámbitos de la vida humana, personal y social. Son expresiones de los distintos grados de desarrollo personal y participación activa en los procesos sociales. Toda competencia es una síntesis de las experiencias que el sujeto ha logrado construir en el marco de su entorno vital amplio, pasado y presente (MEA, 1994).

Y se distinguen cuatro tipos de competencias educativas, relacionadas con el desarrollo ético, socio-político-comunitario, conocimiento científico tecnológico y de la expresión y la comunicación.

Las intenciones educativas en relación con el eje de formación del conocimiento científico y tecnológico están orientadas a:

- Disponer de esquemas de conocimiento que le permitan ampliar su experiencia dentro de la esfera de lo cotidiano y acceder a sistemas de mayor grado de integración.
- Conocer y comprender los avances tecnológicos para operar sobre la realidad material y social con el objeto de mejorar la condición humana.
- Aplicar estrategias y procedimientos de detección, formulación, análisis, resolución de problemas y evaluación de soluciones en los principales ámbitos y sectores de la realidad.
- Actuar a nivel individual y comunitario en la protección y mejoramiento del ambiente biofísico y del patrimonio cultural.

En Educación Primaria se expresa que:

Si bien la ciencia que desarrollan los científicos o los expertos es el referente cultural último, en el proceso de construcción de los saberes escolares, el margen de libertad es más amplio y requiere de un proceso de transformación del contenido científico. Los conocimientos que se enseñan no son los mismos de la ciencia experta, por lo que se puede hablar de una “ciencia escolar” como el resultado de los procesos de transposición didáctica. Esta visión permite diseñar una ciencia adecuada a los intereses y experiencias infantiles y a los problemas sociales relevantes, alejándose de posturas que consideran a la estructura de la ciencia consolidada por los expertos como el único organizador de los aprendizajes de los niños (MECyT, 2009a).

En esta etapa de la educación el abordaje de las ciencias naturales se hace en forma integrada y se destina el 10% de los créditos horarios en 1º Ciclo y el 15% en 2º Ciclo.

En el Nivel Secundario, los Núcleos de Aprendizaje Prioritarios de 3º Ciclo no mencionan específicamente el desarrollo de competencias pero éstas quedan reflejadas cuando se expresa que:

Los saberes que efectivamente se seleccionen se validarán en la medida en que propongan verdaderos desafíos cognitivos de acuerdo con la edad y favorezcan la comprensión de procesos en un nivel de complejidad adecuado, desde distintos puntos de vista; puedan utilizarse en contextos diferentes de aquellos en los que fueron adquiridos y constituyan herramientas potentes para entender y actuar con inventiva, promoviendo el sentido crítico y la creatividad”. Además agregan, respecto a la utilización de teorías y modelos que: “La alfabetización científica iniciada en los ciclos anteriores avanza hacia la utilización de las ideas fundamentales de algunas teorías científicas consolidadas para la construcción de modelos que explican hechos y fenómenos naturales en el marco de la ciencia escolar, así como algunos aspectos de la construcción histórica de estas ideas y la inclusión de temas de la nueva agenda científica que revistan particular interés social (MECyT, 2009b).

En este ciclo se destinan, en promedio, alrededor del 17% del crédito horario, distribuido en las asignaturas Biología, Física o Química, porcentaje que está muy por debajo de otras asignaturas.

Respecto a los últimos años del nivel secundario, en el bachillerato orientado, el Consejo Federal de Educación especifica en la caracterización general de la propuesta educativa de la orientación ciencias naturales que en particular, se espera que esta orientación proporcione a los estudiantes una formación que les permita, entre otros:

Tomar decisiones informadas y autónomas haciendo uso de sus conocimientos de ciencia y acerca de la ciencia e interactuar con los fenómenos naturales para comprender la complejidad de su funcionamiento, anticipando las implicancias positivas y negativas, tanto de la intervención humana como de la no intervención en distintas situaciones”. En este sentido, el aprendizaje de las ciencias debería pensarse “como un proceso avanzado de construcción de modelos científicos básicos contextualizados en temas de relevancia y actualidad de las disciplinas específicas de esta orientación, así como de las formas de trabajo de la actividad científica, a partir del diseño y desarrollo de procesos de indagación científica escolar, por medio de actividades de exploración, reflexión y comunicación que incluyan la valoración de aspectos estéticos, de simplicidad, de capacidad explicativa y predictiva de dichos modelos.

En este documento, las recomendaciones sobre el desarrollo curricular y la enseñanza expresan que la escuela secundaria orientada en ciencias naturales tiene que:

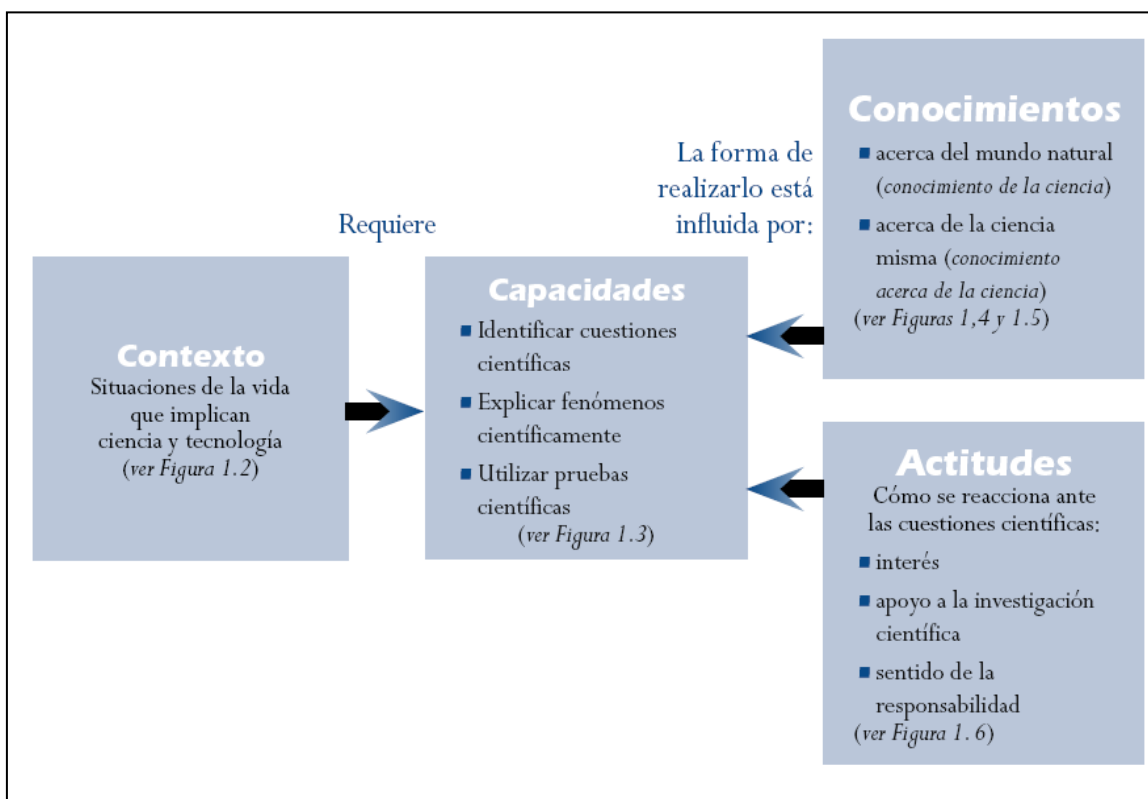
- Garantizar la inclusión de propuestas de enseñanza que promuevan la modelización de los fenómenos naturales y la contextualización de los contenidos en relación a aspectos de la vida cotidiana y a necesidades sociales.
- Garantizar el abordaje, tratamiento y construcción de conocimientos científicos actuales y relevantes de las diversas disciplinas del área, sus principales problemáticas y metodologías, con propuestas de enseñanza en sintonía con la especificidad de dichos campos y que favorezcan la construcción de modelos cada vez más complejos para explicar el mundo e intervenir en él (MECyT, 2007).

Según PISA (OCDE, 2006), la adquisición de la competencia científica conlleva el desarrollo de capacidades como la identificación de cuestiones científicas, la descripción y explicación de fenómenos y la utilización de pruebas científicas; el conocimiento de unos contenidos tanto del mundo natural como de la propia ciencia sobre los que desarrollar estas capacidades; la elección de unos contextos de interés de la vida cotidiana adecuados al estudio del contenido científico y tecnológico, y, por último, la generación de actitudes como el interés por la ciencia y la investigación científica, o la motivación para reflexionar y actuar responsablemente en relación con temas científicos de interés personal y social como los relativos a la salud y al medio ambiente. Define la competencia científica como:

la capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Además, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia,

entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas sobre la ciencia como un ciudadano reflexivo (OCDE, 2006).

El marco de la evaluación en PISA-2006, que se muestra en la Figura 10 es coherente con el concepto de competencia científica que se acaba de definir. En él se indica que medir competencias científicas es medir capacidades o procesos científicos aplicados en determinados contextos y referidos a determinados conocimientos – sobre el mundo natural y sobre la ciencia- y actitudes científicas.



**Figura 10.** Marco de la evaluación en ciencias de PISA. (Fuente: OCDE, 2006).

Para los intereses de este trabajo, destacamos que una de las capacidades evaluadas en PISA es la de “Explicar fenómenos científicamente”. Asimismo, como se muestra en la Figura 11, entre los conocimientos acerca del mundo natural (*conocimiento de la ciencia*), necesarios para alcanzar dichas capacidades, PISA destaca los relacionados con la “Estructura de la materia (por ejemplo, modelos de partículas, enlaces)”.



**Figura 11.** Categorías del conocimiento de la ciencia en PISA. (Fuente: OCDE, 2006)

### **2.1.5 Desgranando el concepto de competencia y sus implicaciones para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias**

No hay duda de que el concepto de competencia es polémico y alude a un campo semántico brumoso. Deriva de una tradición claramente escorada a la interpretación conductista del aprendizaje y comportamiento humanos, por lo que exige estar atentos y detectar los inevitables influjos mecanicistas que se infiltrarán en el desarrollo de una propuesta de enfoque por competencias.

Tobón, García-Fraile, Rial y Carretero (2006, p.35) señalan que el término competencia viene del latín, cum y petere “capacidad para concurrir, coincidir en la dirección”. En sí significa poder seguir el paso, capacidad de seguir en una trayectoria definida: una situación de comparación directa y situada en un momento determinado. Estos autores explican que en la actualidad este término se emplea con tres significados diferentes:

- *Correspondencia o atribución.* Alude a las facultades o funciones de un determinado órgano: *coordinar actividades académicas es competencia del jefe de estudios.*
- *Pugna, enfrentamiento.* Aceptación ligada al terreno de las confrontaciones deportivas o laborales: *compiten por ganar un campeonato; entran en competencia por conseguir un mercado.*
- *Aptitud, adecuación, idoneidad, cualificación o eficiencia.* Concepción más reciente que las anteriores y que se encuentra muy próxima al empleo que se le está dando en educación.

También mencionan, al igual que Marina y Bernabéu (2007), el empleo que Chomsky hace en lingüística del vocablo, donde se entiende como una facultad innata y se distingue de *actuación*. Sin embargo, admitiendo esta distinción lingüística, el concepto de competencia más extendido en educación la entiende de manera bien distinta.

En coincidencia con Escamilla (2009) puede afirmarse que es necesario llegar a un acuerdo de base a la delimitación del terreno conceptual de las competencias. Se debe intentar conseguirlo, al menos, respecto a sus características centrales. La justificación de esta necesidad la explican Tobón *et al.* (2006) en razón de que las competencias aportan elementos para superar algunas carencias muy importantes de la educación tradicional. Tales carencias pueden sinterizarse de la siguiente forma:

- Énfasis en la transmisión de conocimientos acabados, sin incidir en los procesos de construcción tan necesarios en una sociedad en permanente cambio y en la que es esencial “aprender a aprender”.
- Insuficiente vinculación interdisciplinaria entre ámbitos de conocimientos.
- Escaso trabajo en equipo entre profesores.
- Empleo de sistemas de evaluación autoritarios, rígidos y con baja pertinencia.

Indagando ya en el concepto de competencia, algunas de sus definiciones aportadas por Tejada (1999, en Urzúa y Garritz, 2008) son:

1. “Conjunto estabilizado de **saberes y saber-hacer**, de conductas tipo, de procedimientos estándares, de tipos de razonamiento, que se pueden poner en práctica sin nuevo aprendizaje” (Montmollin, 1984:122).
2. ”Conjunto específico de **destrezas necesarias** para desarrollar un trabajo particular y puede también incluir las cualidades necesarias para actuar en un rol profesional” (Jessup, 1991: 6-39).
3. “Conjuntos **de conocimiento, de capacidades de acción y de comportamiento** estructurados en función de un objetivo y en un tipo de situación dada” (Gilbert y Parlier, 1992).

4. “Conjunto de **conocimientos, destrezas y aptitudes necesarias** para ejercer una profesión, resolver problemas profesionales de forma autónoma y flexible y ser capaz de colaborar en el entorno profesional y en la organización del trabajo” (Bunk, 1994).
5. “La competencia resulta de un **saber actuar**. Pero para que ella se construya es necesario **poder y querer actuar**” (Le Boterf, 1994).
6. “La competencia, inseparable de los razonamientos, está constituida por los **conocimientos** (declarativos, de procedimientos,...), las **habilidades** (menos formalizadas, a veces, llevadas a rutinas), los **metaconocimientos** (conocimientos de sus propios conocimientos, que sólo se adquieren por medio de la experiencia) (Montmollin, 1996: XIII).
7. “Son **resultado de experiencias dominadas** gracias a las actitudes y a los rasgos de personalidad que permiten sacar partido de ellas” (Levy-Leboyer, 1997: 94).
8. “**Saber combinatorio**... cada competencia es el producto de una combinación de recursos. Para construir sus competencias, el profesional utiliza un doble equipamiento: el equipamiento incorporado a su persona (saberes, saberes hacer, cualidades, experiencia,...) y el equipamiento de su experiencias (medios, red relacional, red de información). Las competencias producidas con sus recursos se encarnan actividades y conductas profesionales adaptadas a contextos singulares” (Le Boterf, 1997: 48).
9. Funciones, tareas y roles de un profesional -incumbencia- para desarrollar adecuada e idóneamente su puesto de trabajo - suficiencia- que **son resultado y objeto de un proceso de capacitación y cualificación** (Tejada, 1999: 4).
10. Característica subyacente en el individuo que está causalmente relacionada con un **estándar de efectividad y/o a una performance superior** en un trabajo o situación (Spencer y Spencer, 1999).

Un análisis de gran interés sobre el concepto de competencia es aportado por Zabala y Arnau (2007, p. 31), que revisa distintas acepciones dadas en el ámbito laboral y en el educativo para identificar y reconocer los aspectos claves de las competencias, ya sea en su carácter semántico o estructural.

Las definiciones del término competencia en el terreno profesional aportadas por estos autores son:

1. McClelland (1973). Competencia es una forma de evaluar aquello que realmente causa un rendimiento superior en el trabajo.
2. Llyd McLeary (Cepeda, 2005). Competencia es la presencia de características o ausencia de incapacidades que hacen a una persona adecuada o calificada para realizar una tarea específica o para asumir un rol definido.



3. La Organización Internacional Trabajo o de los Trabajadores (OIT, 2004) concibe la competencia como la capacidad efectiva para llevar a cabo exitosamente una actividad laboral plenamente identificada.
4. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales (1995). Define la competencia como la capacidad de aplicar conocimientos, destrezas y actitudes al desempeño de la ocupación de que se trate, incluyendo la capacidad de respuesta a problemas imprevistos, la autonomía, la flexibilidad, la colaboración con el entorno profesional y con la organización del trabajo.
5. Diccionario enciclopédico Larousse: Define competencia como el conjunto de los conocimientos, cualidades, capacidades, y aptitudes que permiten discutir, consultar y decidir sobre lo que concierne al trabajo. Supone conocimientos razonados, ya que se considera que no hay competencia completa si los conocimientos teóricos no son acompañados por las cualidades y la capacidad que permita ejecutar las decisiones que dicha competencia sugiere.
6. INEM (1995). Las competencias profesionales definen el ejercicio eficaz de las capacidades que permiten el desempeño de una ocupación, respecto a los niveles requeridos en el empleo. Es algo más que el conocimiento técnico que hace referencia al saber y el saber hacer. El concepto de competencia engloba no sólo las capacidades requeridas para el ejercicio de una actividad profesional, sino también un conjunto de comportamientos, facultad de análisis, toma de decisiones, transmisión de informaciones, etc., considerados necesarios para el pleno desempeño.
7. Tremblay (1994). Competencia es un sistema de conocimientos, conceptuales y de procedimientos, organizados en esquemas operacionales y que permiten, dentro de un grupo de situaciones, la identificación de tareas-problemas y su resolución por una acción eficaz.
8. Le Boterf (2000). Competencia es la secuencia de acciones que combina varios conocimientos, un esquema operativo transferible a una familia de situaciones (...) La competencia es una construcción, es el resultado de una combinaciones pertinente de varios recursos (conocimientos, redes de información, redes de relación, saber hacer).

Como destacan Zabala y Arnau (2007), de estas definiciones se pueden extraer las conclusiones siguientes:

- Las competencias tienen como finalidad la realización de tareas eficaces o excelentes.
- Las tareas están relacionadas con las especificaciones de una ocupación o desempeño profesional claramente definido (o sea, un contexto concreto de aplicación).
- Las competencias implican una puesta en práctica de un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes.

Por otro lado, Zabala y Arnau (2007) aportan otras definiciones del término competencia en el ámbito educativo, tales como:

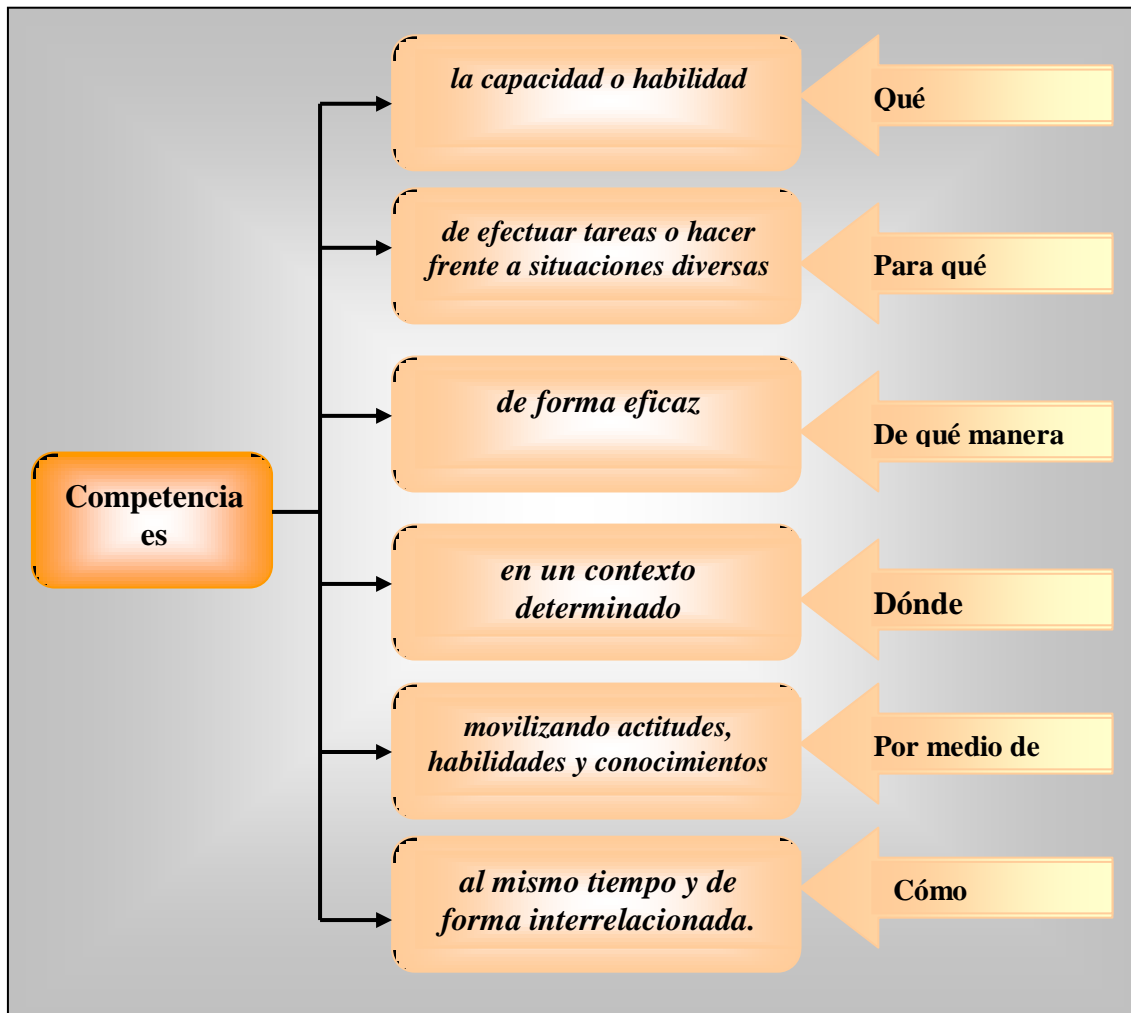
1. Consejo Europeo (2001). Competencia es la suma de conocimientos, destrezas y características individuales que permiten a una persona realizar acciones.
2. Unidad española de Eurydice-CIDE (2002). Competencias son las capacidades, conocimientos y actitudes que permiten una participación eficaz en la vida política, económica, social y cultural de la sociedad.
3. OCDE (2002). Competencia es la habilidad de cumplir con éxito las exigencias complejas, mediante la movilización de los prerequisites psicosociales. De modo que se enfatizan los resultados que el individuo consigue a través de la acción, selección o forma de comportarse según las exigencias. Cada competencia es la combinación de habilidades prácticas, conocimientos (incluidos conocimientos tácitos), motivación, valores éticos, actitudes, emociones y otros componentes sociales y de comportamiento que pueden mobilizarse conjuntamente para que la acción realizada en una situación determinada pueda ser eficaz.
4. Documento marco para el Currículum Vasco (AA.VV., 2005). Competencia es la capacidad para enfrentarse con garantías de éxito a tareas simples o complejas en un contexto determinado. Una competencia se compone de una operación (acción mental) sobre un objeto (que es lo que habitualmente llamamos conocimientos) para el logro de un fin determinado.
5. Generalitat de Catalunya (2004). Competencia básica es la capacidad del alumnado para poner en práctica de una forma integrada conocimientos, habilidades y actitudes de carácter transversal, es decir, que integren saberes y aprendizajes de diferencias áreas, que a menudo se aprenden no solamente en la escuela y que sirven para resolver problemas diversos de la vida real.
6. Monereo (2005). Competencia y estrategia implican repertorios de acciones aprendidas, autorreguladas, contextualizadas y de dominio variable..., mientras que la estrategia es una acción específica para resolver un tipo contextualizado de problemas, la competencia sería el dominio de un amplio repertorio de estrategias en un determinado ámbito o escenario de la actividad humana. Por lo tanto, alguien competente es una persona que sabe “leer” con gran exactitud qué tipo de problema es el que se le plantea y cuáles son las estrategias que deberá activar para resolverlo.
7. Perrenoud (2001). Competencia es la aptitud para enfrentar eficazmente una familia de situaciones análogas, movilizando a conciencia y de manera a la vez rápida, pertinente y creativa, múltiples recursos cognitivos: saberes, capacidades, microcompetencias, informaciones, valores, actitudes, esquemas de percepción, de evaluación y de razonamiento.

Tras analizar estas definiciones y recoger sus ideas principales, Zabala y Arnau (2007) concluyen que **competencia es** (ver Figura 12):

Qué: *la capacidad o habilidad*

Para qué: *de efectuar tareas o hacer frente a situaciones diversas*

De qué manera: *de forma eficaz*  
 Dónde: *en un contexto determinado*  
 Por medio de qué: *movilizando actitudes, habilidades y conocimientos*  
 Cómo: *al mismo tiempo y de forma interrelacionada.*



**Figura 12.** Definición de competencia. (Fuente: Elaboración propia en base a la definición de Zabala y Arnau, 2007)

Una lectura detallada de esta definición nos indica que las competencias son acciones eficaces que se efectúan para hacer frente a situaciones diversas en un contexto determinado (definición semántica), movilizando para ello actitudes, habilidades y conocimientos de forma interrelacionada (definición estructural).

Parece conveniente, una vez acordada la definición, destacar algunas características de la misma, especialmente por las implicaciones que tienen para este trabajo (ver Tabla 3):

**Tabla 3.** Características de las competencias

- La competencia es un “conocimiento en acción” o “ejecución consciente de algo”, esto es un conocimiento con suficiente carga procedimental para actuar ante problemas en contextos prácticos y ofrecer resultados positivos. (Definición semántica)
- Tener competencia implica disponer de un bagaje de conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales aprendidos significativamente.
- El contexto o escenario práctico delimita la competencia, o, dicho de otro modo, las competencias tienen implícito el elemento contextual.
- Las competencias deben ser estables, lo que se manifiesta con tres observables: repetición, generalización y diferenciación.

El análisis de las características de las competencias muestra que:

1. A pesar de que ser un concepto poliédrico como muchos otros en pedagogía y psicología (Monereo y Pozo, 2007), lo que parece estar claro es que el concepto de competencia hay que diferenciarlo por un lado del propio conocimiento potencial, y por otro, de la mera actuación -performance-. Ser competente no es tener capacidades potenciales que no se demuestran en contextos específicos. Tampoco es ser hábil en la ejecución de tareas y actividades concretas, escolares o no, tal como han sido enseñadas, sino más allá de ello, las competencias están ligadas al “**conocimiento en acción**”, o a la “**ejecución consciente de algo**”, al conocimiento con suficiente carga procedimental para actuar, el que se despliega ante un problema en contextos prácticos y ofrece resultados, y no tanto al conocimiento que se dice tener o el que no ofrece respuestas. Un ejemplo de esta distinción es conocer los puntos cardinales, esto es, saber situar los puntos cardinales en la correspondiente rosa de los vientos, y otra muy diferente es saber orientarse según los puntos cardinales, utilizando argumentos sólidos que justifiquen dicha acción.
2. En general, el sujeto puede poner de manifiesto sus competencias porque es poseedor de unas determinadas características cognoscitivas (saberes y habilidades), afectivas (motivaciones, actitudes), psicomotrices (hábitos, destrezas), rasgos de personalidad y características físicas, las cuales constituyen los **atributos de la competencia**. Estos rasgos internos no hay que confundirlos con las manifestaciones externas o reacciones del sujeto ante las situaciones planteadas (ver en la Figura 13 un esquema diferenciador de la competencia de sus atributos). Como veremos a continuación, es posible, ante una situación aislada, que no haya manifestación inmediata de los atributos de la competencia. También es posible lo contrario, esto es, que ante una situación aislada, el sujeto muestre una acción competente, pero ésta deje de manifestarse ante situaciones familiares a la situación planteada.
3. Lo anterior enlaza directamente con la **importancia del contexto práctico** en el que se desarrolla la competencia. Es indiscutible que, para que se dé el acto competente, es necesario utilizar un escenario práctico -externo- en el que se pueda mostrar el

grado de eficacia de la acción realizada. El contexto o escenario práctico delimita la competencia, o, dicho de otro modo, las competencias tienen implícito el elemento contextual, referido a la situación en la que es capaz de demostrar una actuación eficaz. Y puesto que cada situación es única y diferente de las demás, por muchos elementos que compartan, es posible que una persona demuestre unas competencias en unas situaciones y no en otras. Siempre podrá existir una situación en la que una persona “generalmente competente” deje de serlo. Lo contrario también puede ocurrir, esto es, una persona considerada socialmente “incompetente” podría manifestarse como competente en un determinado contexto práctico. Por ejemplo, alguien competente para orientarse, podría sentirse totalmente desorientado en una nueva ciudad, y viceversa, esto es, alguien usualmente incompetente en esa habilidad, podría encontrar en una nueva situación una referencia suficiente para orientarse adecuadamente. En consecuencia, no existe la persona competente, sino la que sabe resolver una situación con mayor o menor grado de competencia.

De lo visto anteriormente, la actuación más o menos competente de una persona ante una situación o contexto va a depender tanto de las características internas que determinan la competencia, como de la situación o contexto práctico que se intenta resolver, así como de la interacción que se establezca entre los elementos internos y externos. A priori no podemos afirmar que alguien es competente ante una nueva situación. Sin embargo, hay mayor probabilidad de que una persona, que ha mostrado tener unas habilidades eficaces ante situaciones similares a la situación problema, se muestre también eficaz ante la situación nueva. Estrictamente hablando, las características supuestamente favorables de una persona no son suficiente para verlo competente, sólo lo será cuando su actuación en un contexto específico ofrezca resultados eficaces.

4. Por último, otra característica asociada a las competencias y su definición es su **estabilidad**. No tendría sentido decir que alguien es competente en alguna actividad si no demuestra la posibilidad de ejercer una acción eficaz en tareas o situaciones diversas asociadas a dicha actividad. Por ejemplo, no decimos que un aficionado al tenis es competente en este deporte si únicamente hace un buen saque y ni siquiera si hace un buen set. Se requiere el mantenimiento de los buenos resultados en un tiempo razonable para que se pueda afirmar que es competente en la misma. En consecuencia, una competencia es una cualidad del sujeto que se mantiene durante un tiempo razonable. Así, el tenista la mantiene durante unos años y su puesto en el ranking permite prever sus resultados; el buen docente es evaluado positivamente por sus alumnos año tras año. Esta cualidad se puede precisar con tres observables:
  - *Repetición*: Ante situaciones semejantes la reconocida competencia del sujeto se ejecuta con resultados parecidos una y otra vez. Siguiendo con el ejemplo de nuestro tenista, siempre que le viene la bola a la derecha, ejecuta el golpe con la misma pericia.
  - *Generalización*: Ante la diversidad de variaciones del contexto en el escenario donde se ubica la competencia, el sujeto que la posee sabe responder con resultado también exitoso. Así ya lleguen bolas al derecho, revés, cerca de la red, con mayor o menor fuerza, el tenista mantiene sus competencias. El tenista sabrá con qué intensidad y giro deberá ejecutar su golpe según el lugar de la pista y la rapidez con que le viene la bola.

- **Diferenciación:** Se refiere a la adecuación o acomodación de la competencia ante situaciones o circunstancias novedosas que de pronto aparecen en el escenario práctico donde se da el actuar competente del sujeto. En el ejemplo del tenista, ante la circunstancia adversa que la bola cambie bruscamente su trayectoria al rozar la red cayendo al otro lado, el tenista sabe poner en juego en un instante todo un despliegue de recursos físicos y técnicos para recoger la bola antes de que bote en su campo.

La estabilidad de la competencia es una consecuencia del carácter permanente de las características biológicas, cognitivas y afectivas intrínsecas al sujeto, pero no habría que confundir dichas características o atributos, que son internas al sujeto, con las competencias, que son sus manifestaciones procedimentales externas. Es conveniente advertir que la cualidad de la estabilidad o persistencia de la competencia no significa que en determinados casos pueda no manifestarse. En casos excepcionales el problema o situación puede aparecer con un nuevo factor que el sujeto no controla suficientemente. Asimismo, en ocasiones, saber diferir u omitir puede ser una “actuación competente”.



**Figura 13.** Concepto de competencia usando el modelo del iceberg. (Fuente: Elaboración propia a partir de otros modelos similares).

### 2.1.6 Competencia versus conocimientos conceptuales, procedimentales y actitudinales

De las definiciones de competencia vistas en epígrafes anteriores, incluyendo la estructurada por Zabala y Arnau (2007), no se deduce que el dominio de las competencias vaya en detrimento del conocimiento, más bien al contrario. La aparición del término en el ámbito educativo puede que sea relativamente nueva, pero su sentido no lo es en el ámbito de la investigación de la didáctica de las ciencias experimentales, como se comprobará efectivamente en este trabajo. Distintos autores coinciden en señalar que la aparición del término competencia ha sido una consecuencia de la incapacidad de aplicación de muchos de los conocimientos teóricamente aprendidos a situaciones reales, tanto de la vida cotidiana como de la profesional. A pesar de ello, puede dar la sensación de que, al ser la competencia fundamentalmente un *saber hacer*, la enseñanza por competencias parece una apuesta por la práctica y, en consecuencia, un rechazo a los conocimientos. En este sentido, se retomaría el antiguo dilema entre conocimientos y procedimientos, y se podría interpretar que la enseñanza de competencias apuesta por desplazar la balanza hacia estos últimos.

Parece necesario preguntarse ¿hasta qué punto esta opinión es cierta?, ¿qué papel tienen los conocimientos en una enseñanza de competencias?

En el siglo pasado los movimientos educativos progresistas señalaron como principio metodológico la actividad del alumnado. Fue el resultado de una visión puerocéntrica de la enseñanza a consecuencia del conocimiento más elaborado de los procesos de aprendizaje, y, al mismo tiempo, del desplazamiento del punto de mira hacia el saber hacer, es decir, hacia los procedimientos, las técnicas y las habilidades. Esta importancia desmedida del saber hacer sobre el saber llevó por un lado, a la relativización, cuando no un verdadero menosprecio, de los contenidos conceptuales; y, por otro lado, a la defensa de unos métodos de enseñanza sustentados, de forma dogmática, en el principio de la acción por la acción. En esta forma de enseñanza, llamada por muchos como falso activismo, los estudiantes están permanentemente realizando actividades de diversa índole en el aula: manipulación, construcción, clasificación, búsqueda de información, etc. y fuera de ella: salidas de todo tipo, tales como visitas, excursiones o colonias, plagadas de actividades de observación, dibujo, etc. Actividades todas ellas en las que el alumnado utiliza diversas técnicas, estrategias y otros tipos de contenidos procedimentales, pero en los que prima el hacer por hacer, y los conocimientos se convierten en un mero pretexto para la acción.

Los conocimientos más avanzados en la actualidad acerca del aprendizaje permiten estar alertas ante estas tendencias maniqueas en las que la valoración de cualquiera de sus componentes o características sólo es posible desde la confrontación. Como se ha dicho anteriormente, el término competencia surge como superación a una enseñanza tradicional en la que el estudiante no consigue transferir lo aprendido a las situaciones reales, pero ello no implica ni mucho menos una apuesta por la pedagogía activa en el sentido que se defendió en el siglo pasado.

El término competencia representa la alternativa superadora a las distintas dicotomías vigentes en el pasado siglo, entre: memorizar y comprender, conocimientos y

habilidades, teoría y práctica. Pero para que ello sea una realidad y no se esté a merced de quienes pretenden su manipulación, es conveniente indagar en los conocimientos de que se dispone en la actualidad acerca de cómo se aprenden las competencias y los atributos que sustentan la competencia: conocimientos, procedimientos y actitudes, y sus formas de ser aprendidos. Por ello se tratará de extraer consecuencias para el aprendizaje y la evaluación de las competencias.

La pregunta que subyace en el resto del epígrafe es: ¿se sabe cómo se aprenden competencias? ¿Existen estudios fiables y suficientes acerca de cómo las personas consiguen ser competentes?

Evidentemente, de todo lo expuesto con anterioridad, se está en condiciones de afirmar que las competencias son constructos complejos, eminentemente de carácter procedimental, para las que aún no se tiene conocimientos suficientemente elaborados que permitan dar una respuesta específica a estas dos preguntas. Sin embargo, hay datos suficientes acerca de las condiciones generales de cómo las personas aprenden y de cómo se produce el aprendizaje de los distintos componentes o atributos (conceptuales, procedimentales y actitudinales) que subyacen en el aprendizaje de cualquier competencia.

#### ***a) El aprendizaje de los contenidos actitudinales en la enseñanza***

Los contenidos actitudinales en la enseñanza suelen agrupar tres componentes con diferente grado de generalidad: las actitudes, las normas y los valores. Las *actitudes* propiamente dichas se refieren a reglas o patrones de conducta, disposiciones a comportarse de modo consistente (dimensión conductual). Las *normas* están constituidas por las ideas o creencias sobre cómo hay que comportarse (dimensión cognitiva). Y finalmente los *valores* se refieren al grado en que se han interiorizado o asumido los principios que rigen el funcionamiento de esas normas (dimensión afectiva) (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Las personas pueden adoptar una actitud por simple rutina, por autoridad, o bien por un aprendizaje significativo de las normas y valores que la sustentan. El objetivo de la educación en actitudes debería ser una vez más lograr cambios en los aspectos más generales, en las capacidades autónomas, en este caso cambiar los valores, hacer que los alumnos interioricen como valores ciertas normas y formas de comportarse, en lugar de mantener éstas por procedimientos coercitivos.

Las actitudes son conocimientos implícitos que en gran parte son así por haber sido adquiridos por procesos de aprendizaje implícito. Además, son conocimientos difíciles de cambiar, muy estables, también en gran parte porque son adquiridos lentamente. A este carácter implícito y estable, se unen otros rasgos, como su generalidad y omnipresencia, que hacen de las actitudes un contenido educativo particularmente difuso y vaporoso.

El proceso de aprendizaje de estos contenidos implica elaboraciones complejas de carácter personal con una gran vinculación afectiva. Se aprenden las actitudes a partir de modelos o mediante las vivencias continuadas en entornos con grandes implicaciones afectivas: querer ser como alguien al que se admira o querer vivir según las pautas de un



grupo social para poder permanecer en él. Dos formas de aprendizaje que promueven la *heteronomía moral*, es decir, querer ser no por uno mismo, sino para ser como otros o para poder vivir con otros (Zabala y Arnau, 2007).

Se aprenden también y especialmente mediante procesos de reflexión y posicionamiento personal ante situaciones conflictivas que obligan al establecimiento de pautas de comportamiento. En este caso se actúa y se es no por querer ser o tener que ser como los demás, sino por propio convencimiento, porque se asume dicha actitud como principio de actuación personal, o sea, se actúa con *autonomía moral*. En este caso, el aprendizaje de los contenidos actitudinales supone un conocimiento y una reflexión sobre los posibles modelos, un análisis y una valoración de las normas, una apropiación y elaboración del contenido, que implica el análisis de los factores positivos y negativos, una toma de posición, una implicación afectiva y una revisión y valoración de la propia actuación (Zabala y Arnau, 2007).

Los componentes actitudinales de las competencias científicas incluyen las actitudes hacia el aprendizaje de la ciencia (que se intente aprender de un modo constructivo, adoptando un enfoque profundo en vez de superficial, aprendiendo en busca del significado y del sentido, y no sólo repitiendo) y las actitudes hacia la ciencia en sí misma (interés, valoración, motivación intrínseca,...). La importancia de estos componentes actitudinales es del conocimiento de todos, y, sobre todo, del profesorado, que suele adjudicar el fracaso escolar de sus estudiantes a la falta de actitudes adecuadas (falta de interés, de motivación, tendencia a utilizar aprendizajes superficiales, etc.). Y tienen mucha razón cuando destacan la importancia de estos contenidos, pero quizás no tanta cuando se eximen de responsabilidades. Como señala Izquierdo (2004, p. 117):

En las personas, cuando ‘algo en el mundo tira de ellas’, cuando se persigue una finalidad que interesa alcanzar porque es valiosa, entonces se piensa sobre lo que se hace, se inventan los lenguajes adecuados a la nueva experiencia y se establece un consenso respecto a ellos que van a permitir comunicarla, para continuar actuando, pensando, comunicando con éxito hasta alcanzar la meta. En caso contrario, cuando las preguntas no son adecuadas, los lenguajes resultan vacíos, las teorías no tienen significado experimental y los experimentos se llevan a cabo como si fueran una receta de cocina.

No cabe duda que el ejemplo y las formas de enseñar y evaluar de los docentes en las aulas y en los centros son importantes para conseguir cambiar las prioridades y las formas de aprender de los estudiantes. Pero ello implica intención de hacerlo, trabajo y esfuerzo, abandonando la idea de que la motivación es algo intrínseco a los estudiantes.

### ***b) El aprendizaje de los contenidos procedimentales en la enseñanza***

Los contenidos procedimentales abarcan un conjunto muy amplio de saberes que tienen en común que implican una acción o conjunto ordenado de acciones dirigidas a la consecución de un objetivo. Es el *saber hacer*, en gran parte implícito y difícil de verbalizar. Son contenidos procedimentales, entre otros, las destrezas, las técnicas y las estrategias. Pero también lo son las reglas, las habilidades, los métodos, los procedimientos, etc. La bibliografía pone de manifiesto la dificultad que hay en clarificar el significado de estos términos. Algunos ejemplos de estos intentos se pueden

ver en Pro (1998; 2007), Zabala *et al.* (2001), Monereo *et al.* (1994); Pozo y Monereo (1999); Pozo y Postigo (1994), Pozo y Gómez Crespo (1998) entre muchos otros.

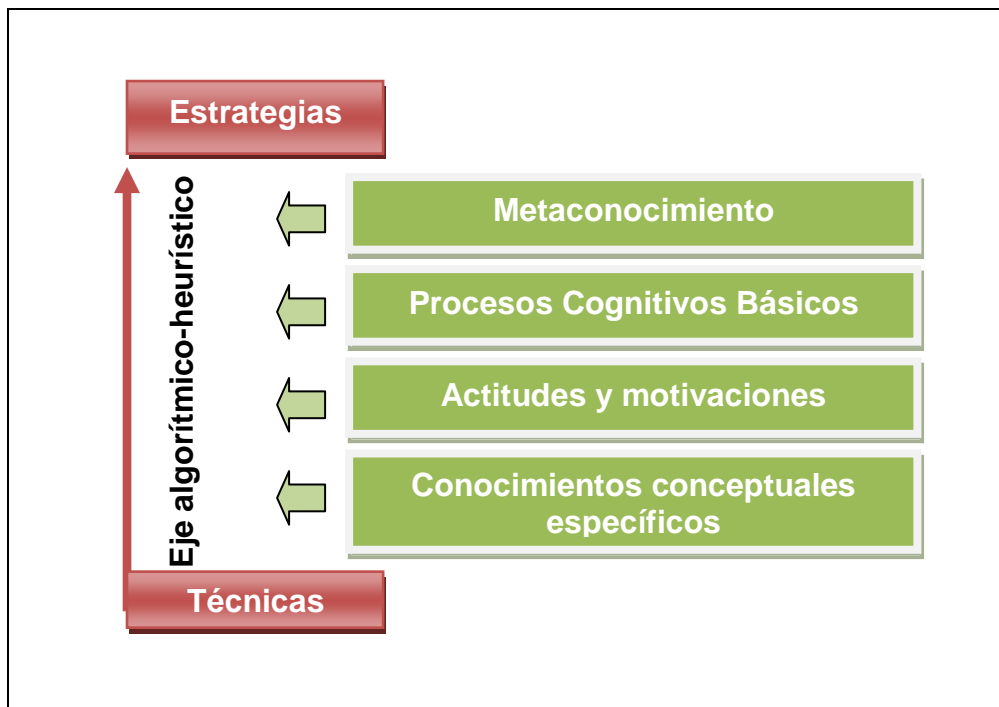
Gran parte de la dificultad que entraña la diferenciación de los contenidos procedimentales se debe al carácter difuso de sus términos y a la posibilidad de clasificarlos en función de tres ejes (Zabala, 2001, p. 9):

- *Eje 'Motriz-Cognitivo'*: Clasifica los contenidos procedimentales en función de las acciones a realizarse, según sean más o menos motrices o cognitivas.
- *Eje 'De Pocas Acciones-Muchas Acciones'*: Está determinado por el número de acciones que conforman el contenido procedimental.
- *Eje 'Algorítmico-Heurístico'*: Considera el grado de predeterminación de orden de las secuencias. Aquí se aproximan al extremo algorítmico los contenidos cuyo orden de las acciones siempre siguen un mismo patrón, es decir, siempre es el mismo. En el extremo opuesto, el heurístico, están aquellos contenidos procedimentales cuyas acciones y su secuencia dependen de la situación en que se aplican.

Aunque cualquier contenido procedimental puede situarse en algún lugar de estos tres “contínuums”, resulta difícil establecer el límite entre unos contenidos y otros. Al colocar las tres líneas que conforman los ejes en un diagrama en tres dimensiones, veríamos que la delimitación todavía se complica más. A pesar de ello, y teniendo en cuenta que nos movemos en unas clasificaciones bastante indefinidas, es absolutamente pertinente avanzar en la caracterización y diferenciación entre ellos porque nos permite también avanzar en el camino de un tratamiento adecuado y específico.

Desde los intereses de este trabajo, centrado en las competencias científicas, más allá de intentar clarificar el significado de los conceptos implicados en los contenidos procedimentales, se ha centrado en establecer las formas de aprendizaje que los caracterizan y distinguen. Esto supone atender sobre todo al último de los tres ejes anteriores: el algorítmico-heurístico, por el que un determinado procedimiento debe seguir, para conseguir alcanzar eficazmente el objetivo, unas pautas predeterminadas o bien unas pautas que se deben seleccionar adecuadamente.

En este sentido, se distinguen en los extremos de dicho eje, siguiendo a Pozo y Gómez Crespo (1998), entre técnicas y estrategias, entendiendo que las primeras servirían para afrontar ejercicios o tareas rutinarias siempre iguales a sí mismas, mientras que las estrategias serían necesarias para resolver problemas, entendiendo por problema una situación relativamente abierta en la que se sabe dónde se está y adónde se quiere ir pero no cómo se va exactamente. Así, si la demanda de una tarea es el cálculo de la densidad de una piedra a partir de su masa y su volumen, el contenido procedimental demandado es una técnica (dividir masa entre volumen, teniendo en cuenta sus unidades), pero si, por el contrario, se plantea una cuestión abierta del tipo “*¿Todos los cuerpos que tienen más masa ocupan más volumen?*” en la que está implicado el mismo concepto de densidad, se está demandando que el estudiante sepa aplicar una estrategia, que implica un diseño experimental, la medición de los cuerpos, el análisis de los datos y la elaboración de conclusiones (Pro, 1998).



**Figura 14.** Componentes de los contenidos procedimentales. (Fuente: adaptado de Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Para distinguir entre técnicas y estrategias, se muestra la Figura 14. En ella, interesa destacar:

1. Las estrategias se componen de técnicas, pues suponen dominar técnicas más simples.
2. Además, el uso de una estrategia requiere otros componentes cognitivos y metacognitivos. Entre los primeros, se destacan los conocimientos conceptuales específicos que, en caso de estar poco elaborados, dificultarían enormemente la ejecución del procedimiento. Asimismo, los conocimientos actitudinales y motivacionales son condiciones esenciales para que el estudiante se implique en un aprendizaje autónomo y tome decisiones estratégicas con respecto a su aprendizaje. Por último, se requieren unos procesos cognitivos básicos, que no son posibles sin un determinado desarrollo cognitivo. Entre los requisitos metacognitivos, las estrategias implican cierto grado de reflexión consciente o metaconocimiento necesario sobre todo para tres tareas esenciales: *A)* la selección y planificación de los procedimientos más eficaces en cada caso; *B)* el control de su ejecución o muestra en marcha y *C)* la evaluación del éxito o fracaso obtenido tras la aplicación de la estrategia.

Realizada esta distinción, se pueden diferenciar las estrategias de aprendizaje más óptimas para ambos tipos de contenidos procedimentales.

A grandes rasgos, se puede afirmar que la adquisición de procedimientos requiere seguir una secuencia desde el establecimiento de un conocimiento técnico, en forma de rutinas más o menos automatizadas usadas en situaciones de ejercicio, hasta el uso estratégico de esas técnicas en nuevas combinaciones para enfrentarse a problemas realmente nuevos. Pozo y Gómez Crespo (1998) estructuran las cuatro fases que se muestran en la Tabla 4. Obviamente, como dicen estos autores, aunque estas cuatro fases respondan a una secuencia de construcción, y por tanto deberían orientar la secuenciación de los contenidos procedimentales en la secuencia de enseñanza, no deben entenderse como fases sucesivas, sino que debe existir un cierto solapamiento e incluso un continuo ir y venir entre estas fases, a medida que se vayan detectando deficiencias en su aprendizaje.

**Tabla 4.** Fases en el entrenamiento procedimental: de la técnica a la estrategia (Fuente: Pozo y Gómez Crespo, 1998)

Entrenamiento	Fase	Consiste en
Técnico	Declarativa o de instrucciones	Proporcionar instrucciones detalladas de la secuencia de acciones que debe realizarse
	Automatización o consolidación	Proporcionar la práctica repetitiva necesaria para que el alumno automatice la secuencia de acciones que debe realizar, supervisando su ejecución.
Estratégico	Generalización o Transferencia del conocimiento	Enfrentar al alumno a situaciones cada vez más nuevas y abiertas, de forma que se vea obligado a asumir cada vez más decisiones
	Transferencia del control	Promover en el alumno la autonomía en la planificación, supervisión y evaluación de la aplicación de sus procedimientos.

Para finalizar, conviene destacar que las competencias científicas son en gran parte un saber hacer consciente, y, por tanto, tienen un núcleo procedimental de carácter estratégico de enorme importancia. Se volverá a ello más adelante.

### *c) El aprendizaje de los contenidos conceptuales en la enseñanza*

Los contenidos conceptuales forman la parte más declarativa del saber. Por tanto, son más fáciles de verbalizar que los procedimentales y mucho más que los actitudinales. Según la distinción más común en los currículos, se pueden diferenciar tres tipos principales de contenidos conceptuales: hechos, conceptos y principios.

- Los hechos: son informaciones que afirman o declaran algo sobre el mundo.
- Los conceptos: relacionan los hechos y les dan significado explicando por qué se producen y qué consecuencias tienen.
- Los principios: son los conceptos estructurantes de una disciplina, los más generales, los que poseen un gran nivel de abstracción, aquéllos sin los cuales es difícil dar sentido a los conceptos específicos y hechos asociados a la misma.

Hechos, conceptos y principios implican un gradiente creciente de generalidad, de tal modo que los conceptos son más generales que los hechos y los principios son en sí mismos conceptos de gran generalidad. Los hechos ayudan a adquirir conceptos, y éstos a su vez constituyen la forma más eficaz de retener los hechos. Similarmente, los conceptos ayudan a adquirir principios, y éstos constituyen la forma más efectiva de recordar los conceptos.

Los aprendizajes asociados a estos contenidos conceptuales presentan una dificultad jerarquizada por dicha generalidad. Es decir, aprender principios es más dificultoso que aprender conceptos y esto a su vez es más difícil que aprender hechos y datos. Sin embargo, la facilidad con que se aprende es también la facilidad con la que se olvida, lo que lleva a inferir que los datos se olvidan rápidamente si no se han conseguido insertar en los conceptos que los explican y que incluso los conceptos se olvidarán con más rapidez si no se han extraído de ellos sus principios más generales.

Puesto que los principios son al fin y al cabo conceptos, aunque lo sean de mayor grado de generalidad, en lo que sigue se hará la diferenciación entre hechos y conceptos, agrupando en este último término tanto a los conceptos propiamente dichos como a los principios.

- Aprender hechos requiere reproducirlos y, en consecuencia, la realización de ejercicios de repetición verbal es el mecanismo de aprendizaje más efectivo para conseguir memorizar la información. Algunas reglas mnemotécnicas y asociaciones pueden facilitar este proceso de aprendizaje, pues con ello se reduce la demanda de memoria de trabajo, pero lógicamente, las asociaciones más efectivas son las que se posibilitan a través de los conceptos a los que se hará referencia a continuación.
- Aprender conceptos, a diferencia de los hechos o datos, no implica reproducirlos con las mismas palabras o símbolos, sino traducirlos en el propio lenguaje del que aprende, lo cual requiere unas asociaciones o asimilaciones lo más significativas posibles con sus propias estructuras del conocimiento. La teoría de Ausubel sobre el aprendizaje significativo ofrece unas pautas prácticas de sumo interés para optimizar el proceso de aprendizaje de conceptos (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978).

Lo que interesa destacar en estos momentos son los siguientes problemas y dificultades relacionadas con el aprendizaje conceptual:

- a) Los conceptos también se pueden aprender memorísticamente, y en este caso carecen de la funcionalidad necesaria. De hecho, el aprendizaje de conceptos es gradual, no es una cuestión de todo o nada. Es prácticamente imposible aprenderlos totalmente, como si se fuera expertos, pero también es difícil aprenderlos totalmente de memoria, pues esto también requiere mucho tiempo y esfuerzo. Lamentablemente, esto último es el único recurso del que disponen los estudiantes cuando son incapaces de asimilar los contenidos de aprendizaje con sus esquemas de conocimiento, o, en términos ausubelianos, de realizar asociaciones sustantivas y no arbitrarias entre el nuevo material y sus conocimientos previos.
- b) Una de las condiciones del proceso de instrucción ausubeliano, concretamente, que el aprendiz pueda relacionar el material de aprendizaje con la estructura de conocimientos de la que ya dispone, parece difícil de darse o se produce en la dirección no intencionada por la enseñanza. El número casi inabarcable de estudios sobre los conocimientos previos en las más variadas áreas de conocimiento parecen asumir en general que son concepciones muy estables (se mantienen incluso tras muchos años de instrucción), generalizadas (las comparten personas de muchas culturas, edades y niveles educativas), relativamente coherentes (ya que el alumno

las usa para afrontar situaciones diversas) y en ocasiones guardan notables similitudes con concepciones ya superadas en la propia historia de la ciencia.

Sin embargo, se detectan contradicciones entre los autores con respecto a la coherencia de las concepciones. Para algunos autores, las concepciones son coherentes (Brown, 1989; Gamble, 1989; Ioannides & Vosniadou, 2002; Samarapungavan & Wiers, 1977, Watts & Zylbersztajn, 1981), mientras que para otros son difusas, poco diferenciadas, y fragmentadas (Pozo, Gómez Crespo, Limón y Sanz, 1991; diSessa, Gillespie & Esterly, 2004; diSessa & Sherin, 1998; Kuiper & Mondlane, 1994; Stavy & Tirosh, 1993).

Para dar luz a este resultado contradictorio, Jiménez Gómez, Benarroch y Marín (2006) postularon que podría ocurrir que algunas respuestas de los estudiantes procedieran de esquemas bien estructurados en sus sistemas de conocimiento, mientras que otras podrían proceder de información acumulada memorísticamente, dando lugar a respuestas académicas, de compromiso o de azar. Las primeras mostrarían coherencia ante el cambio de las demandas de la tarea, mientras que las segundas adolecerían de esta coherencia y manifestarían falta de regularidad y generalización en sus respuestas ante un cambio en las demandas de las tareas planteadas.

Esto les llevó a los autores a diferenciar entre respuestas que proceden de los esquemas cognoscitivos de los estudiantes, de las respuestas que proceden de la mera información memorística acumulada. Las primeras deben ser identificadas y diferenciadas de las segundas si se pretende alcanzar la información verdaderamente significativa del estudiante. A partir de ellas, los autores identifican *esquemas explicativos*, concebidos como regularidades en las respuestas de los estudiantes, que han de cumplir las siguientes características:

1. *Repetición*, o extensión con que las respuestas de los estudiantes permanecen inalterables a pesar de las modificaciones de las situaciones físicas introducidas mediante estrategias de confrontación.
2. *Generalización*, o extensión en la que se observan respuestas análogas ante las distintas situaciones físicas obtenidas tras la aplicación de las estrategias de variación contextual.
3. *Adaptación o diferenciación de las respuestas* a los factores que intervienen en la tarea (como producto de la aplicación de ambas estrategias: la de variación contextual y la de confrontación).

Es necesario destacar que, por un lado, estas características son comunes a los observables asociados a la estabilidad de las competencias vistos en el apartado 1.1.5. , lo que sugiere que esta distinción entre respuesta significativa y no significativa podría estar asociada a la disimilitud entre conocimiento requerido para la competencia y conocimiento en sí. Dicho de otro modo, *el conjunto de respuestas sin discriminar las significativas y las que no lo son, configurarían todo el saber del estudiante, sus conocimientos, mientras que únicamente las respuestas significativas podrían estar asociadas al saber ejecutable o saber en acción, que es el que realmente interesa para el aprendizaje de competencias.*

Por otro lado, aunque las investigaciones de estos autores surjan desde el ámbito de las concepciones alternativas, el bagaje de conocimientos alcanzado no es ni mucho menos exclusivamente conceptual, sino que precisamente el concepto de esquema explicativo

está asociado significativamente a la estructura cognoscitiva y, es por tanto, un conocimiento en acción, esto es, un conocimiento con la suficiente carga procedimental para actuar ante situaciones concretas.

Vistas las características del aprendizaje de los atributos de las competencias, se verán a continuación qué implicaciones tienen en el aprendizaje de las competencias en sí.

### 2.1.7 El aprendizaje de competencias científicas

Existe actualmente una coincidencia en subrayar, desde concepciones y enfoques psicopedagógicos dispares, la importancia del aprendizaje significativo y relevante como elemento clave de la educación escolar. Se insiste en que únicamente los aprendizajes significativos consiguen promover el desarrollo personal de los alumnos; se valoran las propuestas didácticas y las actividades de aprendizaje en función de su mayor o menor potencialidad para promover aprendizajes significativos; se proponen procedimientos y técnicas de evaluación susceptibles de detectar el grado de significatividad de los aprendizajes realizados, etc. Esta coincidencia es consecuencia quizás de la misma polisemia del concepto (ver, por ejemplo, Coll, 1990, para un detalle de los antecedentes del mismo), de la diversidad de significaciones que ha ido acumulando, pero quizás como le ha pasado al mismo término de competencia, esto explica en gran parte su atractivo y su utilización generalizada y, obliga, al mismo tiempo, a mantener una prudente reserva.

El término aprendizaje significativo surge de la constatación de que lo que se aprende no tiene por qué integrarse del mismo modo en las estructuras de conocimiento. Hay aprendizajes “mecánicos” que se adquieren mediante un proceso de memorización y en consecuencia se integran de forma superficial en la estructura de conocimiento y otros aprendizajes “profundos o significativos” que se han asimilado de forma substantiva y no arbitraria a la estructura cognoscitiva. Si se situaran ambos aprendizajes en un continuo, estos conceptos ocuparían los extremos del mismo y en su interior, un aprendizaje será más significativo cuanto mayor sea el significado atribuido.

Sin entrar en las características del distinto significado que “atribuir significados” puede implicar según se parta de una teoría de aprendizaje o de otra, lo que interesa resaltar en estos momentos es que se trata de un concepto que pone el acento del aprendizaje, más allá de la influencia del profesor y de la metodología de enseñanza, en la construcción de significados que lleva a cabo el estudiante a partir de dicha enseñanza. ***El aprendiz como constructor de significados es en último extremo el responsable de sus aprendizajes.***

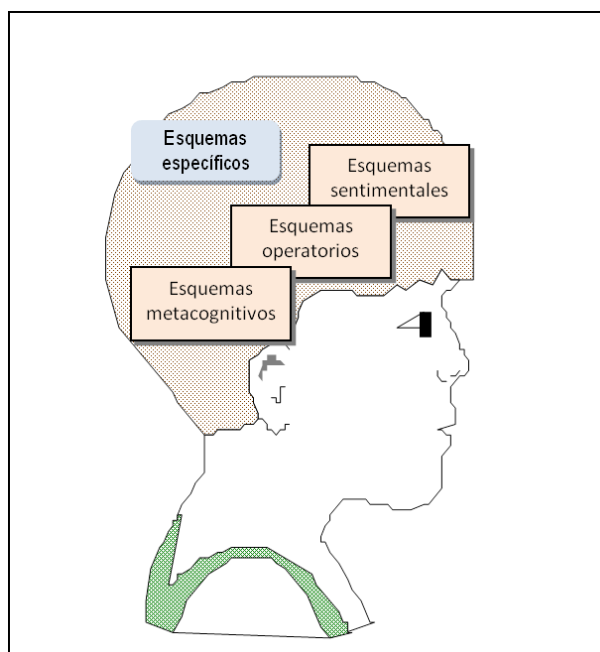
Desde esta perspectiva del estudiante como constructor de significados, las teorías constructivistas y socioconstructivistas han desarrollado el marco teórico de las condiciones que deben darse para que los aprendizajes sean lo más significativos posible. Aunque estas condiciones no estén unívocamente establecidas, hay bastante acuerdo en las mismas en cuanto a la importancia de ciertos factores y características que han sido resumidas por varios autores (por ejemplo, Coll, 1987, 1990 y 1993; Zabala y Arnau, 2007) y que se han adaptado en lo que sigue y se los ha llamado principios psicopedagógicos del aprendizaje constructivista de competencias:

**1. La estructura cognoscitiva está configurada por esquemas de conocimiento.**

Dichos esquemas “*pueden contener tanto conocimiento como reglas para utilizarlo, pueden estar compuestos de referencias a otros esquemas (...) pueden ser específicos o generales*” (Coll, 1990, p. 169). A lo largo de la vida, dichos esquemas se revisan, se modifican, se vuelven más complejos y adaptados a la realidad y más ricos en relaciones. Si esto es así, cualquier nuevo aprendizaje deberá “construirse” desde los esquemas existentes.

Según Marín (1994a; 1994b; 2003 y 2005) y Benarroch y Marín (1997), los esquemas de conocimiento pueden ser de dos tipos: específicos y generales (ver Figura 15).

- Los *esquemas específicos* se construyen por procesos de abstracción simple o empírica con el medio y aportan una conceptualización en cierto modo descriptiva de las propiedades de los objetos. Gracias a estos esquemas, por ejemplo, se puede llegar a la conclusión de que los cuerpos con más masa alcanzan antes el suelo al caer.
- Los *esquemas generales* se construyen, por el contrario, por procesos de abstracción refleja a partir de los esquemas específicos consistentes en la coordinación de las acciones realizadas. Los esquemas generales más conocidos son los esquemas operatorios piagetianos, entre los cuales, para seguir con el ejemplo anterior, se encuentra la capacidad de controlar variables. Es mediante esta capacidad que las personas pueden llegar a desligar la caída de los cuerpos del rozamiento con el aire y alcanzar la conclusión científica de la independencia del tiempo de caída de la masa de los cuerpos.



**Figura 15.** Red de Esquemas de Conocimiento existentes en la Estructura Cognoscitiva. (Fuente: Elaboración propia a partir de Marín, 1994a; 1994b, 2003 y 2005).



Los esquemas operatorios están asociados al nivel de desarrollo del aprendiz. La psicología genética ha estudiado este desarrollo (p.e. Piaget e Inhelder, 1969; Delval, 1983; Coll y Gillieron, 1985) y ha puesto de relieve la existencia de unos estadios que, con algunas fluctuaciones de los márgenes de edad, son relativamente universales en su orden de aparición. A cada uno de los grandes estadios de desarrollo (sensoriomotor: 0-2 años aproximadamente; intuitivo o preoperatorio: 2-6/7 años aproximadamente; operatorio concreto: 7-10/11 años aproximadamente; operatorio formal 11-14/15 años aproximadamente) corresponde una forma de organización mental, una estructura intelectual, que se traduce en unas determinadas posibilidades de razonamiento y de aprendizaje a partir de la experiencia. Estos esquemas operatorios actuarían modulando la capacidad de asimilación de los esquemas específicos a los que se hace referencia a continuación.

Por su parte, los esquemas específicos cognitivos están asociados a los conocimientos previos que el aprendiz ha podido acumular de experiencias educativas anteriores (escolares o no escolares) o de aprendizajes espontáneos. En cualquier caso, el estudiante que inicia un nuevo aprendizaje escolar, sea de competencia o no, lo ha de hacer siempre a partir de los conceptos, principios, destrezas, técnicas, etc. que ha construido en el transcurso de sus experiencias previas, utilizándolos como instrumento de lectura y de interpretación que condicionan en un alto grado el resultado del nuevo aprendizaje. Estos conocimientos previos no son de carácter exclusivamente conceptual, sino que a menudo tienen carácter procedimental e implícito (destrezas, técnicas...) lo que origina a veces la dificultad de verbalizarlos. Además, tales conocimientos previos suelen estar vinculados a lo afectivo (objetos preciados, destrezas asociadas a relaciones sentimentales positivas, etc). Los esquemas específicos en un área del conocimiento condicionan en gran parte los aprendizajes posteriores que se puedan realizar en esa área, por lo que se trata de un principio especialmente importante para el establecimiento de secuencias de aprendizaje, pero posee también implicaciones de primer orden para la metodología de la enseñanza y para la evaluación.

Si bien los esquemas operatorios son los esquemas generales más ampliamente conocidos en la estructura cognoscitiva, últimamente el propio Marín y otros autores han propuesto dos tipos de esquemas generales más que habría que considerar en la estructura cognoscitiva. Estos son:

A) *Esquemas sentimentales* (Marina, 1996; Castilla del Pino, 2000). Algunas razones que apuestan por considerar que también el sistema afectivo de la persona está organizado en esquemas son:

- a) modulan la interacción de los esquemas cognitivos con los objetos, según el vínculo afectivo que la persona mantiene con ellos. Así, las personas interaccionan con unos objetos más que con otros, y esta selección parece estar relacionada con el valor que se le adjudica a los mismos. La actuación de los esquemas sentimentales explicaría por ejemplo las diferencias entre las personas de distinto género por objetos como los coches, el balón, los cosméticos, etc. Cuanto mayor sea el valor adjudicado a un objeto, mayores

serán las interacciones con estos objetos y dichas interacciones favorecen desarrollos diferenciados en los esquemas cognitivos asociados.

- b) modulan también las reacciones de las personas ante los conflictos cognitivos generados en las interacciones con los objetos. Como se verá más adelante, los conflictos cognitivos son importantes en el aprendizaje y cuando las personas tienen más empatía por los objetos involucrados y les confieren más valor, estarán mejor preparadas para realizar el esfuerzo cognitivo que conlleva el aprendizaje.

B) *Esquemas metacognitivos* (Pascual-Leone, 1979; 1983). Flavell (1976), ofrece una clásica definición de metacognición: “*La metacognición se refiere al conocimiento personal relativo a los propios procesos cognitivos*” (p. 232). La importancia de la metacognición ha sido bien demostrada en la resolución de problemas. Así, por ejemplo, Mayer (1998) examina la función de las habilidades cognitivas, metacognitivas y motivacionales en la resolución de problemas, y acaba concluyendo que son estrictamente indispensables. Los esquemas metacognitivos podrían por tanto estar formando parte de la estructura cognitiva y, posiblemente, tener un carácter más general aún que los propios esquemas operatorios, pero falta aún mucha investigación al respecto.

En definitiva, se podría sintetizar la estructura cognoscitiva del aprendiz como un sistema complejo formado por esquemas generales (operatorios, sentimentales y metacognitivos) y específicos. Aprender significa siempre modificar estos esquemas de conocimiento.

## **2. Aprender competencias significa reestructurar los esquemas de conocimiento.**

Cualquier aprendizaje, ya sea conceptual, procedimental, actitudinal o de competencias, implica modificar y reestructurar los esquemas de conocimiento. Esta reestructuración puede tener lugar tanto en los esquemas generales como en los operatorios que conforman la estructura de conocimiento. Los mecanismos de reestructuración son muy complejos y han sido estudiados por distintos autores (por ejemplo, Marín, 2003 y 2005; Pozo, 1989). A partir de ellos, se ha elaborado la Tabla 5 que trata de mostrar la relación entre las modificaciones de los esquemas y el contenido de aprendizaje resultante. Hay que advertir que esta tabla no intenta ser rigurosa, y con ella únicamente se trata de relacionar los constructos de la estructura cognoscitiva y sus modificaciones con el contenido de aprendizaje resultante. El detalle más destacable de la tabla es que la adquisición de una competencia científica (ver última fila de la tabla) implica mecanismos de formalización de los esquemas generales, los cuales, como se vio en el apartado anterior, se generan a su vez por abstracciones de los esquemas específicos; en consecuencia, aprender competencias científicas conlleva un conjunto de reestructuraciones fuertes en todos los esquemas de conocimiento de la estructura cognoscitiva, aunque no al mismo tiempo ni con el mismo esfuerzo, lo que explica su alto grado de complejidad.

Atendiendo al detalle de la Tabla 5, en ella se muestra que las reestructuraciones de los esquemas de conocimiento pueden ser de dos tipos:

- a) *Reestructuraciones en los esquemas específicos.* Estos pueden sufrir procesos de reestructuración débil (enriquecimiento del esquema mediante acumulación de nuevos datos, hechos, destrezas, técnicas, etc.) y procesos de reestructuración fuerte, mediante los mecanismos de diferenciación y coordinación con otros esquemas. Estos últimos son necesarios en el aprendizaje de una gran mayoría de conceptos científicos.
- b) *Reestructuraciones en los esquemas generales.* Estos pueden sufrir procesos de reestructuración débil (enriquecimiento del esquema mediante ejercicios de control de variables, conceptualizaciones, tomas de conciencia, etc.) y procesos de reestructuración fuerte, mediante los mecanismos de diferenciación y coordinación (similares a los que se producen en los esquemas específicos), que son fundamentales en el aprendizaje de estrategias científicas y formalizaciones de los propios esquemas generales (que son básicos en el aprendizaje de competencias científicas).

**Tabla 5.** Tipos de reestructuraciones de los esquemas de conocimiento. (Fuente: Elaboración propia a partir de Marín, 2003)

Esquemas implicados	Mecanismo general	Mecanismo específico	Contenidos aprendidos
<b>Específicos</b>	Reestructuración débil	Enriquecimiento del esquema y ampliación de su capacidad asimiladora	Datos, hechos, destrezas, técnicas,...
	Reestructuración fuerte	Diferenciación y coordinación con otros esquemas	Conceptos y Principios científicos
<b>Generales</b>	Reestructuración débil	Enriquecimiento del esquema y ampliación de su capacidad asimiladora	Ejercicios de control de variables, conceptualizaciones, tomas de conciencia...
	Reestructuración fuerte	Diferenciación y coordinación con otros esquemas	Estrategias científicas
		Formalizaciones de los esquemas generales	Competencias científicas

**3. La funcionalidad de lo aprendido es tanto mayor cuanto más intensos sean los desequilibrios y posteriores reequilibraciones de los esquemas de conocimiento.**

Al conceptualizar las competencias como un *saber hacer consciente*, el aprendizaje de las mismas debe ser funcional, esto es, debe ser útil para responder a situaciones y demandas reales. En el marco de la teoría constructivista que se está utilizando, el aprendizaje es tanto más funcional cuanto más significativo. El primer paso para conseguir que el estudiante realice un aprendizaje significativo consiste en romper el equilibrio inicial de sus esquemas respecto al nuevo contenido de aprendizaje. Si la tarea es totalmente ajena, o está excesivamente alejada de los esquemas del alumno,

éste no puede atribuirle significación alguna y el proceso de enseñanza y de aprendizaje se bloquea. Si, a pesar de ello, se fuerza la situación, el resultado más probable es un aprendizaje puramente memorístico. A la inversa, cuando la tarea plantea resistencias mínimas o es interpretable en su totalidad (correcta o incorrectamente) con los esquemas disponibles, el aprendizaje resulta igualmente bloqueado. La exigencia de romper el equilibrio inicial del alumno remite a cuestiones clave de la metodología de enseñanza: establecimiento de un desfase adecuado entre la tarea de aprendizaje y los esquemas del estudiante; utilización de incentivos motivacionales que favorezcan un desequilibrio óptimo; presentación de la tarea de forma adecuada; toma de conciencia del desequilibrio y de sus causas como motivación intrínseca para superarlo; etc.

No basta sin embargo con conseguir que el sistema cognitivo del estudiante se desequilibre, tome conciencia de ello y esté motivado para superar el estado de desequilibrio. Este que ya es difícil, es únicamente el primer paso hacia el aprendizaje significativo. Para que el aprendizaje llegue a buen término, es preciso además que el sistema cognitivo pueda reequilibrarse modificando adecuadamente sus esquemas o construyendo otros nuevos. La reequilibración no es, por supuesto, automática ni necesaria en el caso de los esquemas de conocimiento (contrariamente a lo que sucede con los esquemas operatorios), sino que puede producirse o no producirse y tener mayor o menor alcance según la naturaleza de las actividades de aprendizaje, en suma según el grado y el tipo de ayuda pedagógica.

En consecuencia, entre los procesos que se han mostrado especialmente importantes para conseguir la construcción de nuevas estructuras cognitivas han de destacarse los **conflictos cognitivos**. Un conflicto cognitivo es el fenómeno de contraste producido por la discrepancia entre las previsiones de los esquemas cognoscitivos existentes en la estructura cognoscitiva y los nuevos significados que se presentan en el proceso de enseñanza y de aprendizaje. Este conflicto inicia un proceso de desequilibrio en la estructura cognitiva del sujeto, al que debe seguir una nueva reequilibración, resultado de un conocimiento enriquecido. Sin embargo, para conseguir esta reequilibración, es importante una fuerte actividad mental por parte del estudiante, la cual estará mediatizada por sus esquemas motivacionales y sentimentales hacia la resolución de la tarea. Por tanto, conflicto y motivación del aprendiz son requisitos para conseguir aprendizajes funcionales.

***4. Debe establecerse una diferencia entre lo que el estudiante es capaz de hacer y aprender por sí solo (fruto de los factores señalados) y lo que es capaz de hacer y de aprender con el concurso de otras personas.***

La observación e imitación del comportamiento de otras personas es, además de la acción física, una fuente importante potencial de aprendizaje conocido habitualmente como aprendizaje vicario. La distancia entre lo que un estudiante es capaz de hacer y aprender por sí solo y lo que es capaz de hacer y aprender con el concurso de otras personas (pares, profesores...) es lo que Vygotsky llama Zona de Desarrollo Próximo, pues marca la separación entre el nivel de desarrollo efectivo y el nivel de desarrollo potencial, delimitando el margen de incidencia de la acción educativa. Desarrollo, aprendizaje y enseñanza son pues tres elementos relacionados entre sí, de tal manera que el nivel de desarrollo efectivo condiciona los posibles aprendizajes que el estudiante puede realizar gracias a la enseñanza, pero ésta, a su

vez, puede llegar a modificar el nivel de desarrollo efectivo del alumno mediante los aprendizajes específicos que promueve. La enseñanza escolar debe partir del nivel de desarrollo efectivo del alumno, pero no para acomodarse a él, sino para hacerlo progresar a través de su Zona de Desarrollo Próximo, para ampliarla y para generar eventualmente nuevas Zonas de Desarrollo Próximo. En el caso del aprendizaje de competencias, tendríamos por similitud, la Zona de Interacción Competente.

En efecto, aunque el actuar competente del sujeto va a depender en última instancia de sus propias decisiones, no cabe duda que éste es sensible al contexto donde se ejecuta y, no solo porque se verá modificado por la presencia de los demás, sino porque el resultado de la acción dependerá de la participación y coordinación con los demás. En este sentido es pertinente, sobre todo en actividades sociales, considerar también el actuar competente colectivo donde los resultados no se pueden explicar únicamente por el actuar competente de cada sujeto sino por la coordinación, sinergia e implicación de los que desarrollan la tarea que hace actuar al grupo como una entidad orgánica de forma que la suma del actuar competente individual no explicaría dichos resultados.

La amplia investigación sobre aprendizaje cooperativo pone de manifiesto la importancia del grupo en la amplitud o distancia entre el nivel de desarrollo ejecutivo y el colectivo potencial del aprendiz.

La **Zona de Interacción Competente**, concebida como la distancia entre el grado de ejecución de una competencia efectivo y el grado de ejecución potencial, establece el margen de incidencia de la acción educativa destinada al desarrollo de la competencia. La amplitud de la misma dependerá a su vez de las zonas de desarrollo próximo de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales estructurales que conforman la competencia, así como de la capacidad de reflexión consciente, regulación o metacognición necesario para la toma de conciencia del proceso involucrado en la propia acción. Probablemente, esto último sea dependiente de la madurez de los esquemas generales metacognitivos incluidos en la estructura cognoscitiva del aprendiz.

### **2.1.8 ¿Qué información del estudiante es relevante para enseñar competencias científicas?**

Los años setenta supusieron un cambio importante en el enfoque de la enseñanza de las ciencias, al potenciarse sus aspectos conceptuales y poner el énfasis en los principios o ideas clave de cada disciplina más que en los procesos que conducen al conocimiento científico. El enfoque constructivista utilizado asumía que el alumno construye sus nuevos conocimientos tomando como base y referencia los suyos propios, por lo que un paso previo a los diseños de enseñanza era conocer “lo que el alumno sabe” sobre el contenido que se pretende enseñar. El conocimiento de “lo que el alumno sabe”, identificado como concepciones alternativas, preconcepciones, etc. generó una multitud de publicaciones (Carmichael *et al.*, 1990; Confrey, 1990; Gabel, 1993; Pfundt & Duit, 1993; etc.).

Después de dos décadas de un significativo “boom”, a mediados de los noventa la línea de investigación sobre concepciones alternativas llegó a ser caracterizada por una falta

de progresión (Jiménez Gómez, Solano y Marín, 1997; Marín y Benarroch, 1994) y por una colmatación de resultados de tal índole que incluso ciertos autores llegaron a sugerir un desplazamiento de este centro de interés a otras líneas de investigación (Duschl, 1994; Gil, 1996).

Independientemente de que esas críticas sirvieran o no para inyectarle ideas y planteamientos novedosos y para aportarle direcciones que prometieron impulsarla en lugar de agotarla, la realidad es que, con la entrada del enfoque de competencias en el cambio de siglo, parece haber surgido un desinterés hacia “lo que sabe el alumno” acerca de lo que se va a enseñar (Pro, 2011).

Sin embargo, en un enfoque constructivista o socioconstructivista, no se debe olvidar la importancia de enseñar a partir de los conocimientos previos. Si ahora se trata de enseñar competencias, lo relevante será discernir cuáles son los conocimientos previos necesarios para afrontar con más éxito la enseñanza de competencias y con qué metodología de investigación se podrían alcanzar. Esto es, si antes de que se apostara por el currículo por competencias (Delors, 1996; González & Wagenaar, 2006; Morín, 2001; OCDE, 2008) la enseñanza de contenidos específicos de ciencias, ya difíciles de aprender, justificaba la búsqueda de concepciones alternativas en el alumnado; ahora que se debe fomentar competencias científicas en los estudiantes, ¿cómo ha de ser enfocada la investigación sobre sus aprendizajes previos?. Dicho con otras palabras, *¿qué información del estudiante sería necesaria si lo que se pretende es fomentar las competencias científicas?*

Ante todo, es conveniente advertir que el propio concepto de competencia sugiere que el problema que se está planteando es más complejo que cuando se tenía que enseñar conceptos y principios de la ciencia y, que además, por lo novedoso y ambicioso que es, únicamente se pretende acercarse por aproximación a su solución.

A continuación se mencionan algunos aspectos que se deberían tener en cuenta en esta solución:

- Puesto que las competencias son manifestaciones ante contextos prácticos, las situaciones habituales donde se realizan las investigaciones deberían simular, en la medida de lo posible, situaciones cercanas a estos contextos, maximizando la tensión dialéctica que se da en el contexto de la competencia. Esto es, las tareas propuestas en el cuestionario deberían ser **situaciones, conflictos y problemas cercanos a los de la vida**, provocando estrategias de interacción sujeto-cuestionario que lleven a una mayor implicación afectiva y cognitiva del entrevistado, y demandando respuestas tanto del conocimiento declarativo como procedimental del aprendiz.
- Por otro lado, puesto que el concepto de competencia es una acción eficaz ante una familia de situaciones prácticas, nunca se debería plantear una única tarea para alcanzar esa información relevante, sino que se requeriría un conjunto de tareas en las que se fueran diversificando progresivamente las demandas de las mismas. Las estrategias de variación adecuadas para ello son las **variaciones intercontextuales** que implican un orden creciente en la complejidad de la tarea.
- Además, dentro de cada tarea, habría que asegurarse que se consiga activar al máximo la estructura cognoscitiva del aprendiz, para evitar que éste respondiera al

azar, por compromiso, inducido por los términos utilizados en la propia cuestión, etc., pues en estos casos, las respuestas obtenidas no serían significativas y las conclusiones alcanzadas serían erróneas. Como se vio con anterioridad, una de las estrategias más útiles para ello, son los conflictos cognitivos, y a las variaciones de la tarea que buscan estos conflictos cognitivos se las llamará **contrapruebas o estrategias de confrontación**. Asimismo, para cubrir la madurez de los esquemas cognoscitivos responsables de las competencias, se debería aplicar, dentro de cada tarea, **variaciones intracontextuales** (que pueden ser relevantes e irrelevantes, siendo estas últimas las que únicamente afectan a los elementos percibidos y las primeras las que afecten a los conceptos físicos).

- Por último, la información que se requiere debe ser información significativa y relevante, pues debe proceder de la estructura cognoscitiva del aprendiz (tanto de los esquemas específicos como generales). Una estrategia metodológica que ayudaría al investigador a diferenciar las manifestaciones cognoscitivas significativas de las que no lo son, es la selección de una **muestra de participantes de amplio rango de edad**, abarcando desde los que a priori se supone que no pueden tener adquirida la competencia hasta los que se supone que deben tenerla adquirida en su máxima expresión. De este modo, el investigador dispondrá de un amplio abanico de manifestaciones que le permitirán identificar mejor los diversos grados de madurez de los esquemas cognoscitivos activados para poner de manifiesto la competencia.

La idea que subyace en la metodología de investigación que se está proponiendo para indagar en los conocimientos previos sobre competencias es la siguiente: cuando un estudiante, ante la diversidad de tareas prácticas planteadas, actúa de modo más o menos estable y uniforme, se puede suponer que dicho comportamiento estable procede de sus verdaderos esquemas de conocimiento. Los criterios para mostrar la **estabilidad** serán tres:

- **Repetición:** cuando ante una situación problemática y los cambios relevantes o irrelevantes de los factores que intervienen en la misma (variación intracontextual), las manifestaciones cognitivas del sujeto aparecen una y otra vez de forma parecida.
- **Generalización:** cuando se aprecia que ante una diversidad de variaciones del contexto (variación intercontextual) las manifestaciones cognitivas del sujeto aparecen una y otra vez de forma parecida.
- **Diferenciación:** Se refiere a la adecuación o acomodación de la manifestación cognitiva ante la aparición de situaciones, circunstancias novedosas o imprevistos que súbitamente aparecen ante el sujeto.

De todo lo dicho con anterioridad, parece claro que la información que se busca debe manifestar ciertas características de regularidad (repetición, generalidad y/o diferenciación) ya que debe proceder de la máxima activación posible de los esquemas de conocimiento del sujeto. Por tanto, el investigador deberá manipular hábilmente las tareas planteadas para conseguir una multiplicidad de respuestas que permitan evaluar estas características de regularidad. Evidentemente, aunque no se puede a priori saber con seguridad si está alcanzando el nivel de activación suficiente, sí que mediante las anteriores estrategias metodológicas se está potenciando y maximizando el número de manifestaciones significativas.

El objetivo final de la investigación debe ser un esquema de acción, o, lo que es lo mismo, un esquema procedimental, que fuera un buen reflejo de los esquemas cognoscitivos del aprendiz. Hay que advertir que los principios que se acaban de citar han sido ya utilizados en investigaciones anteriores sobre los conocimientos previos (p.e. Benarroch, 1998b; 2000b; 2001; Marín, 1994b; 2003 y 2005) y que ello ha sugerido la utilización del bagaje experimental ya acumulado en dichas investigaciones para acometer la ambiciosa tarea de definir la metodología necesaria para indagar en los conocimientos previos de los estudiantes en un enfoque de competencias.

### 2.1.9 La competencia científica PISA: “Explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)”

Aplicando los principios anteriores a una competencia PISA específica, a saber, “explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)”, se podrían tomar las decisiones sucesivas que se muestran en la Tabla 6 para el diseño de las tareas que conformarían un cuestionario para identificar los conocimientos previos relacionados con dicha competencia:

**Tabla 6.** Diseño de un cuestionario para identificar conocimientos previos relacionados con la competencia científica PISA “Explicar fenómenos científicamente relacionadas con la estructura de la materia (modelo de partículas)”

<p><b>EJEMPLO DE COMPETENCIA PISA:</b> Explicar fenómenos científicamente relacionadas con la estructura de la materia (modelo de partículas)</p>
<p><b>CONTENIDO:</b> Estructura de la Materia</p>
<p><b>PARCIALIZACIÓN DEL CONTENIDO:</b> Materiales sólidos, materiales líquidos y materiales gaseosos</p>
<p><b>CONTEXTOS POSIBLES:</b> <u>Diferencia de comportamientos entre sólidos, líquidos y gases.</u> Por ejemplo: ¿Por qué el aire es compresible y el agua no? ¿Por qué los fluidos adoptan la forma del recipiente que los contiene y los sólidos tienen forma fija?, etc. <u>El comportamiento de los gases.</u> Por ejemplo: ¿Por qué crece la presión de las ruedas de un automóvil los días calurosos o cuando se lleva un cierto tiempo de marcha? ¿Qué provoca el desplazamiento del olor? ¿Por qué no sentimos la presión del aire? ¿Qué ocurre al subir o bajar por una cuesta? ¿Cómo funciona una escopeta de aire comprimido? ¿Qué le pasaría a una lata de aceite vacía si le sacamos el aire que tiene dentro? Si caliento una olla “a presión” sin válvula de escape, explota, ¿por qué? <u>Dilataciones de sólidos y líquidos.</u> Por ejemplo: ¿Cómo se puede destapar un bote de mermelada cuya tapadera está fuertemente enroscada? ¿Por qué las vías del tren tienen pequeñas separaciones a lo largo de los rieles= ¿Qué es un camión cisterna? ¿Para qué sirven las cámaras de expansión? ¿Por qué se puede romper una botella gruesa de vidrio cuando se vierte en ella agua hirviendo? <u>Fenómenos moleculares de los líquidos.</u> Por ejemplo: ¿Cómo se explica que algunos insectos puedan andar sobre el agua? ¿Cómo se explica que la superficie libre del agua en una probeta tenga forma cóncava?</p>



¿Por qué es esférica una gota?  
 ¿Por qué la miel fluye más lentamente que el agua?  
**Cambios de estado.** Por ejemplo:  
 ¿Por qué al sacar una botella de agua del congelador y dejarla sobre la mesa, se produce un surco de agua a su alrededor?  
 Si un plato mojado se deja sobre una mesa después de fregarlo, al cabo de un rato está seco, ¿qué le ocurre al agua que no se queda sobre la mesa?  
 ¿Cómo funciona una olla “a presión”?  
 ¿Por qué se seca más rápidamente la ropa en un día cálido que en un día frío?  
**Disoluciones.** Por ejemplo:  
 ¿Por qué el cacao en polvo se disuelve más rápidamente en leche caliente que en leche fría?  
 ¿Por qué se disuelve antes el azúcar en polvo que el azúcar en terrones?  
 ¿Por qué al mezclar agua y alcohol el volumen resultante no es la suma de los dos volúmenes primeros?

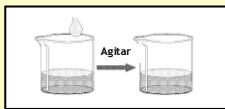
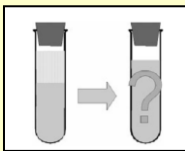
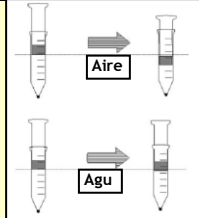
**ELECCIÓN DE CONTEXTOS APLICANDO LA ESTRATEGIA DE VARIACIÓN DEL GRADO DE COMPLEJIDAD:**

- Tarea 1: Disolución de un sólido granular en agua
- Tarea 2: Mezcla de alcohol y agua con reducción visible de la altura total
- Tarea 3: Compresión del aire y del agua en una jeringa

**ESTRATEGIAS DE VARIACIÓN RELEVANTE Y NO RELEVANTE**

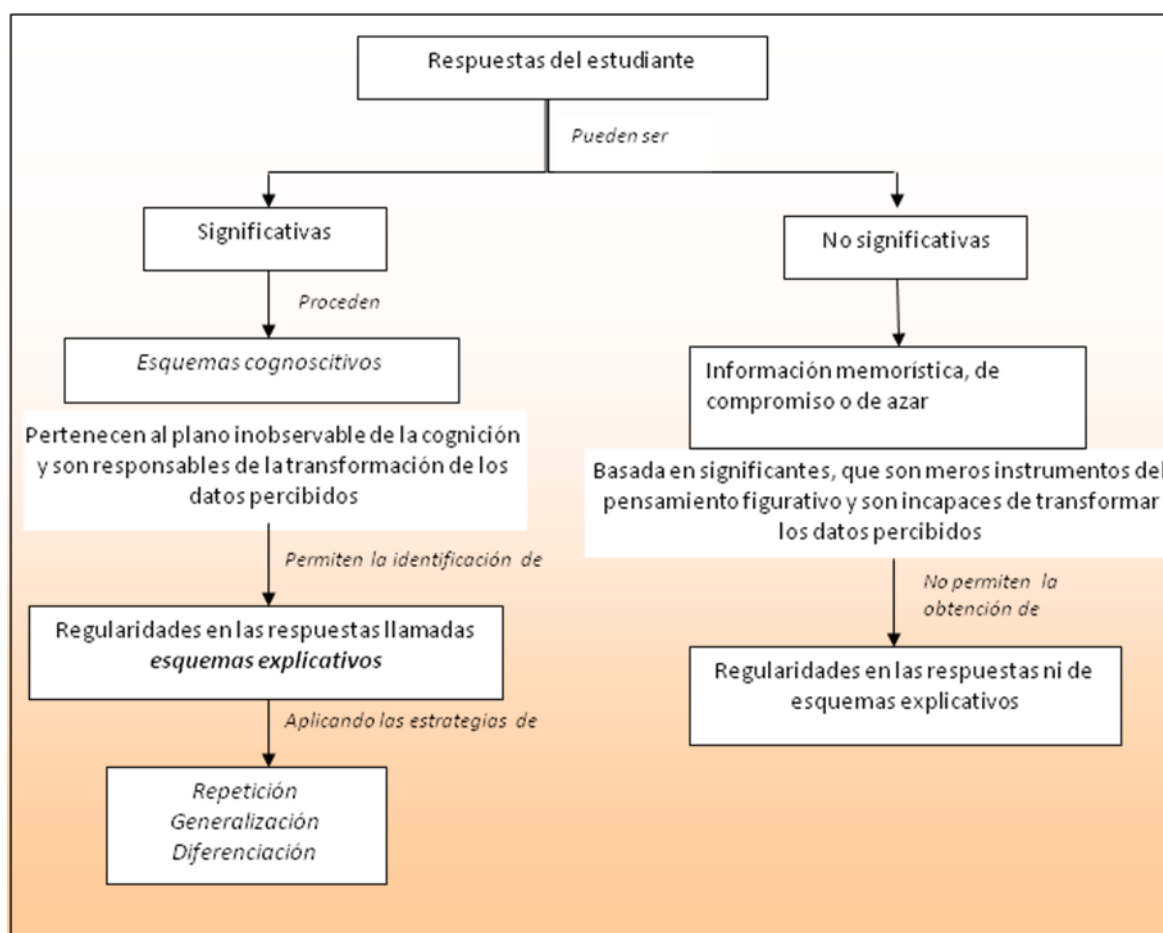
- Tarea 1: Relevantes: soluto granular/soluto líquido; No relevantes: color
- Tarea 2: Relevantes: Conservación del peso; No relevantes: color
- Tarea 3: Relevantes: Conservación del peso; No relevantes: compresibilidad de gases coloreados

**ESTRATEGIAS DE CONFRONTACIÓN:**

<p>Tarea 1:</p>		<p>Se muestra un vasito de disolución amarilla obtenido al limpiar el pincel con acuarela amarilla. (Pregunta: <i>¿Cómo verías el interior del vasito amarillo si tuvieras un potente microscopio?</i>)</p> <p>Se echa una pequeña gota de agua amarilla en un vaso de agua clara sin que tenga lugar cambio apreciable de color. (Pregunta: <i>¿Dónde está la gota de color amarillo si se ve todo transparente? ¿Cómo verías el interior de este vasito si tuvieras un potente microscopio?</i>)</p>
<p>Tarea 2:</p>		<p>Se muestra un tubo de ensayo de aproximadamente 80 cm de altura y 1,5 cm de diámetro, un bote de agua destilada y otro de alcohol. Se agrega agua hasta más o menos la mitad del mismo y a continuación se agrega despacio el alcohol inclinando ligeramente el tubo para evitar que se mezclen. El estudiante marca el nivel final de líquido mediante un rotulador y se cierra el tubo con un tapón de corcho. (Pregunta: <i>¿Cambiará la altura del tubo cuando lo agitemos?</i>)</p> <p>Se agita el tubo y se constata la disminución de la altura total así como la conservación del peso (Pregunta: <i>Dibuja lo que verías en el interior del tubo si tuvieras un potente microscopio antes y después de agitarlo</i>)</p>
<p>Tarea 3:</p>		<p>Se aprieta el globo con las manos mostrando la disminución del volumen ocupado. Se hace también el similar con una jeringa con aire tapada por su extremo y se comprueba que 5 ml son reducidos fácilmente a 1 ml. (Pregunta: <i>Dibuja lo que verías en el interior de la jeringa si tuvieras un microscopio muy potente antes y después de empujar el émbolo</i>)</p> <p>Se llena otra jeringa con agua hasta la misma cantidad y se muestra su incompresibilidad (Pregunta: <i>Dibuja cómo verías el aire y el agua si tuvieras un microscopio muy potente intentando explicar las distintas compresibilidades</i>)</p>

Los presupuestos anteriores fueron utilizados por Benarroch (1998b; 2000b; 2001) en el diseño de un cuestionario para identificar los conocimientos previos relacionados con las “explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia”, investigación que trataba de conocer cuáles eran las formas de pensar progresivamente más sofisticadas que los estudiantes utilizaban al enfrentarse a tareas relacionadas con nociones corpusculares. Habría que llamar la atención sobre el hecho de que, como el título del trabajo indica, en esta investigación no se trataba de identificar únicamente los preconceptos relacionados con el área de estudio, sino las habilidades o capacidades de razonamiento de los estudiantes, lo que resulta muy cercano al propio concepto de la competencia aludida.

Los presupuestos en que se fundamentan las investigaciones de Benarroch son comunes a otras investigaciones relacionadas con otros contenidos, tales como Marín (1994b) y Matus-Leites (2009). Estos son los siguientes (ver Figura 16):

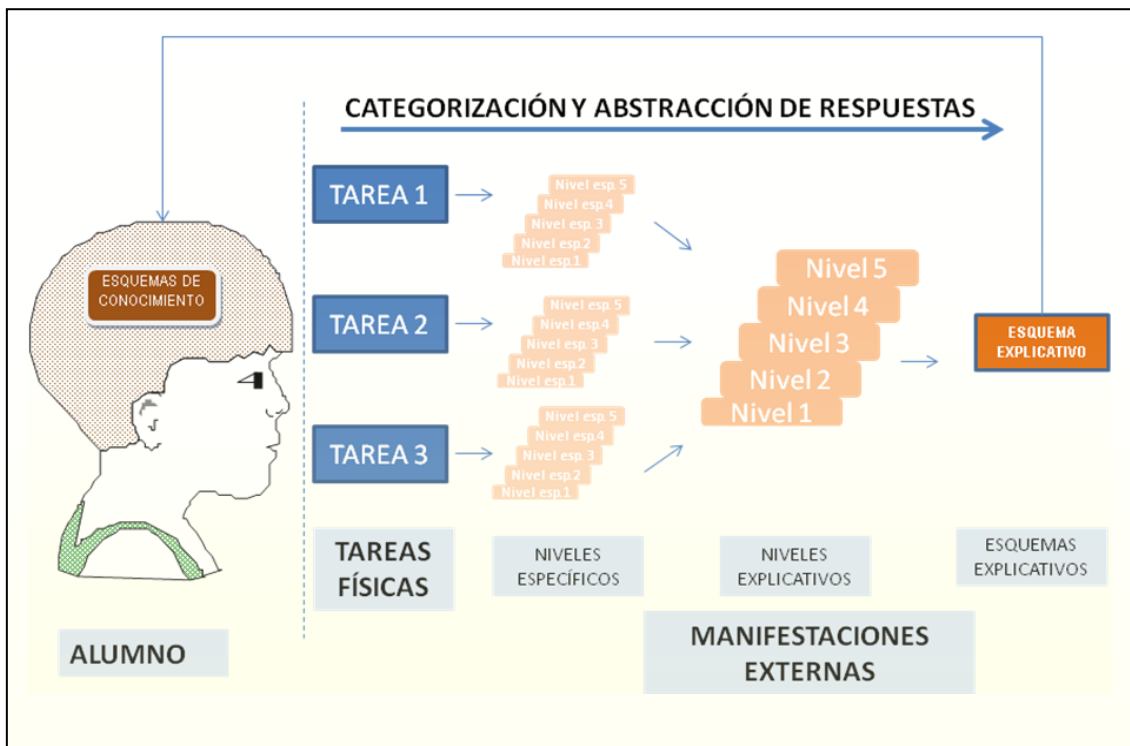


**Figura 16.** Mapa de conceptos implicados en el trabajo

1. En primer lugar, como se vio anteriormente, en estas investigaciones, se distingue entre respuesta significativa y no significativa. Las primeras son las únicas que proceden de los esquemas cognoscitivos del aprendiz, mientras que las segundas proceden de la información memorística, de compromiso o de azar

que pueda dar el estudiante en situaciones embarazosas o sin significado para él.

2. Las respuestas significativas permiten la obtención de regularidades (repetición, generalización y diferenciación) y dichas regularidades se identifican como “esquemas explicativos”.
3. Se denomina “esquema explicativo” a la categoría reconstruida por el investigador que cumple los anteriores requisitos. Es plausible pensar que un esquema explicativo es la representación declarativa y externa de un esquema de conocimiento. A la serie de esquemas explicativos ordenados según el proceso evolutivo del alumnado se denominará “niveles explicativos”.
4. Metodológicamente (ver Figura 17), en estas investigaciones se plantea al estudiante un conjunto de tareas, estratégicamente diseñadas mediante las variaciones contextuales y de confrontación. Las respuestas obtenidas se categorizan y se jerarquizan inductivamente. Tras un análisis estadístico multivariable, se discriminan las categorías significativas y se construyen los niveles explicativos.



**Figura 17.** Esquema en el que se indica cómo se obtienen los esquemas explicativos y su vinculación con los esquemas de conocimiento. (Fuente: Elaboración propia)

Actuar así, esto es, analizando el conocimiento ya acumulado en la didáctica de las ciencias para aprovecharlo en el nuevo enfoque de competencias es más constructivo que hacer tábula rasa con todo el conocimiento anterior. Al fin y al cabo, como señalan muchos autores (p.e. Sanmartí, Burgos y Nuño, 2011) el nuevo concepto de competencia viene a incidir, como se pretendía desde muchas corrientes de la investigación en didáctica de las ciencias, en la necesidad de transferir los

conocimientos aprendidos a situaciones novedosas.

## **2.2 EL APRENDIZAJE SOBRE LA NATURALEZA CORPUSCULAR DE LA MATERIA**

### **2.2.1 La Naturaleza Corpuscular de la Materia (NMC) y su importancia en la ciencia escolar**

El uso que hacen los alumnos de las ideas sobre la Naturaleza Corpuscular de la Materia (NMC) es uno de los tópicos sobre los que más se ha investigado en los últimos años. Uno de los primeros trabajos fue el de Doran (1972) quien se interesó en obtener buenos distractores en los ítems destinados a valorar la aceptación de la naturaleza atomista de la materia (Benarroch, 1998b).

La justificación de esta área de investigación suele realizarse basándose en diferentes motivos, tales como:

- Por ser uno de los principales objetivos educativos de la mayor parte de la currícula de ciencias de los cursos superiores de la enseñanza básica (Mitchell & Kellington, 1982; Gabel, Samuel & Hund, 1987; Caamaño, 2000).
- Por ser de importancia primordial para la Ciencia Actual y para toda explicación causal de cualquier tipo de cambio material, que toda materia está compuesta de partículas y no es continua (Nussbaum, 1989; Valcárcel, Sánchez Blanco y Ruiz Rojas, 2000).
- Por su poder explicativo y predictivo para explicar cuestiones de la vida cotidiana (Solsona-Pairó y Martín del Pozo, 2004; Gutiérrez Julián, Gómez Crespo y Pozo, 2005; Vázquez y García-Rodeja, 2005)
- Por su potencialidad para favorecer el trabajo con modelos físicos, acercando la actividad del alumno a la actividad científica (Seré, 1990; Barboux, Chomat, Larcher & Meheut, 1987; De Vos, 1990).
- Para clarificar confusiones de conceptos macroscópicos (propiedades macroscópicas de las sustancias, energía interna y calor, voltaje y corriente,...). (Licht, 1990; Valcárcel, Pro, Banet y Sánchez, 1990).
- Como requisito indispensable para la iniciación en el ámbito de la Química (Pozo *et al.*, 1991; Trinidad Velasco y Garritz, 2003).
- Para poder desarrollar el mundo conceptual de la Biología (Halldén, 1990; Costamagna, 2001).
- Por sus influencias sobre los procesos ecológicos, imprescindibles en la Educación Ambiental (Helldén, 1995).

- Por ser un contenido que permite detectar concepciones alternativas en el aprendizaje de las ciencias (Prieto y Blanco, 2000; García Franco y Flores Camacho, 2005).
- Por ser un ámbito que ilustra cómo se pueden utilizar los esquemas epistemológicos para seleccionar y secuenciar la instrucción en ciencias (Duschl, 1997; Álvarez-Lires, Sánchez-González y Pérez-Mariño, 2005).
- Por su potencialidad para construir modelos mentales y establecer analogías en las clases de ciencias (Prieto-Ruiz, Blanco-López y Brero-Peinado, 2002; Oliva, Aragón, Mateo y Bonat, 2001; Oliva, Aragón, Bonat y Mateo, 2003; Oliva y Aragón, 2007 y 2008; Sánchez Blanco y Valcárcel, 2003; Bekerman y Galagovsky, 2005; Gallegos, Garritz y Flores, 2005; Vázquez y García Rodeja, 2005; Carmo, Marcondes y Martorano, 2005; Giudice y Galagovsky, 2008).
- Por la potencialidad para ofrecer la posibilidad de indagar las relaciones entre las preconcepciones y el desarrollo cognitivo (Benarroch, 2000b y 2001; Aramburu Oyarbide, 2004; Gutiérrez Julián, Gómez Crespo y Pozo, 2005).
- Porque ofrece la posibilidad de utilizar las nuevas tecnologías de información en la enseñanza (Gómez Crespo, 2005; Giordan & Góis, 2005).

En España, la importancia de este contenido se ha visto reflejada hasta estos momentos en el currículo del tercer curso (14-15 años) de la Educación Secundaria Obligatoria dentro del bloque “*Diversidad y Estructura de la Materia*”, que es, según los propios legisladores, el eje central de la materia Física y Química del tercer curso. Lo expresan así: “*La Diversidad y Unidad de la Materia es el eje central de los contenidos de Física y Química en el tercer curso. Se estudian sus propiedades, desde una perspectiva macroscópica e introduciendo los primeros modelos interpretativos y predictivos de su comportamiento a nivel microscópico, llegando hasta los primeros modelos atómicos.*” (p.31693). Los contenidos explícitos del bloque son:

- *Los gases y la naturaleza corpuscular de la materia.*
- *Contribución del estudio de los gases al conocimiento de la estructura de la materia. Revisión de las propiedades de los gases.*
- *Construcción del modelo cinético para explicar las propiedades de los gases.*
- *Utilización del modelo para la interpretación y estudio experimental de las leyes de los gases: Boyle-Mariotte y Gay-Lussac. Aplicaciones.*
- *Extrapolación del modelo cinético de los gases a otros estados de la materia.*

En este Diseño Curricular, en los criterios de evaluación, se destaca la importancia del contenido para el trabajo con modelos y para potenciar competencias procedimentales (emisión y contraste de hipótesis, representación e interpretación de gráficas, etc.). Concretamente, se dice (MEC, 2007):

Describir propiedades de la materia en sus distintos estados de agregación y utilizar el modelo cinético para interpretarlas, diferenciando la descripción macroscópica de la interpretación con modelos.

Se trata de comprobar que se conocen las propiedades de los gases, llevando a cabo experiencias sencillas que las pongan de manifiesto; si se concibe el modelo cinético que las explica y, además, se es capaz de utilizarlo para comprender el concepto de presión del gas, las leyes de los gases, los cambios de estado, y cómo el estudio de los gases contribuyó al conocimiento de la estructura corpuscular de la materia. Asimismo, se valorarán competencias procedimentales, tales como la emisión de hipótesis sobre las relaciones entre las variables de que depende la presión de un gas, llevar a cabo su contrastación, o la representación e interpretación de gráficas en las que se relacionen la presión, el volumen y la temperatura.

Con la implantación de la LOMCE (2013), en el Real Decreto por el que se regulan las Enseñanzas Secundarias y el Bachillerato (MEC, 2014), el contenido Naturaleza Corpuscular de la Materia sigue permaneciendo entre los que hay que impartir a los estudiantes de Secundaria. Según esta legislación, en la materia de Física y Química, troncal para 2º y 3º de la Educación Secundaria Obligatoria, los contenidos se agrupan en cinco bloques, a saber:

1. La actividad científica
2. La materia
3. Los cambios
4. El movimiento y las fuerzas
5. La energía

Entre los contenidos contemplados en el bloque 2 (La materia), se menciona el modelo cinético-molecular, al que le corresponden los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje que se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Contenidos del currículo español relacionados con la NCM

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje evaluables
Estados de agregación. Cambios de estado. Modelo cinético-molecular	2. Justificar las propiedades de los diferentes estados de agregación de la materia y sus cambios de estado, a través del modelo cinético-molecular.	2.1. Justifica que una sustancia puede presentarse en distintos estados de agregación dependiendo de las condiciones de presión y temperatura en las que se encuentre. 2.2. Explica las propiedades de los gases, líquidos y sólidos utilizando el modelo cinético-molecular. 2.3. Describe e interpreta los cambios de estado de la materia utilizando el modelo cinético-molecular y lo aplica a la interpretación de fenómenos cotidianos. 2.4. Deduce a partir de las gráficas de calentamiento de una sustancia sus puntos de fusión y ebullición, y la identifica utilizando las tablas de datos necesarias.
Leyes de los gases	3. Establecer las relaciones entre las variables de las que depende el estado de un gas a partir de representaciones gráficas y/o tablas de resultados obtenidos en experiencias de laboratorio o simulaciones por ordenador.	3.1. Justifica el comportamiento de los gases en situaciones cotidianas relacionándolo con el modelo cinético-molecular. 3.2. Interpreta gráficas, tablas de resultados y experiencias que relacionan la presión, el volumen y la temperatura de un gas utilizando el modelo cinético-molecular y las leyes de los gases.

En Argentina en los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (NAP) en Ciencias Naturales para el Segundo Ciclo de la Educación General Básica, en el bloque “*En relación con los materiales y sus cambios*”, en 6° curso (11-12 años), tres años antes que en el currículo español, se incluye la “*caracterización del aire y de otros gases, y el acercamiento al modelo de partículas o corpuscular para la explicación de sus principales propiedades*”. En el Ciclo Básico de Educación Secundaria (alumnos de 12-14 años), se introduce en este mismo bloque la “*utilización del modelo cinético corpuscular para explicar algunas características de los estados de agregación*” y se avanza a lo largo del ciclo con la “*utilización del modelo cinético corpuscular para explicar los cambios de estado de agregación y el proceso de disolución*”. (MECyT, 2006)

Puede verse que en ambos países se propone el modelo corpuscular, aunque con diferencias significativas en cuanto a la edad óptima, en los niveles de enseñanza obligatoria. Parece lógico preguntarse, ¿qué justifica su introducción a temprana edad en estos niveles? Y, sobre todo, es este contenido suficientemente relevante como para seguir enseñándolo en el nuevo enfoque por competencias? ¿podríamos eliminarlo?

Según Benarroch (2000a) son tres los motivos principales que justifican la inclusión de este tópico en los niveles obligatorios de la educación científica, los que se abordan a continuación:

- a) Para la resolución de cuestiones físicas en la vida cotidiana.
- b) Como introducción al mundo conceptual de la Química.
- c) Como recurso para aprender sobre la ciencia.

Antes de entrar a desarrollar los tres motivos señalados, se ha creído conveniente detallar las posibles nociones hipotéticas de la teoría cinética corpuscular, introducida en los niveles obligatorios. Esta teoría propone un modelo que adjudica naturaleza corpuscular a la materia y que se extiende a sólidos, líquidos y gases. Sus postulados básicos se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Postulados de la teoría de la naturaleza corpuscular de la materia. Fuente: Benarroch (1998a).

- El comportamiento de las sustancias materiales puede explicarse si se asume que la materia está constituida por pequeñas partículas indeformables, indivisibles y de masa invariante.
- Entre las partículas no hay nada. Es vacío. La distancia entre las partículas es de orden de doce veces mayor en los gases que en los líquidos y sólidos.
- Las partículas están en movimiento permanente, llamado agitación térmica, en los sólidos, líquidos y gases. Para una misma sustancia, este movimiento es de mayor energía en estado gaseoso que en líquido, y mucho menor en el sólido.
- Las partículas están sujetas a interacciones mayores en los sólidos que en los líquidos y mucho mayores que en los gases.

- La temperatura es una propiedad del conjunto de las partículas proporcional a la energía cinética media de las mismas. Cuando una sustancia eleva su temperatura, ello ocurre porque eleva la energía cinética de sus partículas. Ello equivale a decir que se mueven con una velocidad media mayor.
- La presión ejercida por un gas sobre una superficie es el resultado del bombardeo de la superficie por muchas partículas.
- La difusión de una sustancia se debe al comportamiento al azar de las partículas individuales. La velocidad de difusión es mayor para los gases más ligeros que para los pesados.

A continuación se desarrollan los tópicos antes señalados sobre los tres motivos principales de introducción de la NCM a temprana edad en los niveles obligatorios.

***a) La potencialidad de la NCM para la resolución de cuestiones físicas en la vida cotidiana***

Esta potencialidad incide directamente sobre la utilidad de la NCM para ayudar al alumno a comprender mejor el mundo que lo rodea. La aplicación del modelo de la NCM brinda la posibilidad de interpretar los fenómenos cotidianos relacionados con:

*La diferencia de comportamiento entre sólidos, líquidos y gases.* Ejemplos:

- ¿Por qué el aire es compresible y el agua no?
- ¿Por qué los fluidos adoptan la forma del recipiente que los contiene y los sólidos tienen forma fija?
- ¿Por qué los sólidos y los líquidos tienen volumen propio y los gases no?

*El comportamiento de los gases.* Ejemplos:

- ¿Por qué aumenta la presión de las ruedas de un automóvil los días calurosos o cuando se lleva cierto tiempo de marcha?
- ¿Qué provoca el desplazamiento del olor?
- ¿Por qué no sentimos la presión del aire? ¿Qué ocurre al subir o bajar una cuesta?
- ¿Cómo funciona una escopeta de aire comprimido?
- ¿Qué le pasaría a una lata de aceite vacía si le sacamos el aire que tiene dentro?
- ¿Por qué explota una olla “a presión” si se calienta sin válvula de escape?
- ¿Por qué explota un envase de aerosol si se lo somete a alta temperatura una vez que se agota el líquido que contenía?

*Dilatación de sólidos y líquidos.* Ejemplos:

- ¿Cómo podemos destapar un frasco de mermelada cuya tapa está fuertemente enroscada?
- ¿Por qué las vías del tren tienen pequeñas separaciones a lo largo de los rieles?
- ¿Qué es un camión cisterna? ¿Para qué sirven las cámaras de expansión?
- ¿Por qué se puede romper una botella gruesa de vidrio cuando se vierte en ella agua hirviendo?
- ¿Por qué sube o baja el mercurio en la escala de los termómetros?



*Fenómenos en los líquidos.* Ejemplos:

- ¿Cómo se explica que algunos insectos puedan andar sobre el agua?
- ¿Cómo se explica que la superficie libre del agua en una probeta tenga forma cóncava?
- ¿Por qué es esférica una gota?
- ¿Por qué la miel fluye más lentamente que el agua?

*Cambios de estado.* Ejemplos:

- ¿Por qué al sacar una botella con agua del congelador y dejarla sobre la mesa, se produce un surco de agua a su alrededor?
- ¿Por qué si un plato mojado se deja sobre la mesa después de lavarlo, al cabo de un tiempo está seco? ¿Qué le ocurre al agua?
- ¿Cómo funciona una olla a presión?
- ¿Por qué se seca más rápidamente la ropa en un día cálido que en un día frío?
- ¿Por qué las esferas de naftalina con el tiempo disminuyen su tamaño?
- ¿Por qué el gas de los encendedores se encuentra en estado líquido?

*Disoluciones.* Ejemplos:

- ¿Por qué el cacao en polvo se disuelve más rápidamente en leche caliente que en leche fría?
- ¿Por qué se disuelve antes el azúcar en polvo que el azúcar en terrones?
- ¿Por qué al mezclar agua y alcohol el volumen resultante no es la suma de los dos volúmenes primeros?
- ¿Por qué las burbujas de gas escapan más rápidamente de las gaseosas cuando tienen mayor temperatura?
- ¿Por qué la salmuera hierve a mayor temperatura que el agua pura?

Estos ejemplos, tomados de la variedad de fenómenos con los que puede enfrentarse el alumno, ponen en evidencia que la teoría cinética corpuscular permite prever y explicar una gran cantidad y diversidad de ellos. Algunas investigaciones (Gutiérrez Julián, Gómez Crespo y Pozo, 2005) defienden que los estudiantes no utilizan el modelo corpuscular de forma espontánea y recurren a sus teorías cotidianas, basadas en las propiedades macroscópicas de la materia y sólo cuando la cuestión realizada les induce a ello, recurren al modelo. Benarroch (1998b, 2000b; 2001), sin embargo, rechaza parcialmente esta idea y considera que es cierta en determinados niveles en los que se carece de los conocimientos previos necesarios, pero no en todos, afirmando que la utilización de la teoría cinética corpuscular es una cuestión evolutiva. En cualquier caso, las investigaciones didácticas relacionadas con estos fenómenos han puesto de manifiesto la necesidad de dotar al alumno de los esquemas explicativos en términos de esta teoría.

### ***b) La NCM como introducción al mundo conceptual de la Química***

En reiteradas ocasiones se ha afirmado que la teoría cinética corpuscular es uno de los núcleos conceptuales fundamentales en la comprensión de la naturaleza química de la materia. Por ejemplo, Giudice y Galagovsky (2008, p.630), afirman que *“La naturaleza discontinua de la materia resulta central en ciencias naturales. Así, la enseñanza del Modelo Cinético Molecular (MCM) es uno de los primeros tópicos en ser enseñados en la escuela secundaria, ya que da cuenta tanto de una multiplicidad de fenómenos sencillos de física y de química, como de consideraciones atómico moleculares fundamentales en la publicación de trabajos científicos”*.

A pesar de que esta aseveración se repite con frecuencia, algunos autores no comparten la idea y manifiestan que la enseñanza de la Química no requiere de esta teoría en una primera aproximación y que sería más conveniente partir de las experiencias diarias de los chicos adolescentes (14-16 años), donde es suficiente la teoría no científica que ellos poseen de la materia. Por ejemplo, Millar (1990) afirma que la teoría cinética corpuscular no es útil para estos alumnos a la hora de tomar decisiones en su vida cotidiana o sobre ideas sociales.

Sin embargo, los currículos oficiales no opinan de esta manera e insisten en la utilidad de la teoría cinética corpuscular en la iniciación en el ámbito conceptual de la Química:

En la legislación española, en el mismo bloque de contenidos al que se hizo referencia anteriormente: *“Diversidad y estructura de la materia”* de la orden ministerial por la que se establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria en España (MEC, 2007), se expresan los contenidos propios de la teoría cinética y los del modelo atómico-molecular, situando estos últimos tras los primeros. No parece haber diferencia en la legislación actual respecto a la anterior, de 1989, donde se decía explícitamente *“...los contenidos de este bloque suponen un avance respecto al modelo corpuscular para explicar la estructura de la materia, ya que se pretende que sea el concepto de átomo, como componente diferenciador de cada elemento químico, el que explique la estructura concreta de las sustancias más importantes y sus características”*. (MEC, 1989)

En Argentina, los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios en Ciencias Naturales hacen referencia a los propósitos de su inclusión en el bloque de contenidos *“En relación con los materiales y sus cambios”* y proponen la enseñanza del modelo cinético corpuscular en 6º año de primaria (11-12 años) para la explicación de las principales propiedades del aire y de otros gases. En educación secundaria (12-15 años) mediante un avance gradual, se refieren a su utilización para *“...explicar algunas características de los estados de agregación”* (séptimo año); *“... explicar los cambios de estado de agregación y el proceso de disolución y ... el reconocimiento de los constituyentes submicroscópicos de la materia tales como moléculas, átomos y iones”* (octavo año); *“...explicar la ley de conservación de la materia y los cambios químicos entendidos como un reordenamiento de partículas, comenzando a hacer uso del lenguaje simbólico para representarlos mediante ecuaciones”* (noveno año) (MECyT, 2009a, 2009b).

Sobre el estudio de la materia, Borsese y Esteban (2001) opinan que en la escuela primaria debería estar vinculado a las experiencias cotidianas y el abordaje desde el

punto de vista microscópico debería tratarse sólo cuando el alumnado haya adquirido una amplia experiencia cotidiana con los materiales y otras capacidades que le permitan superar la descripción de los fenómenos y pasar a la fase de poder explicarlos.

Las causas de prioridad de la teoría cinética corpuscular de la materia en la iniciación al ámbito conceptual de la Química encuentran su razón en argumentos didácticos. Desde el punto de vista epistemológico e histórico, no parece ser un requerimiento imprescindible para iniciar a los alumnos en el ámbito conceptual de la Química porque no es imprescindible una visión mecanicista de la materia para interpretar el mundo químico. En efecto, el átomo físico y el átomo químico incluyen opciones epistemológicas distintas. El primero, que se identifica con la partícula del modelo cinético corpuscular, es teórico mientras que el segundo, que es la mínima parte de las sustancias que interviene en las reacciones químicas, es empírico.

En consecuencia, es posible de modo paralelo a como ocurrió en la Historia de la Ciencia, una introducción al mundo de la Química, estudiando de modo empírico el comportamiento de los gases y las leyes de las reacciones químicas, para llegar al concepto daltoniano de átomo como “la porción de masa más pequeña por unidad de volumen” de cada elemento que interviene en dichas reacciones. Por tanto, desde esta postura, se podría desarrollar la Química sin necesidad de teoría cinético-corpuscular de la materia.

Podemos suponer, por tanto, que las razones que sugieren esta prioridad de la teoría de partículas sobre el ámbito conceptual de la Química, son fundamentalmente didácticas y psicológicas y no epistemológicas.

### ***c) La NCM como recurso para aprender sobre la ciencia***

Las reformas acometidas recientemente en la educación científica, particularmente en los países anglosajones, han dado una importancia cada vez mayor al objetivo de formar adecuadamente a los estudiantes sobre la naturaleza misma de la ciencia (AAAS, 1990; 1993; NRC, 1996; OEI, 2001). Esto es, el profesorado de ciencias no sólo debe enseñar ciencia y actividad científica, sino que debe tener el propósito de enseñar a los estudiantes determinados aspectos de la naturaleza de la ciencia, aquellos que afectan a su metaconocimiento. Las razones que justifican esta demanda son apuntadas por Driver, Leach, Millar & Scott (1996): (i) Utilitarista; (ii) Democrática; (iii) Cultural; (iv) Axiológica; y (v) Docente.

La Naturaleza Corpuscular de la Materia es un contenido especialmente adecuado para iniciar al alumno en el ámbito de los modelos y teorías, y, en general, en la naturaleza del conocimiento científico. Veamos algunas aseveraciones:

"No es muy importante en un primer nivel de la Secundaria Obligatoria, qué modelo corpuscular han de aprender los niños. Es más importante someterlos a la incertidumbre y las tentativas que son características de estos modelos; esto es, cómo se puede trabajar con ideas sin estar seguros de si son o no correctas. El trabajo con modelos no es sólo un reto intelectual sino también emocional." (De Vos, 1990).

"Los procesos de construcción y de utilización de modelos tienen un lugar importante en la actividad del físico; parece útil desarrollar desde muy temprano en los niños una actitud de modelización y de adquisición de los procesos intelectuales puestos en juego en la modelización" (Barboux, Chomat, Larcher y Meheut, 1987, p.1).

"El surgimiento de los enunciados teóricos que contribuyeron a nuestra interpretación de que la materia es de naturaleza corpuscular y obedece a reglas que llevaron al desarrollo de la tabla periódica, es un excelente ejemplo en el que aplicar nuestros esquemas epistemológicos" (Duschl, 1997, p. 119)

Estos autores defienden el trabajo con modelos científicos por su propia visión epistemológica de la ciencia, lo que les lleva a propugnar asimismo un desafío intelectual para el alumno. El objetivo de trabajar con la teoría cinética no sería la teoría en sí, desde el punto de vista conceptual, sino su capacidad para mejorar el razonamiento de los alumnos, de potenciar su capacidad de "invención" para hacer los fenómenos más comprensibles, de comprender la naturaleza del conocimiento científico. Esto les lleva a prestar mucha atención a distintos modelos y a las "reglas de correspondencia" o "relaciones semánticas" entre uno y otro modelo.

El Informe Pisa (INE, 2013) se refiere al aprendizaje de las ciencias naturales en términos de la adquisición de la *competencia científica* para utilizar el conocimiento científico, identificar cuestiones científicas y sacar conclusiones basadas en pruebas con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones relativas al mundo natural y a los cambios que ha producido en él la actividad humana.

### **2.2.2 La Naturaleza Corpuscular de la Materia y su importancia en la modelización**

La importancia de incorporar la teoría cinética corpuscular de la materia en el diseño curricular para introducir a los alumnos en el trabajo científico se justifica en la posibilidad de la iniciación en el ámbito de las analogías, los modelos y las teorías. En numerosas investigaciones se avala esta afirmación y otras se interesan por indagar los modelos, basados en la naturaleza corpuscular de la materia, construidos por los alumnos (algunas de ellas se han citado en el primer ítem de este apartado).

En los Núcleos de Aprendizajes Prioritarios Tercer Ciclo EGB / Nivel Medio Ciencias Naturales, se expresa que: *"La alfabetización científica iniciada en los ciclos anteriores avanza hacia la utilización de las ideas fundamentales de algunas teorías científicas consolidadas para la construcción de modelos que explican hechos y fenómenos naturales en el marco de la ciencia escolar, así como algunos aspectos de la construcción histórica de estas ideas y la inclusión de temas de la nueva agenda científica que revistan particular interés social"* (MECyT, 2009b).

En el Real Decreto 1631/2006 español, por el que se ha regulado hasta el momento las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria, respecto a las Ciencias de la Naturaleza, se expresa: *"Las Ciencias de la naturaleza constituyen la sistematización y formalización del conocimiento sobre el mundo natural, a través de la construcción de conceptos y la búsqueda de relaciones entre ellos, de forma que permite generar modelos que ayudan a comprenderlo mejor, predecir el comportamiento de los*

*fenómenos naturales y actuar sobre ellos .... La construcción de estos modelos explicativos y predictivos se lleva a cabo a través de procedimientos de búsqueda, observación directa o experimentación, y de la formulación de hipótesis que después han de ser contrastadas. Estos procedimientos han permitido la construcción del saber científico y se han extendido también a otros campos del saber por su capacidad de generara conocimiento” (MEC, 2006)*

Justi (2006) se refiere a tres finalidades sobre la utilización de los modelos en la enseñanza de las ciencias:

- a) *Aprender ciencia*: los alumnos deben tener conocimientos sobre la naturaleza, ámbito de aplicación y limitaciones de los principales modelos científicos.
- b) *Aprender sobre ciencias*: los alumnos deben comprender adecuadamente la naturaleza de los modelos y ser capaces de evaluar el papel de los mismos en el desarrollo y difusión de los resultados de la indagación científica.
- c) *Aprender a hacer ciencia*: los alumnos deber ser capaces de crear, expresar y comprobar sus propios modelos.

Galagovsky y Adúriz Bravo (2001) afirman que el interés por los modelos se basa en considerarlos de gran importancia para entender cómo tanto los científicos como los estudiantes construyen la representación que se hacen del mundo. Se construye un modelo mental cuando la persona se apropia de cualquier aspecto de la realidad y se lo representa mentalmente. Los modelos mentales pueden ser considerados como herramientas de representación teórica del mundo para explicarlo, predecirlo y transformarlo. Textualmente (p. 234): “... *algunas de las características más importantes de los modelos científicos son poco explicitadas durante el trabajo en el aula; sin embargo, se trata de rasgos esenciales porque denotan una posición epistemológica frente al conocimiento científico enseñado*”.

Sobre la finalidad de la incorporación de modelos en la enseñanza de las ciencias se han emitido numerosas opiniones referidas al trabajo científico orientadas a:

- a) *Potencialidad y limitación de trabajar con modelos*: es necesario que los alumnos accedan a la potencia de las teorías y los modelos científicos y a sus limitaciones, ya que la ciencia no es una simple colección de entes y fenómenos (Prieto y Blanco, 2000; Zamorano, Gibbs & Viau, 2007; Arévalo Mora, Ortega Hernández y Domínguez Danache, 2005).
- b) *Habilidad cognitiva que los modelos desarrollan*: la actividad de modelar es una de las habilidades cognitivas que se espera sean desarrolladas por los estudiantes en las ciencias naturales, dado que es una estrategia subyacente en la forma de trabajo de los científicos (Gutiérrez, 2005; Giudice y Galagovsky, 2008).
- c) *Construcción del conocimiento*: la comprensión y utilización de los modelos requiere que los alumnos participen más activamente en su construcción y que encuentren sentido a los conocimientos científicos (Oliva y Aragón, 2008).
- d) *Transferencia del conocimiento*: los modelos científicos permiten dar sentido a hechos que los alumnos ya conocen y posibilitan la transferencia a la

interpretación de nuevos problemas (Sanmartí e Izquierdo, 2001; de Posada y Conejo, 2000).

- e) *Aplicación a fenómenos de diferente grado de observación*: los modelos se aplican tanto en el nivel macroscópico como submicroscópico y son transferibles de un modo de representación a otro, utilizando símbolos especiales en cada tipo de representación (Galagovsky, Di Giacomo y Castelo, 2009).

Quienes defienden el trabajo con modelos científicos se basan en su propia visión epistemológica de la ciencia, lo que les lleva a propugnar asimismo un desafío intelectual para el alumno. El objetivo de trabajar desde esta perspectiva con la teoría cinética no sería la teoría en sí, desde el punto de vista conceptual, sino por su capacidad para mejorar el razonamiento de los alumnos, para potenciar su capacidad de “invención” para hacer los fenómenos más comprensibles y para comprender la forma de trabajar la misma ciencia. Esto les lleva a prestar mucha atención a distintos modelos y las “reglas de correspondencia” o “relaciones semánticas” entre unos y otros.

Sobre la finalidad educativa de la enseñanza de los modelos de la química, Sánchez Blanco y Valcárcel (2003) afirman que debe estar orientada a que los alumnos:

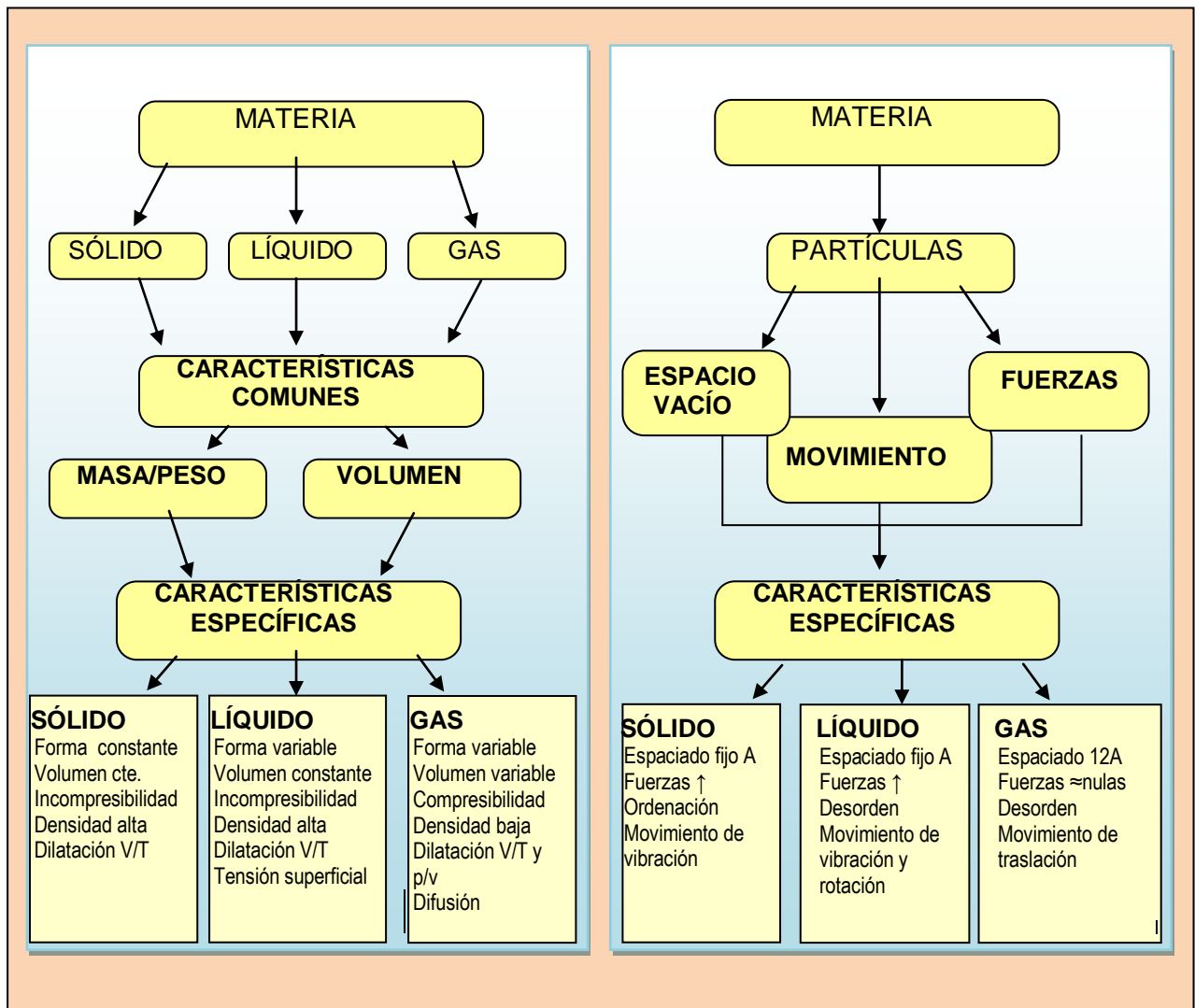
- a. Comprendan el porqué de los hechos científicos referidos a las propiedades y estructura de la materia, incluidos los de nivel submicroscópico.
- b. Comprendan cómo se ha ido construyendo el conocimiento sobre la materia (proceso de modelización).
- c. Adquieran una imagen de la ciencia como construcción de conocimientos en evolución.
- d. Interpreten los fenómenos naturales con modelos próximos a los científicos.
- e. Desarrollen estrategias cognitivas y de razonamiento científico.

El modelo corpuscular de la materia es importante como primer modelo de trabajo en las clases de ciencias naturales en la escuela secundaria. Este modelo es fundamental para la enseñanza de las cualidades físicoquímicas de la materia y para comprender cómo los científicos racionalizan explicaciones sobre los estados de agregación y sus cambios, para entender las propiedades de muchos de los materiales que nos rodean y para poder operar sobre ellos (Giudice y Galagovsky, 2008).

En el aprendizaje de la naturaleza corpuscular de la materia es importante la construcción de modelos por analogías. Esta actividad brinda la posibilidad no sólo de acercar a los alumnos al conocimiento científico sino también de desarrollar una actividad propia de las ciencias. Las analogías pueden posibilitar al estudiante la construcción del modelo científico escolar, ya que favorece la creación de una imagen mental de hechos y conceptos científicos, en la mayoría de los casos abstractos (Oliva y Aragón, 2008). En el desarrollo de la visión de los alumnos sobre un modelo de la materia, las analogías juegan un papel favorable y los entrena en la práctica de la utilización de ellas. El uso de analogías como estrategia educativa se fundamenta en el razonamiento analógico, aludiendo al papel que juega en el pensamiento de los científicos y en la construcción de sus teorías (Oliva et al., 2001; 2003).

Como señala Benarroch (2000c), en el ámbito de los modelos, la construcción por parte de los alumnos de los conceptos implicados puede diferir según se les haga o no una presentación previa de las características semánticas y sintácticas de dichos modelos. De no hacerse así, ellos pueden elegir el nivel de descripción utilizado, que podría limitarse a un nivel inferior, por no sentir la necesidad de acceder a niveles superiores y no por incapacidad de hacerlo.

El comportamiento de la materia se podría explicar mediante una red primaria de conceptos de “sentido común” que evolucionan de manera relativamente acompasada con la experiencia directa con los fenómenos físicos (*Nivel fenomenológico*) (Nussbaum, 1989). En cambio, el modelo cinético-corpúscular podría presentarse como una estructura adicional de nociones hipotéticas conectada por diversas relaciones con la red de conceptos de sentido común, explicándolos a ellos y a sus interrelaciones (*Nivel de modelización*). Estos niveles y sus relaciones se presentan en la Figura 18.



**Figura 18.** Relaciones entre el nivel fenomenológico y el nivel de modelización para explicar el comportamiento de la materia. (Fuente: Benarroch, 2000c)

Estos conceptos “de sentido común” y las relaciones entre ellos han constituido siempre el centro de la curiosidad intelectual y de las investigaciones físicas. Diversas teorías en relación con ellos han sido propuestas y defendidas en el transcurso de la historia de la ciencia.

En los currículum de química coexisten dos modelos de materia propuestos por la teoría cinético corpuscular y la teoría atómico molecular. Los alumnos no pueden hacer la transición de un modelo a otro porque no son capaces de diferenciarlos y esto los lleva a confundirlos y a construir concepciones sobre los fenómenos que ponen en evidencia sus dificultades. Benarroch (2000c) define sintácticamente a estos modelos de la siguiente forma:

- El *modelo cinético corpuscular* concibe la materia formada por partículas, entre las que hay vacío. Las diferencias en el movimiento de las partículas y en las fuerzas interactivas entre ellas justifican los estados de agregación.
- El *modelo atómico molecular* se fundamenta en que las moléculas están formadas por átomos. Tanto entre los átomos como entre las moléculas existen fuerzas de atracción pero en los primeros son de mayor intensidad.

Benarroch (2000c, p.99) afirma que si se compara el ámbito experiencial común para ambos modelos se observa que las relaciones semánticas entre ellos podrían quedar resumidas en considerar que *“las partículas (o moléculas), antes indivisibles están ahora formadas por otras más pequeñas llamadas átomos.”*

Semánticamente se refiere a los niveles de descripción empírico, modelo cinético-corporcular y modelo atómico corpuscular para definir sustancia pura, mezcla, cambio físico, cambio químico, sustancia simple y sustancia compuesta (Tabla 9).

**Tabla 9.** Comparación semántica entre los niveles de descripción empírico, modelo cinético-corporcular y modelo atómico corpuscular. Fuente: Benarroch (2000c).

	<b>Empírico</b>	<b>Modelo cinético-corporcular</b>	<b>Modelo atómico corpuscular</b>
<b>Sustancia pura</b>	Material con propiedades características definidas.	Material formado por un mismo tipo de partículas.	Material formado por un mismo tipo de moléculas.
<b>Mezcla</b>	Material con propiedades dependientes de la porción escogida.	Material formado por dos o más tipos de partículas.	Material formado por distinto tipo de moléculas.
<b>Cambio físico</b>	Desaparición y aparición de las mismas sustancias puras.	Desaparición y aparición de las mismas partículas.	Desaparición y aparición de las mismas moléculas.
<b>Cambio químico</b>	Desaparición y aparición de sustancias puras diferentes.	Desaparición y aparición de distintas partículas.	Desaparición y aparición de distintas moléculas.



		Reorganización de átomos.
<b>Sustancia simple</b>	No se puede descomponer en otras sustancias.	Sus moléculas están formadas por átomos idénticos entre sí.
<b>Sustancia compuesta</b>	Se puede descomponer en otras sustancias simples.	Sus moléculas están formadas por átomos distintos entre sí.

Puede observarse que el modelo cinético corpuscular presenta la limitación de no poder distinguir, dentro de las sustancias puras, las simples de las compuestas, ni alcanzar a explicar el concepto de cambio químico como reorganización atómica.

Ambos modelos de materia tienen virtudes y limitaciones, lo importante es que al utilizarlos en la enseñanza se haga una diferenciación conceptual y lingüística entre ellos para evitar confusiones en sus formas de representación y en los dominios de validez implicados.

### 2.2.3 La Naturaleza Corpuscular de la Materia y su importancia en la investigación educativa

En los apartados anteriores se ha dejado expresado que la importancia curricular de la teoría cinética corpuscular se puede justificar desde varios puntos de vista. Uno de los objetivos de la enseñanza de las ciencias y, en particular, de la educación secundaria es que los alumnos aprendan a interpretar los fenómenos macroscópicos en términos microscópicos (submicroscópicos, en sentido estricto), es decir que aprendan a utilizar el modelo corpuscular de la materia como instrumento interpretativo de los fenómenos que tienen lugar en la naturaleza. La transición de un nivel a otro implica asumir que, para explicar la realidad macroscópica de la materia, que en muchos casos se nos presenta como continua y estática, hay que recurrir a un modelo interpretativo que conlleva una naturaleza discontinua, con partículas en continuo movimiento y algo tan contraintuitivo como la idea de vacío, frente a la apariencia con que la percibimos (Pozo y Gómez Crespo, 1998; Gutiérrez, Gómez Crespo y Pozo, 2005).

Los alumnos tienen una visión de la materia derivada de la percepción inmediata y de formas de razonamiento divergentes del razonamiento científico. La transición del nivel macroscópico al microscópico trae aparejada dificultades en los modelos de materia que ellos construyen. Al asimilar el concepto de partícula, pueden acomodar dichas visiones, atribuyéndole a las partículas las propiedades macroscópicas observables y pensar que la materia tiene partículas imbuidas en un medio continuo.

La asimilación del modelo corpuscular de la materia por los alumnos ha dado motivo a numerosas investigaciones interesadas tanto en determinar las concepciones alternativas de los estudiantes y la evolución de las mismas como en la propuesta de estrategias de enseñanza y sus resultados. Haciendo un relevamiento sobre ellas puede observarse que inicialmente se hizo hincapié en el diagnóstico de las ideas previas sobre este contenido. Con el correr del tiempo el interés se orientó, sin dejar de lado los diagnósticos, a indagar la posibilidad de determinar los niveles explicativos de los estudiantes y en un

intento de aproximación al conocimiento científico se elaboraron propuestas de enseñanza que, a su vez, llevaron a investigaciones sobre los resultados de la aplicación.

#### **2.2.4 Las investigaciones relacionadas con el aprendizaje en NCM**

Las investigaciones seleccionadas se las ha clasificado considerando su objeto de estudio en:

- a. Investigaciones referidas a concepciones de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular de la materia:
  - a.1. Investigaciones sobre las ideas previas.
  - a.2. Investigaciones sobre la progresión de las ideas de los estudiantes
- b. Propuestas de enseñanza sobre la naturaleza corpuscular de la materia.

A continuación se detallan estas investigaciones:

##### ***a) Investigaciones referidas a concepciones de los alumnos sobre la naturaleza corpuscular de la materia***

Durante las últimas décadas se han realizado notables esfuerzos para esclarecer las ideas de los alumnos sobre el modelo cinético-molecular y las dificultades en su aprendizaje respecto a este contenido. Muchas de esas dificultades se fundamentan sobre la existencia de concepciones implícitas que se adaptan mejor a sus experiencias cotidianas que los modelos científicos que se pretende enseñar.

Gran parte de los alumnos poseen representaciones macroscópicas, basadas en la apariencia directa de la realidad y conciben la materia como continua, estática y sin espacios vacíos y además, *“los estudiantes mantienen sus concepciones alternativas sobre la estructura de la materia, aún después de realizar estudios formales de química”* (Trinidad Velasco y Garritz, 2003, p.14). Los estudiantes que reciben una noción de este modelo dotan a las partículas submicroscópicas de propiedades macroscópicas, tales como color y maleabilidad, entre otras, e incluso creen que pueden variar su tamaño o desaparecer.

Aramburu Oyarbide (2004) señala que para muchos niños, entre las partículas de aire hay aire y las piedras no sólo están compuestas de átomos, sino que tienen algo más consistente y duro; creen que en los cambios de estado cambia la sustancia (el agua deja de ser agua porque suelta el oxígeno y se convierte en aire). Además poseen una concepción continua de la materia que no se conserva en las transformaciones físicas y menos aún en las químicas. Creen que los fenómenos del nivel microscópico son similares a los que ven a nivel macroscópico (cuando una sustancia se quema o se evapora, sus partículas también lo hacen). No admiten el vacío porque tienen la idea de que entre las partículas hay una sustancia aglutinadora que las une.

De manera sintética, las dificultades que muestran los alumnos sobre la naturaleza de la materia se pueden agrupar en:

- a) Propensión a imaginar la materia en términos macroscópicos, en vez de hacerlo a partir de su carácter discontinuo o molecular.
- b) Conceptualización de un modelo corpuscular estático, cuando tienen noción de este modelo.
- c) Tendencia a trasladar las propiedades macroscópicas de un sistema hacia las microscópicas.
- d) Resistencia a considerar los gases como sistemas materiales.

Sobre las causas que originan las dificultades en el aprendizaje de la estructura de la materia, Caamaño (2000) afirma que pueden adjudicarse a:

- a) La existencia de diferentes niveles de descripción de la materia.
- b) La complejidad del nivel representacional simbólico y gráfico utilizado para describir e interpretar la composición y estructura de la materia.
- c) El uso de diferentes modelos y teorías.
- d) La necesidad ineludible de comprender la naturaleza de los modelos para poder implicarse en su elaboración, utilizarlos apropiadamente y ser conscientes de su carácter instrumental y evolutivo.

### *a.1. Investigaciones sobre las ideas previas*

Revisando la bibliografía sobre la didáctica de las ciencias puede observarse una gran preocupación por investigar las ideas que tienen los alumnos respecto a la estructura corpuscular de la materia.

Benarroch (1998b) cita en su tesis doctoral numerosos trabajos de investigación sobre el modelo corpuscular. De ellos se han seleccionado aquéllos que tienen una intención diagnóstica sobre esta temática de esta investigación:

- **Dow et al. (1978)**. Escocia. Trabajan con alumnos de 12 a 13 años sobre la forma, disposición y distribución de las partículas en los tres estados de la materia. Concluyen que los estudiantes conciben una disminución del diámetro molecular desde sólidos a gases.
- **Novick y Nussbaum (1978)**. Israel. Determinan que el 70% de la muestra de estudiantes de 14 años, tiene la concepción de partículas en el estado gaseoso pero un porcentaje pequeño tiene la de vacío y movimiento. Más tarde (**Novick y Nussbaum, 1981**) investigan en USA, en rangos de edades de 10 a 18 años, sobre las partículas en un gas y encuentran que persisten los obstáculos, incluso en alumnos universitarios.
- **Pfundt (1981)**. Alemania. Realiza entrevistas a alumnos de 8 a 13 años sobre evaporación, disolución y cristalización, y concluye que las partículas de las que hablan los estudiantes proceden de la división de la materia y no son bloques preformados de la materia, como es la concepción científica.
- **Mitchell y Kellington (1982)**. Escocia. Indagan sobre mezcla de líquidos; compresión y difusión de gases y el comportamiento de sólidos, líquidos y gases. Para estos autores las dificultades de los estudiantes (12 años) son influidas por el nivel de desarrollo intelectual, la experiencia previa y los aspectos concretos que se

trabajan.

- **Osborne y Cosgrove (1983)**. Nueva Zelanda. Diagnostican que estudiantes de 8 a 17 años consideran que el movimiento molecular se va agrandando a medida que se cambia de estado de sólido a líquido y a gas.
- **Barboux et al. (1987)**. Francia. Trabajan sobre compresibilidad, sólido, líquido y gas, dilatación (volumen – temperatura) y disoluciones y encuentran en alumnos de 13 años dificultades con los aspectos cinéticos y con el vacío, principalmente en sólidos, debido a su débil compresibilidad.
- **Furió, Hernández y Harris (1987)**. España. Determinan que la conservación de la sustancia, peso y volumen son más dificultosas en procesos en los que hay gases que en los que éstos están ausentes (edades entre 12 y 17 años).
- **Gabel, Samuel y Hunn (1987)**. USA. Al investigar en futuros profesores (18 años) el razonamiento formal, la visualización espacial y la formación química y matemática en conceptos referidos a sólidos, líquidos y gases, encuentran una fuerte influencia del razonamiento formal y de los cursos previos de Química.
- **Llorens (1988)**. España. Indaga sobre disolución, difusión y dilatación con una muestra de alumnos cuyas edades son de 17 y 18 años. Concluye que la comprensión del carácter discontinuo de la materia no debe valorarse por el enfrentamiento de un modelo corpuscular ante otro que no lo es, sino por el rechazo de representaciones corpusculares regidas por ideas macroscópicas.
- **Benarroch, (1989)**. España. Investiga en edades diversas (12, 13, 15, 16 y 18 años) sobre dilatación, cambios de estado (sólido–líquido) y aceptación del vacío. Determina una amplia utilización de modelos alternativos de partículas persistentes a pesar de la edad, aunque la instrucción favorece de modo paulatino la sustitución por modelos científicos.
- **Prieto, Blanco y Rodríguez (1989)**. España. Encuentran que los estudiantes de 11 a 14 años no asocian la disolución con la estructura corpuscular de la materia.
- **Johnston (1990)**. Inglaterra. Determina en alumnos de 15 años, en conceptos referidos a sólidos, líquidos y gases y a fenómenos físicos, poca consistencia en el uso de partículas, describen más que explicar y tienen dificultades con los términos del nivel descriptivo tales como peso, volumen, fusión, evaporación, etc.).
- **Meheut y Chomat (1990)**. Francia. Investigan la naturaleza corpuscular en compresibilidad, mezcla de gases, sólido, líquido, gas y cambios de estado, en alumnos de 13 y 14 años. Concluyen que es difícil enriquecer el modelo con los atributos del vacío y el movimiento pero ayuda a la disociación de los conceptos de masa y volumen a través de la invarianza del número de partículas.
- **Sequeira y Leite (1990)**. Portugal. Trabajan con alumnos de 13 y 14 años sobre dilatación, cambios de estado (sólido–líquido y líquido–gas) y disolución encontrando que la mayoría de las respuestas son microscópicas alternativas obteniendo mejores resultados en la disolución.

- **Seré (1990)**. Francia. Hace un estudio de la evolución entre modelos corpusculares de la materia determinando que la enseñanza de modelos tiene, entre otras, una función explicativa y representativa, manifestando la necesidad de investigar y explorar en el aula.
- **Longden, Black y Solomon (1991)**. Inglaterra. Hacen un diagnóstico, con alumnos de 11 y 13 años, sobre la comprensión del proceso de disolución, en forma cotidiana y de partículas, encontrando que la segunda evoluciona con la edad y que es mejor que la observable.
- **Pereira y Pestana (1991)**. Portugal. Analizan cómo conciben la naturaleza corpuscular, alumnos de 13 a 18 años, en sólidos, líquidos y gases. Encuentra que se produce una evolución de sus concepciones de macroscópicas a microscópicas, que el modelo dominante es de tipo espaciado lleno, sólo una minoría y principalmente en los gases indica movimiento de partículas y el espaciado entre ellas es  $s-l-g = 1-2-3$ .
- **Scott (1992)**. Inglaterra. Investiga sobre la naturaleza corpuscular en los tres estados de la materia. Determina que la concepción de que la materia está formada por partículas es frecuente en alumnos de 14 años pero requieren del aprendizaje del vacío y de movimiento de dichas partículas.
- **Gabel (1993)**. USA. Estudia las interpretaciones respecto a la naturaleza corpuscular que realizan alumnos de 17 años, sobre fenómenos físicos, encontrando que este tipo de instrucción favorece las conexiones entre el nivel sensorial, simbólico y corpuscular.
- **Lee et al. (1993)**. USA. Investigan, en alumnos de 12 años, sus concepciones (macroscópica y microscópicamente) sobre los tres estados de la materia, expansión térmica, disolución, cambios de estado. Encuentran que las dificultades más importantes radican en considerar que los gases no son materia sino energía, las moléculas están en la materia con algo entre ellas y que su movimiento es una idea contraintuitiva.
- **Posada (1993 y 1994)**, España. Indaga cómo conciben la naturaleza corpuscular en los estados de la materia, alumnos de 14 a 17 años, determinando que a partir de los 14 – 15 años es más frecuente esta concepción en gases que en sólidos.

En años posteriores se ha continuado investigando las ideas de los estudiantes sobre el modelo corpuscular y su influencia en la explicación de los fenómenos de la naturaleza, como lo muestran los siguientes trabajos e investigaciones publicados:

**Valcárcel, Sánchez-Blanco y Ruiz Rojas (2000)**. España. Presentan un trabajo sobre el estudio del átomo en la educación secundaria en el que reflexionan sobre las demandas curriculares. Basándose en investigaciones de Keig y Rubba (1993), Garnet y otros (1995), Harrison y Treagust, (1996, 2000), Taber y Watts (1996) y Taber (1998), clasifican las dificultades de aprendizaje de los alumnos en tres aspectos: A) *Conceptualización del átomo como un tipo de partícula* (asignación de propiedades macroscópicas de la sustancia que constituyen, tamaño suficientemente grande como

para verlos con microscopio, falta de estimación relativa entre el tamaño del núcleo y la estructura electrónica, falta de diferenciación entre átomo y célula. El origen de tales concepciones se lo adjudica a la enseñanza (confusión en el lenguaje y uso de metáforas y analogías no entendidas por los alumnos), a la forma en que construyen o utilizan los modelos los alumnos y a su incapacidad para utilizar estrategias de pensamiento formal. *B) Conceptualización de la estructura electrónica y C) Interacción entre el núcleo y los electrones.*

Consideran que a lo largo de la educación secundaria la incorporación de sucesivos modelos atómicos debería permitir avanzar en las explicaciones sobre la naturaleza de la materia y sus cambios.

**Nappa (2002).** Argentina. Es una investigación sobre las representaciones mentales de alumnos de 17 y 18 años, sobre el fenómeno de disolución y la influencia de las ideas previas sobre ciertos conceptos subyacentes al de solubilidad entre los que incluye el modelo corpuscular de la materia, interacciones entre partículas, existencia de espacios vacíos. Se concluye que tales concepciones son determinantes en la construcción de las representaciones mentales de los estudiantes sobre el proceso de disolución.

**Trinidad-Velasco y Garritz (2003).** Méjico. Es un trabajo en el que se hace una revisión de investigaciones que se han llevado a cabo sobre las concepciones alternativas de los estudiantes de nivel medio sobre la estructura de la materia. Comentan que algunos alumnos tienen una visión continua de la materia y cuando mencionan la concepción discreta proyectan las macropropiedades sobre el micromundo de los átomos y las moléculas y también en las transformaciones de la materia, estableciéndose un conflicto entre la concepción ‘continua, estática, sin vacío’ y la ‘corpuscular, dinámica, de vacío’.

**Aramburu Oyarbide (2004).** España. Es una investigación sobre las concepciones naturales de los alumnos respecto a algunos temas del Área de Naturaleza. Sobre la composición de la materia determina que los alumnos de 12 y 13 años no conciben el vacío y tienen una idea continua del aire, de la materia y de la luz. Piensan que las células no tienen átomos, que las piedras tienen átomos y algo más consistente y duro y que entre las partículas de aire hay aire.

**García Franco y Flores Camacho (2005).** Méjico. Es un trabajo en el que se presenta una propuesta de análisis para determinar las representaciones múltiples sobre la estructura de la materia en estudiantes de secundaria y bachillerato, con la que se indagan cinco aspectos sobre fenómenos relacionados con la estructura de la materia: descripción macroscópica, descripción microscópica (caracterización de las partículas y su configuración), mecanismo de explicación del proceso (movimiento de las partículas e interacción entre éstas, existencia de vacío y conservación de las propiedades de las partículas), cambio en las condiciones (temperatura y presión) y extensión a otras sustancias.

**Gutiérrez-Julián, Gómez Crespo y Pozo (2005).** España. Es una investigación realizada con alumnos de 3º de ESO (14-15 años); 2º de bachillerato, con y sin opción en ciencias, y licenciados, con y sin orientación en ciencias. Se indagan las representaciones y la forma en que se integran las concepciones alternativas sobre la

naturaleza de la materia y sus cambios, tratando de ver si se utilizan sus ideas en forma consistente. Determinan que:

- a. Los estudiantes y también, con menor frecuencia, los licenciados y potenciales profesores de física y de química recurren a sus teorías cotidianas y sólo cuando el profesor los induce utilizan el modelo corpuscular en sus explicaciones. Cuando lo hacen, atribuyen a las partículas propiedades macroscópicas.
- b. La consistencia de las respuestas aumenta con la edad y la instrucción y utilizan distintas teorías en función de los contenidos de la tarea. No tienen una representación global consistente, independiente de la apariencia perceptiva y disponen de una teoría específica para cada estado de agregación.
- c. Les resulta difícil diferenciar los niveles de análisis macroscópico o microscópico ante situaciones nuevas, aunque sencillas. Sólo discriminan mejor entre diferentes niveles de análisis los sujetos verdaderamente expertos, mostrándose más conscientes de las teorías que usan para interpretar problemas.

**Chamizo, Sosa y Zepeda (2005).** Méjico. Es una investigación en la que se indaga, a partir de las ideas previas, qué imagen de la química poseen los estudiantes de química de distintos niveles educativos (primario, secundario y universitario). Determinan, respecto a la estructura de la materia, que según se avanza en el nivel educativo hay un aumento de ideas previas relacionadas con los procesos, mientras las correspondientes a la estructura van disminuyendo.

**Vázquez y García-Rodeja (2005).** España. Es una investigación en la que se indaga si las diferencias en el acceso a la información y en las modalidades del lenguaje que utilizan los estudiantes con sordera profunda, hacen que los modelos que construyen para interpretar fenómenos relacionados con la transformación de la materia (combustión, descomposición térmica y descomposición de un organismo) son distintos a los descritos en la literatura para los estudiantes oyentes. Los alumnos que participaron en la prueba están escolarizados en régimen de integración en el IES Someso, último curso de FP 2 en diferentes especialidades, tienen sordera profunda prelocutiva, dominan la lengua de signos y muestran en este código mayor competencia comunicativa que en lengua española. Los resultados muestran que los estudiantes utilizan diferentes modelos para explicar la transformación de la materia, dependiendo, igual que en alumnos oyentes, del tipo de fenómeno estudiado. Los modelos utilizados son semejantes a los que aparecen en la literatura con alumnos oyentes, pero en los niveles de menos sofisticación.

### ***a.2. Investigaciones sobre la evolución de las ideas de los estudiantes***

Conforme se avanzó en las investigaciones de concepciones alternativas sobre el modelo corpuscular de la materia surgieron nuevas orientaciones que resaltaban la importancia de diagnosticar los cambios que se experimentan en los modelos iniciales de los alumnos en su evolución hacia los científicos.

Los distintos estadios por los que pasan los modelos en su evolución han recibido diferentes denominaciones: “senderos” (Scott, 1992), “trayectorias conceptuales”

(Driver *et al.*, 1994b), “postes kilométricos” (Watson y Leach, 1996) (citados por Prieto Ruz, Blanco López y Brero Peinado, 2002), “niveles de esquemas explicativos” (Benarroch, 2000b, 2001), “etapas” (Justi, 2006), entre otros. Indagar tales cambios implica considerar que a partir de las representaciones iniciales de los contenidos escolares, en cada aproximación al contenido científico, los alumnos utilizarán una epistemología determinada, una complejidad creciente y una reorganización diferente. Es necesario entonces conocerlos para determinar cómo evoluciona el conocimiento sobre la naturaleza de la materia.

A continuación se detallan algunos trabajos e investigaciones vinculados a la evolución en la elaboración y en la aplicación de los modelos de los alumnos, sobre el modelo corpuscular de la materia:

**Benarroch (1998b; 2000b).** España. Es una investigación en la que se indaga el desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpuscular de la materia, en estudiantes de diversas edades (9-22 años). Determina cinco niveles de esquemas explicativos sobre la naturaleza corpuscular de la materia que supuestamente reflejan los esquemas de conocimiento del estudiante.

- Nivel I: Continuidad. Sin explicación.
- Nivel II: Continuidad. Explicaciones pseudomicroscópicas.
- Nivel III: Discontinuidad. Explicaciones microscópicas fundamentadas en partículas y huecos.
- Nivel IV: Discontinuidad. Explicaciones microscópicas fundamentadas en partículas y vacío.
- Nivel V: Discontinuidad. Explicaciones microscópicas académicas.

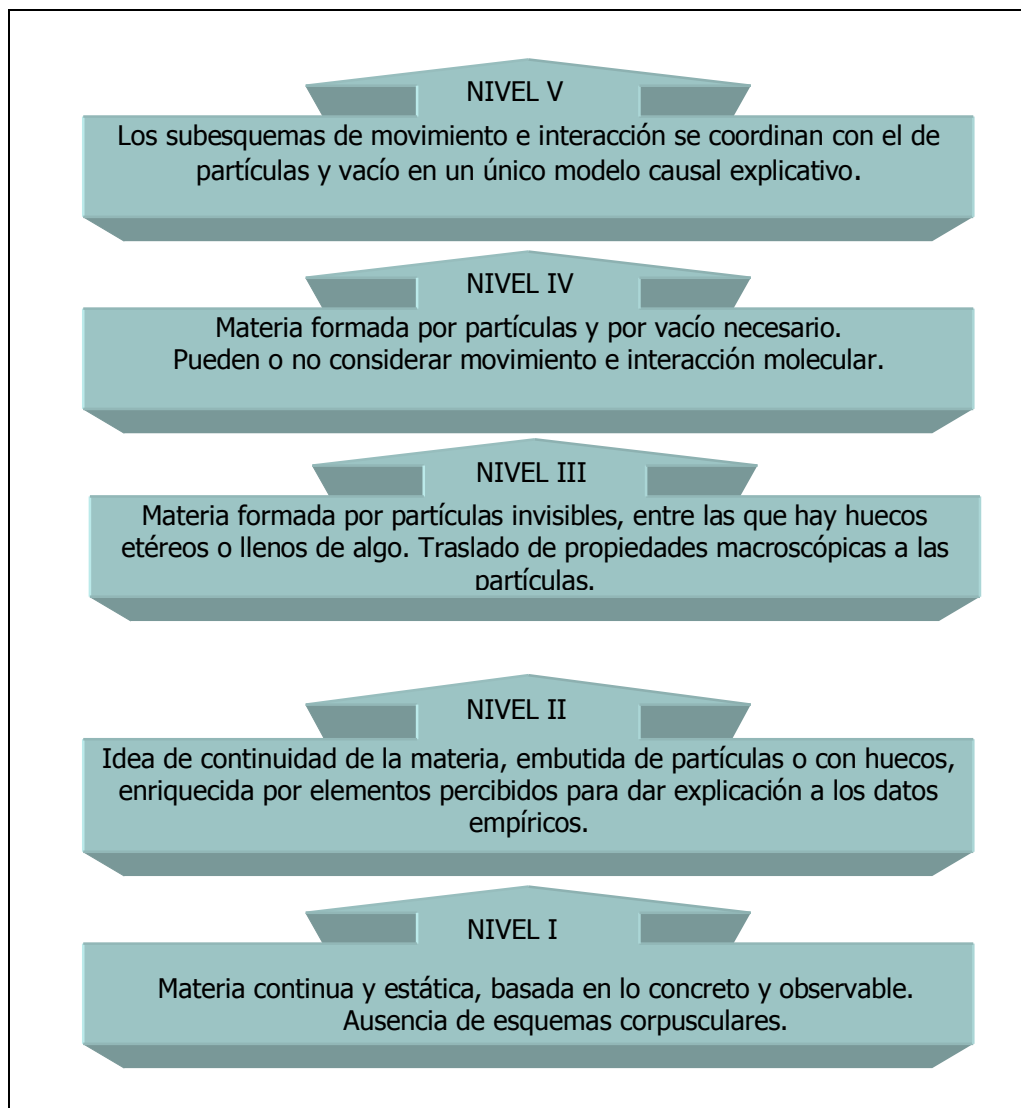
En la Figura 19 se han representado los modelos de materia de cada nivel explicativo de los alumnos, referidos al Modelo Corpuscular.

Estos niveles fueron determinados mediante un proceso de aproximaciones sucesivas, después de agrupar, jerarquizar y comparar las respuestas de los alumnos obtenidas mediante entrevistas. En el análisis de las respuestas se buscaron las regularidades, con propiedades de repetición, generalización y diferenciación y se realizó el tratamiento estadístico para variables categoriales ordinales. El análisis de correspondencias entre categorías de respuestas realizado en el tratamiento estadístico muestra que la distancia entre los niveles II y III de la evolución cognoscitiva es mayor que el resto de distancias entre niveles contiguos.

En un trabajo posterior (Benarroch, 2001) esta autora realiza una interpretación de las barreras y dificultades encontradas entre los niveles, partiendo para ello de un modelo de estructura cognoscitiva del estudiante, fundamentado en teorías piagetianas y en los conocimientos de la línea de las concepciones alternativas. Concretamente, el modelo postula la existencia de esquemas operatorios y esquemas específicos en la estructura cognoscitiva, y, partiendo de ellos, la autora propone que el “salto” entre el nivel II y III de la evolución cognoscitiva es de carácter operatorio, frente a los restantes saltos de



dicha evolución, para los que postula un carácter específico (ver Fig. 9). Merece la pena destacar que estas propuestas no están fundamentadas únicamente en especulaciones ni abstracciones de los datos empíricos, sino que además están relacionadas con datos estadísticos que aportan algunos módulos de análisis multivariable categoriales, tal como el análisis de correspondencias múltiples.



**Figura 19.** Modelo de materia correspondiente a los niveles explicativos de los alumnos referidos al Modelo Corpuscular (Elaboración propia en base a Benarroch, 2000b).

Los resultados de la investigación de Benarroch en la determinación de los niveles de esquemas explicativos de los alumnos sobre la corpuscularidad de la materia representó un punto de partida para investigar la evolución de los modelos sobre este contenido y tales niveles han sido citados y utilizados en investigaciones posteriores tales como las de Valcárcel, Sánchez Blanco y Ruiz Rojas (2000); Trinidad-Velasco y Garritz (2003), Oliva *et al.* (2003); Carmo, Marcondes y Martorano (2005); Benarroch y Marín (2006).

**Oliva et al. (2003).** España. Es una investigación de los niveles de los esquemas explicativos de estudiantes de 3º de Enseñanza Secundaria Obligatoria, mediante la aplicación de una propuesta basada en el uso de analogía (ver descripción en el apartado “propuestas”). Determinan cinco niveles:

- *Nivel 1.* Contestaciones en blanco o con explicaciones poco elaboradas o triviales. Imagen continua de la materia.
- *Nivel 2.* Respuestas con un cierto grado de elaboración, desde un punto de vista macroscópico. Omiten la interpretación discontinua de la materia.
- *Nivel 3.* Respuestas con concepciones alejadas del punto de vista de la ciencia escolar, en ocasiones, basadas en proyecciones de las propiedades del mundo macroscópico sobre el microscópico. Visión discontinua de la materia.
- *Nivel 4.* Respuestas con algunas imprecisiones en el lenguaje o que omiten aspectos relevantes como el movimiento de las partículas Interpretación discontinua de la materia bastante próxima al modelo objeto.
- *Nivel 5.* Respuestas que muestran un alto grado de aproximación a la ciencia escolar en el marco expuesto para la teórica cinético-molecular.

Estos autores comparan los resultados de su investigación con la clasificación de niveles empleada por Benarroch (2000b) y encuentran diferencia en el Nivel 2. Afirman que en el estudio de Benarroch “se contemplaba como nivel 2 un tipo de explicación en la que aparecían «modelos de materia que siguen siendo continuos, pero que se ven enriquecidos con elementos percibidos (burbujas, huecos, pompitas, etc.)” y que “este tipo de explicación fue prácticamente inexistente en la presente investigación, por ello, no fue tenida en cuenta”. “En su lugar, en cambio, encontramos un grupo de explicaciones macroscópicas que presentaban un grado de elaboración superior a las del nivel 1, probablemente influidas por el aprendizaje anterior y el lenguaje adquirido en otros temas del currículo que recurren a explicaciones científicas basadas en una perspectiva macroscópica para explicar determinados fenómenos” (Oliva et al, 2003, p. 439).

Si se compara el esquema de conocimiento que el estudiante refleja en el nivel 2 para Benarroch (continuidad y explicaciones pseudomacroscópicas) y la descripción del modelo de materia correspondiente a ese nivel (idea de continuidad de la materia enriquecida por elementos percibidos para dar explicación a los datos) con los datos aportados por esta investigación en el mismo nivel, las diferencias que mencionan no son tales, su confusión podrían deberse a la interpretación. En ambos casos se tiene un modelo de materia continua, con intervenciones macroscópicas en sus explicaciones.

**Carmo, Marcondes y Martorano (2005).** Brasil. Es una investigación en la que se indaga cómo evolucionan las concepciones macroscópicas y microscópicas del concepto de solución y del proceso de disolución, en alumnos de enseñanza media (15 a 18 años), luego de la aplicación de una propuesta de enseñanza (ver descripción en el apartado “propuestas”). Se determinaron 10 niveles explicativos, correspondientes a 3 categorías, los cuales evolucionan después de la enseñanza:

- Categoría I: *explicaciones macroscópicas*:
  - Nivel I: No presentan concepto de solución. *Las explicaciones son observables.* No diferencian soluciones saturadas de insaturadas. No tienen el concepto de solubilidad.
  - Nivel II: Solución concebida como una mezcla de sustancias, no diferencian soluciones saturadas de insaturadas y no tienen el concepto de solubilidad.
  - Nivel III: Solución concebida como una mezcla de sustancias, diferencian soluciones saturadas de insaturadas y construyen el concepto de solubilidad. No lo aplican para justificar el proceso de disolución.
  - Nivel IV: Solución concebida como una mezcla de sustancias, diferencian soluciones saturadas de insaturadas y construyen el concepto de solubilidad. No lo aplican para justificar el proceso de disolución.
  
- Categoría II: *explicaciones pseudomicroscópicas*:
  - Nivel V: solución concebida como una mezcla homogénea de sustancias, no diferencian soluciones saturadas de insaturadas y no tienen el concepto de solubilidad. *Aparecen referencias a partículas con propiedades macroscópicas,*
  - Nivel VI: solución concebida como una mezcla de sustancias, diferencian soluciones saturadas de insaturadas y construyen el concepto de solubilidad.
  - Nivel VII: solución concebida como una mezcla homogénea de sustancias, diferencian soluciones saturadas de insaturadas, construyen un concepto de solubilidad pero no lo emplean para justificar el proceso de disolución.
  
- Categoría III: *Explicaciones microscópicas*:
  - Nivel VIII: solución concebida como una mezcla de sustancias, diferencian soluciones saturadas de insaturadas y construyen el concepto de solubilidad. *Utilizan el modelo de partículas en sus explicaciones pero cargados de errores conceptuales.*
  - Nivel IX: solución concebida como una mezcla de sustancias homogéneas, diferencian soluciones saturadas de insaturadas y construyen el concepto de solubilidad. *Avanzan en la construcción del concepto de disolución con la utilización del modelo microscópico considerando interacciones entre las partículas constituyentes pero cargados de errores conceptuales.*
  - Nivel X: construyen un concepto de solución, diferencian soluciones saturadas de insaturadas y construyen el concepto de solubilidad. *Avanzan en la interpretación de la disolución con la utilización de modelos microscópicos entre las partículas constituyentes de la solución, de manera coherente con la visión científica.*

Si se hace un análisis comparativo entre los niveles encontrados en esta investigación con los determinados por Benarroch (2000b) puede observarse que:

- En la categoría I (*explicaciones macroscópicas*), las diferencias de niveles se basan fundamentalmente en la aproximación al concepto de solución, clasificación y concepto de solubilidad. Aparentemente, en todos los niveles hay explicaciones y como no se hace referencia al modelo de materia se podría suponer que es continuo. Esta categoría se podría incluir en los niveles I y II de Benarroch.

- En la categoría II (*explicaciones pseudomicroscópicas*) sólo en el nivel V se hace referencia a la utilización de *partículas con propiedades macroscópicas*, los demás niveles de esta categoría están definidos sólo por el alcance de conceptos vinculados a la solubilidad, lo que lleva a suponer que en ellos se aplica este modelo. En todos los niveles de esta categoría estaríamos, entonces, en el nivel III de Benarroch.
- En la categoría III (*explicaciones microscópicas*), en los niveles VIII y IX utilizan el modelo de partículas pero con errores conceptuales, la diferencia entre ambos niveles está dada por la consideración de interacciones entre las partículas, ambos niveles estarían en el nivel IV de Benarroch. Finalmente el nivel X coincide con el nivel V de Benarroch, ya que en ambos casos la *utilización de modelos microscópicos entre las partículas se realiza de manera coherente con la visión científica*.

**Gallegos, Garritz y Flores (2005)**. Méjico. Es una investigación en la que se indagan los modelos de representación sobre la estructura de la materia que tienen los estudiantes universitarios de cinco niveles diferentes de la carrera Química. Parten de la consideración de que un mismo individuo puede tener diferentes visiones del mismo concepto, dado que puede haber distintas formas de ver y representar simultáneamente la realidad. Determinan cinco niveles de representación:

- Nivel I *continuo*: la materia es continua, sufre transformaciones globales, si existen partículas están inmersas en medios materiales.
- Nivel II *sustancialista*: la materia microscópica es semejante a lo que ocurre a nivel macroscópico.
- Nivel III *molecular I*: la materia está formada por moléculas que colisionan, los cambios en el movimiento de las moléculas producen variaciones en la presión, el volumen y la temperatura y en la organización molecular.
- Nivel IV *molecular II*: la materia está formada por moléculas y átomos, organizados por la presencia de fuerzas electrostáticas, las fuerzas se originan en las cargas de los átomos que forman las moléculas, explican los fenómenos basándose en estas fuerzas.
- Nivel V *electrónico*: la materia está formada por átomos y éstos tienen electrones, la interacción entre átomos y electrones está dada por fuerzas eléctricas y las energías de los electrones producen los cambios macroscópicos, explican la corriente eléctrica en los metales, la emisión de luz y las disoluciones basándose en el movimiento de los electrones .

Concluyen la investigación afirmando que los modelos sufren transformaciones a lo largo de la escolaridad. Los 5 modelos están presentes en la mente de los estudiantes pero su promedio de respuesta cambia según el ciclo escolar debido a la posibilidad de la aplicación en la resolución de problemas más complejos, evidenciándose en los alumnos más jóvenes la utilización de modelos continuos y sustancialistas con mayor frecuencia.

También se pueden establecer semejanzas entre los tres primeros niveles propuestos y los determinados por Benarroch (2000b), quedando fuera de la comparación los niveles IV y V, ya que las investigaciones de esta profesora no alcanzaron al modelo atómico de Dalton. El nivel I se corresponde con los niveles I y II de Benarroch, caracterizados por una materia continua aunque a veces se introduzcan elementos “inventados” para dar explicación a los fenómenos observados. El nivel II sustancialista se encuentra localizado dentro de los niveles III y IV de Benarroch, en los que hay una visión microscópica de la materia, aunque se dote a las partículas o a los huecos entre ellas de cualidades macroscópicas. Finalmente, el nivel III molecular I se correspondería con el V de Benarroch, donde únicamente las moléculas y sus movimientos explican los fenómenos macroscópicos.

**Benarroch y Marín (2006).** España. Es una investigación que se lleva a cabo en Melilla, en centros donde los estudiantes, de 12 a 17 años de edad, conviven en una diversidad cultural, religiosa, lingüística y social. El objetivo es conocer los sucesivos niveles explicativos de los alumnos sobre fenómenos que pueden ser explicados en términos corpusculares, tomando como referencia los señalados por Benarroch (2001).

Determinan cinco niveles y en relación con la atención a la diversidad y la individualización de la enseñanza, manifiestan que lo que mayor interés suscita es la constatación de que no todos los sujetos de la misma edad aplican los mismos modelos, destacando las posibilidades que ofrece el conocimiento de los niveles explicativos al diseñar el currículo y al docente como marco de referencia, para la planificación, para diagnosticar dificultades en los aprendizajes de los alumnos y para adoptar medidas pedagógicas que les permitan avanzar en su progresión.

**Zamorano, R., Gibbs, H & Viau J. (2007)** Argentina. Es una investigación sobre los modelos en diversos fenómenos físicos, en alumnos de 7º año del EGB (12-13 años) y de 2º año de Polimodal (16 años).

Respecto a la estructura de la materia y cambios de estado encuentran que los modelos de los estudiantes muestran diferentes estructuras para distintos comportamientos físicos y que la evolución de los perfiles conceptuales también representa diferentes procesos con diferente significado físico. Determinan cinco niveles en los modelos de materia encontrados (sin describirlos) y registran un aumento en su frecuencia de aplicación en forma creciente respecto a las edades de los alumnos:

- Nivel I: modelo continuo
- Nivel II: modelo de aglomeración
- Nivel III modelo corpuscular
- Nivel IV: modelo estructural
- Nivel V: modelo cinético molecular.

Las dificultades que mencionan, respecto al modelo corpuscular de la materia, son: A) Elasticidad de los gases: No se considera la existencia de vacío entre partículas y la presión cambia el tamaño de las partículas; B) Difusión de los gases: las partículas parecería que no están en movimiento continuo y no está claro qué son los huecos entre partículas; C) Ebullición del agua: se confunde calor con materia y no se expresa la relación de partículas en movimiento con la temperatura; D) Evaporación y condensación del agua: se le atribuyen a las partículas propiedades macroscópicas (se

dilatan, se calientan, etc.) y se considera un cambio químico (transformación del agua en O e H del aire).

Dado que en el trabajo presentado los autores no describen las características de cada nivel, aparentemente podría encontrarse coincidencia con los cinco niveles de Benarroch, aunque quedarían algunas dudas respecto al nivel II (de aglomeración) y al IV (estructural).

### ***b. Propuestas de enseñanza sobre la naturaleza corpuscular de la materia***

La transposición didáctica de los contenidos científicos trae aparejada dificultades ya que implica un proceso de reelaboración en la que deben conjugarse y equilibrarse aspectos científicos y aspectos educativos. La enseñanza de la estructura corpuscular de la materia no es ajena a estas dificultades, al respecto Prieto y Blanco (2000, p. 76) afirman que: “*Por un lado, las teorías modernas que la explican resultan demasiado complejas y abstractas para la mayoría de los alumnos de enseñanza secundaria y, por otro, las ideas que éstos pueden asimilar parecen demasiado alejadas de la ciencia de los científicos; de forma que corresponde a la enseñanza de las ciencias alcanzar un compromiso entre ambas posiciones*”. Algunas de las formas en que este reto ha sido abordado se describen en la selección de propuestas que a continuación se detalla:

**Sanmartí y Solsona (2001).** España. La propuesta consiste en el diseño de una unidad didáctica que fue aplicada en dos cursos distintos: parcialmente en 3º año de la ESO (todavía no cursaban química) y la secuencia completa en 4º año. El objetivo es seguir el proceso de modelización de la estructura de la materia. La unidad se estructura en cinco partes:

1. *Los elementos básicos de la estructura de los materiales: las partículas.* Pretenden dar una perspectiva histórica de las dificultades para explicar la composición interna de los materiales, profundizando en la importancia de las explicaciones discontinuas. Se propone que los alumnos expliquen la disolución de azúcar en agua, la distribución de las partículas en un cristal y la dilatación del aire. Mediante la lectura de textos históricos sobre la estructura de los materiales se introduce la idea de naturaleza particulada. Se propone a los alumnos la construcción de maquetas que representen la estructura de algunas sustancias, para ilustrar la idea de modelo científico y comenzar a modelizar las estructuras de los materiales.
2. *Sistemas con partículas ordenadas y sistemas con partículas desordenadas.* En este tema se pretende que los estudiantes relacionen las propiedades macroscópicas de los grupos de materiales con su estructura. Es una actividad en la que los grupos deben fijar criterios para confeccionar una tabla de medidas de las propiedades de los materiales y clasificarlos. Se utilizan distintas formas alotrópicas del azufre y se propone elaborar un texto justificativo de las propiedades y diferencias. Se concluye agrupando los materiales en ordenados, desordenados e intermedios entre orden y desorden.
3. *Materiales “desordenados”: gases, líquidos y sólidos amorfos.* Se propone la identificación de las propiedades de un material desordenado utilizando como

ejemplo el vidrio. Se hace hincapié en la elaboración de explicaciones de los fenómenos utilizando el modelo teórico corpuscular de los materiales.

4. *Diferentes tipos de materiales “ordenados”*. Se intenta que los alumnos relacionen las propiedades macroscópicas de los materiales ordenados, con su estructura. Se hace observar el crecimiento de diferentes cristales y se relaciona el cambio de propiedades por la presencia de impurezas.
5. *Materiales entre el “orden y el desorden”* (no aplicada). Se vincula con el estudio de materiales tales como plásticos, cristales líquidos y materiales formados por varias fases que interaccionan entre ellas (composites).

El desarrollo de la unidad incluye la lectura de documentos referidos a los contenidos abordados. Cada secuencia se inicia con la observación y manipulación de materiales concretos y la explicitación y debate de las ideas generadas sobre las observaciones. Luego se introduce la explicación científica y el uso de modelos y maquetas. Posteriormente se hace una síntesis de la nueva forma de explicar los aprendizajes mediante la elaboración de mapas conceptuales y se finaliza con la aplicación de las nuevas ideas en la interpretación de otras observaciones sobre materiales de su entorno.

Sobre los resultados de la investigación los autores puntualizan que:

- En la primera secuencia se observa que el modelo de partícula no está elaborado. Los alumnos se sorprenden de la diversidad de respuestas (entre ellas, que se forman nuevas partículas o que las partículas de azúcar son dulces) y se interesan por conocer la explicación científica.
- En la lectura de textos históricos sobre discontinuidad de la materia se decepcionan ante la evidencia de que no se pueden ver los átomos.
- La utilización de distintos materiales en la representación con maquetas sobre cómo imaginan la estructura interna de distintos materiales dio buenos resultados.
- En las explicaciones de los fenómenos del entorno y la justificación en relación con el estudio de la materia se propuso la identificación a escala macroscópica, posteriormente en la microscópica y finalmente que construyeran un texto que incluyera las razones que relacionan los dos niveles. La dificultad reside en hacerlo en función del comportamiento y la disposición de las partículas.
- Se observaron avances y aparentes retrocesos en los alumnos durante el desarrollo de la unidad que permitieron que los estudiantes se fueran acostumbrando a pensar a través de modelos.

**Fernández-González et al. (2001)**. Argentina. Es un trabajo basado en el análisis de la utilización de las analogías como recurso didáctico para enseñar contenidos científicos. Entre los ejemplos de analogías que analiza se encuentra el de la estructura de la materia con la actividad dentro de un edificio. El análisis consiste en comparar el mundo microscópico de una porción de materia con la analogía “actividad dentro de un edificio”. La analogía es descrita de la siguiente forma:

- Al contemplar un edificio por fuera no observamos nada, no nos percatamos de todo lo que acontece en el interior (una escuela de danza, una oficina con su habitual actividad, gente que se desplaza por el interior, etc.).
- Al observar una porción de materia no podemos, como en el edificio visto por fuera, conocer sus movimientos internos.
- La teoría cinético - molecular de la materia sería la que "nos permite ver a través de las paredes del edificio", que es el sistema que estamos considerando. Esta teoría nos dice que los átomos de una sustancia se desplazan, vibran, tienen movimiento de rotación, etc. A la energía asociada con estos movimientos es lo que llamamos Energía Interna.

Esta analogía quedaría representada de la siguiente forma:

Vista macroscópica de la materia	↔	Exterior del edificio
Mundo microscópico	↔	Interior de un edificio
Movimientos microscópicos	↔	Movimientos dentro del edificio
Energía Interna	↔	Energía de los movimientos invisibles desde fuera del edificio

Limitaciones de la analogía:

- La estructura del edificio de habitaciones y pasillos no la tiene microscópicamente una porción de materia.
- La movilidad dentro del edificio está limitada al espacio interior que dejan sus estructuras.

**Oliva et al. (2003).** España. Esta propuesta se aplicó en una investigación sobre la repercusión del uso de analogías en la asimilación del modelo cinético-molecular de la materia en estudiantes de 3º de ESO (12 años). Es una unidad didáctica dedicada al estudio del modelo cinético-molecular y los estados de la materia. Para evaluar la propuesta se analizan los modelos explicativos finales utilizados por los alumnos al interpretar y predecir fenómenos físicos, en grupo piloto y control. En la tabla 10 se muestran los contenidos a enseñar y las actividades propuestas:

**Tabla 10.** Contenidos y actividades propuestas por Oliva et al. (2003). Fuente: Elaboración propia en base a la propuesta.

Contenidos	Analogías
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La materia es discontinua, está constituida por pequeñas partículas (moléculas, átomos, iones).</li> <li>• El aspecto macroscópico no es comparable con la estructura interna de la materia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecer comparaciones entre la observación de cerca o de lejos de sistemas discontinuos como un bote de lentes o una red de pesca.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Constitución de los sólidos, líquidos y gases.</li> <li>• Las distancias intermoleculares y su relación con las interacciones entre las moléculas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar la disposición de los alumnos en la clase con la estructura de la materia</li> <li>• Representar en un dibujo, con monedas, los estados de agregación de</li> </ul>



<ul style="list-style-type: none"> <li>• El movimiento continuo de las partículas que constituyen la materia y su relación con la temperatura</li> </ul>	<p>la materia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar sistemas materiales concretos en diferentes estados de agregación, visualizando las moléculas mediante diferentes bolas.</li> <li>• Antes de elaborar una imagen abstracta de la estructura de la materia, representando las moléculas mediante bolas, es preferible conocer cómo se comportan otros sistemas semejantes.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mecanismos mediante los que se producen los cambios de estado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comparar el agua hirviendo con un palomitero haciendo palomitas de maíz y con pelotas sobre una cama elástica.</li> <li>• Representar, mediante bolas en una caja, agua a diferentes temperaturas y los cambios correspondientes.</li> <li>• Representar, mediante el modelo de bolas, sistemas que cambian de estado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura de las mezclas homogéneas y heterogéneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Representar, mediante tuercas, tornillos, cerillas, lentejas..., la estructura de sistemas constituidos por mezclas heterogéneas y homogéneas.</li> <li>• Representar, mediante el modelo de bolas, diferentes sistemas constituidos por mezclas.</li> <li>• Interpretar fenómenos empleando la teoría cinético-molecular.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrecer una panorámica global de los conceptos desarrollados en el tema.</li> <li>• Recordar las actividades realizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar ejercicios de síntesis (tablas y mapas conceptuales).</li> </ul>

Como instrumento de evaluación utilizaron el siguiente cuestionario para investigar los modelos activados por los alumnos durante la interpretación y predicción de fenómenos físicos:

- *Diferencias en el espacio intermolecular de un líquido y de un gas.*  
Ebullición de agua en una olla a presión totalmente repleta: ¿Es posible, en esas condiciones, el paso de todo el líquido al estado de vapor?
- *Movilidad de las moléculas, concretamente en un gas.*  
El aroma que percibimos de un tarro de colonia: ¿Cuándo te llega antes el olor?: ¿en verano o en invierno?
- *Diferencias en el espacio intermolecular de un líquido y de un gas.*

Dos recipientes iguales: uno lleno de agua líquida y otro de vapor de agua: ¿Por qué el que está lleno de agua pesa más?

- *Movilidad de las moléculas, concretamente en un gas.*  
Expansión de un gas: ¿Por qué un gas tiende siempre a ocupar todo el volumen del recipiente que lo contiene?
- *Diferencias en el espacio intermolecular de un líquido y de un gas.*  
Se intenta comprimir un poco de agua mediante una jeringa con la salida obstruida: ¿Por qué no es posible comprimir apenas el agua y sí un poco de aire?
- *Movilidad de las moléculas, concretamente en un gas.*  
Difusión de un gas desde un recipiente a otro vacío, conectados ambos mediante un tubo: ¿Por qué el gas se reparte entre ambos recipientes?

Sobre los resultados obtenidos con la aplicación de la propuesta, los autores manifiestan que en las ideas de los alumnos que fueron enseñados a través de analogías muestran cierta superioridad en sus avances con respecto al grupo control, principalmente en aquellas ideas que mostraban un mayor nivel de complejidad. El uso de analogías como recurso didáctico, puede facilitar la construcción de ideas asociadas al modelo cinético-molecular, en los alumnos.

**Sánchez Blanco y Valcárcel (2003).** España. Es una propuesta de modelización para la construcción del concepto de sustancia pura, desde una perspectiva integradora del conocimiento cotidiano con el científico, de tal manera que se integren las descripciones macroscópicas con las interpretaciones submicroscópicas. Se utilizan cuatro niveles sucesivos de actividades en los que se tiene en cuenta el nivel de profundización en el análisis, respecto al tipo de representación: nivel macroscópico, microscópico (modelo cinético particular) y nivel submicroscópico (modelo atómico molecular). No se refiere en el trabajo resultados de la aplicación.

*Nivel 1:* Objetos y materiales de uso común.

Nivel macroscópico: utilidad, propiedades geométricas (forma, tamaño) y propiedades de materiales (dureza, fragilidad, permeabilidad, etc.)

*Nivel 2:* Estados de agregación de la materia

Nivel macroscópico: propiedades generales (masa, volumen y temperatura), propiedades de estado (volumen y forma propia) y diferencias entre estados (difusión, compresión y dilatación).

Nivel microscópico: modelo cinético-particular (partículas, vacío, movimiento, fuerzas de interacción)

*Nivel 3:* Mezclas y sustancias puras

Nivel macroscópico: propiedades específicas (viscosidad, punto de ebullición, solubilidad, dureza, etc.).

Nivel microscópico: el modelo cinético-particular.

*Nivel 4:* Sustancias simples y sustancias compuestas

Nivel macroscópico: propiedades específicas físicas y químicas y los métodos químicos de separación de sustancias compuestas.

Nivel submicroscópico: el modelo atómico-molecular (átomo, molécula e ión, elemento químico, enlace químico y fuerzas intermoleculares y estructuras multiatómicas)

**Caamaño y Maestre (2004)**. La propuesta muestra un ejemplo de cómo construir un concepto en el aula (concepto de ión), teniendo en cuenta su evolución histórica y las concepciones y dificultades conceptuales de los estudiantes. Se presentan cuatro actividades sin hacer referencia a resultados de aplicación. Las mismas consisten en:

- Experimentación: electrólisis del agua.
- Interpretación: la conductividad eléctrica de la disolución, la reacción química de descomposición que tiene lugar y la relación entre la carga eléctrica que circula y la cantidad de elementos que se liberan.
- Realización de pequeñas investigaciones.
- Justificación de hipótesis: mediante evidencias experimentales y aplicando algunas de las preguntas que fueron planteadas y resueltas por químicos del siglo XIX y principios del XX.

**Saballs (2004)**. España. Es una propuesta que se aplica a estudiantes de segundo de ESO (13-14 años), cuyo objetivo es que los alumnos tomen conciencia de la gradación de tamaño entre diferentes entes que van desde el mundo macroscópico al microscópico. Para ello los alumnos hacen dibujos (desde un conjunto de galaxias, globo terráqueo,..... mano de persona,.....célula,.....átomo, hasta llegar al núcleo de un átomo). Se incorporan los dibujos de todos los alumnos y se ordenan en forma decreciente.

Los resultados de su aplicación muestran que de esta forma los estudiantes pueden observar la gradación de tamaños y se les facilita la fijación en su memoria, a la vez que los profesores de distintas asignaturas pueden aclarar dudas referidas a la adquisición de las diferentes dimensiones por los alumnos.

**Gómez Crespo (2005)**. España. Propone la utilización de un software que facilite la integración y diferenciación de teorías macroscópicas y microscópicas y el análisis de dichos cambios. El software permite simular el comportamiento microscópico de la materia y sus consecuencias macroscópicas en diversas situaciones, modificando las condiciones y variables que influyen en el problema. Permite visualizar las consecuencias macroscópicas de las representaciones alternativas más frecuentes y representar las consecuencias microscópicas de una situación macroscópica.

La aplicación de la propuesta se realizó con alumnos de 3º de ESO (14-15 años), contando con grupo experimental y control, este último con enseñanza tradicional. El grupo experimental trabajó en el aula de computación teniendo a su disposición los ordenadores para comparar los modelos macroscópicos y microscópicos y poner a prueba sus hipótesis.

Para evaluar los resultados de la aplicación se realizaron instancias de pretest, instrucción y postest. En la instrucción en ambos grupos se desarrollaron los mismos contenidos, en los que se explican los principios de la teoría cinético-corpúscular de la materia y sus diferencias con los modelos macroscópicos.

El autor comenta sobre los resultados de la aplicación de la propuesta que el grupo experimental mejora notablemente las respuestas, respecto al grupo control. Comparando el índice de consistencia de las respuestas de pre y postest los resultados muestran un efecto significativo respecto al grupo experimental en sus avances en las representaciones utilizadas en ambas instancias. La utilización de estos modelos favorece a los alumnos que tienen dificultades para representarse los modelos microscópicos de la materia.

**Beckerman y Galagovsky (2005).** Argentina. En esta propuesta se utiliza una serie de analogías para evaluar la comprensión del tema soluciones en estudiantes del 4° año del bachillerato (16 años) de la asignatura Química. Se cotejan las repuestas verbales gráficas de los alumnos, con el objeto de determinar incoherencias entre ellas que evidencien fallas en la comprensión y se analizan las posibles causas de los errores encontrados.

La planificación consta de varias actividades: experimental en laboratorio, resolución de cuestionarios escritos con aporte bibliográfico, elaboración de redes conceptuales y actividad con analogías.

1. *Actividad experimental:* los estudiantes hicieron experiencias con solventes y armaron una tabla en la que constaban: A) los sistemas: 1: etanol en agua, 2: cloruro de sodio en agua, 3: azúcar en agua, 4: tolueno en agua, 5: tolueno en ciclohexano, 6: yodo en cloruro de metileno y 7: yodo en agua); B) el tipo de sistema (homogéneo o heterogéneo) y C) polaridad de soluto y de solvente.
2. *Cuestionarios escritos:* se solicitaron las definiciones de conceptos tales como: Electronegatividad, Uniones entre átomos (iónica; covalente común y coordinada; metálica; estructuras de Lewis; unión covalente polar y no polar; geometría molecular) y uniones intermoleculares (de London, dipolo-dipolo; dipolo-dipolo inducido; ión-dipolo; puente de hidrógeno).
3. *Elaboración de red conceptual:* Se elaboró una red conceptual que incluía, además de los anteriores, los conceptos de ión, carga, átomo, molécula polar, molécula no polar, enlaces polares y enlaces no polares, y los de la Unidad Soluciones: soluto, solvente, concentración, sistemas materiales. Estas actividades se realizaron para repasar los contenidos teóricos, en forma previa a las analogías.
4. *Actividad con analogías:* se propusieron actividades con consignas sobre las experiencias con cuatro analogías. Las respuestas fueron individuales, las discusiones fueron en pequeños grupos. Se presentaron las siguientes analogías:
  - a) Experiencia 1: imanes y ganchitos plásticos que representan sistemas heterogéneos formados por moléculas polares y no polares.
  - b) Experiencia 2: imanes color blanco y en menor cantidad de color negro que representan sistema homogéneo con moléculas polares.
  - c) Experiencia 3: igual cantidad de ganchitos plásticos y forrados que representan sistema homogéneo de moléculas no polares.

- d) Experiencia 4: varios imanes, ganchitos forrados y ganchitos plásticos que representan sistema material de tres componentes (que no había en los sistemas propuestos) pero al imantarse los ganchitos forrados aparece la propiedad de polarizabilidad. La posibilidad de que los ganchitos forrados se polaricen les permite disolverse en fase polar y en no polar, como se mostró en las experiencias 3 y 4. El yodo se disuelve tanto en agua como en cloruro de metileno.

A continuación se presentaron a los alumnos 4 consignas a resolver en las que se solicita que: A) expliquen lo que sucede, B) lo analoguen con los sistemas propuestos, C) lo dibujen a nivel macroscópico y microscópico y D) especifiquen con qué conocimiento científico se corresponde.

Los autores concluyen que trabajar con analogías sobre las que cada estudiante debe encontrar las correlaciones entre los componentes de la analogía y los conceptos científicos analogables, muestra cómo puede construir en sus mentes representaciones mentales idiosincrásicas “cerradas”.

**Oliva y Aragón (2008)**. España. Es el diseño de una propuesta para ser aplicada en Educación Secundaria Obligatoria, en la que se utilizan cuatro analogías: La unidad militar para el estado sólido, la celebración de una fiesta para el estado líquido, el partido de fútbol para el estado gaseoso y la clase de educación física para el cambio de estado. En la presentación se muestra un ejemplo de cómo debe hacerse el análisis del contenido de la primera analogía, el cual se ha sintetizado en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Comparación entre el análogo y el sistema propuesta por Oliva y Aragón (2008). Fuente: Elaboración propia a partir del trabajo citado

	<b>Análogo</b>	<b>Sistema</b>
	<b>Batallón militar en formación</b>	<b>Materia en estado sólido</b>
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Soldados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Partículas</li> </ul>
Propiedades o características de los componentes o del sistema	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los batallones militares están formados por soldados</li> <li>• Entre soldado y soldado, en formación, no hay nadie.</li> <li>• Los soldados son personas de tamaño grande.</li> <li>• Los soldados tienen masa y ocupan un espacio.</li> <li>• Todos los soldados de un batallón llevan el mismo uniforme.</li> <li>• Los soldados, sin romper la formación, pueden moverse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos los sólidos están formados por partículas.</li> <li>• Entre las partículas el espacio está vacío.</li> <li>• Las partículas son tan pequeñas que no pueden verse.</li> <li>• Las partículas tienen masa y ocupan un espacio.</li> <li>• Todas las partículas de una sustancia puras son iguales.</li> <li>• Las partículas están en continuo movimiento intrínseco, llamado agitación térmica.</li> </ul>
Atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los soldados están obligados a permanecer en formación y saludar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las partículas establecen interacciones o fuerzas de cohesión con otras.</li> </ul>

Relaciones entre los componentes y sus atributos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los soldados en formación ocupan posiciones fijas y están ordenados en filas.</li> <li>• Los soldados en formación sólo se balancean, no pueden desplazarse ni girar.</li> <li>• La distancia entre soldados es pequeña, aproximadamente igual a su anchura.</li> <li>• La distancia entre soldado y soldado en formación es igual.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En los sólidos las partículas ocupan posiciones fijas y están ordenadas.</li> <li>• El movimiento en los sólidos es sólo de vibración, no se trasladan ni rotan.</li> <li>• La distancia entre partículas es muy pequeña, aproximadamente igual su tamaño.</li> <li>• La distancia entre partículas en el sólido es igual.</li> </ul>
Nexos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La obligación de los soldados de permanecer en formación es muy grande.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las fuerzas de cohesión entre las partículas en los sólidos son fuertes.</li> </ul>
Limitaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Al contrario que las partículas de una sustancia pura, los soldados de un batallón no son iguales ni tienen la misma masa y volumen.</li> <li>• Entre los soldados existe aire; la ausencia de soldados representa el vacío.</li> <li>• Aunque puedan oscilar, los soldados deben estar quietos; el sistema no representa el movimiento continuo de las partículas.</li> <li>• En el batallón no existe un efecto similar al de la temperatura sobre el movimiento de las partículas; aunque, el cansancio podría tener efecto sobre el movimiento y relacionarse con la temperatura.</li> <li>• Al contrario que las partículas de una sustancia pura, que están distribuidas en tres dimensiones, los soldados en formación se distribuyen en dos dimensiones.</li> </ul>	

**Giudice y Galagovsky (2008).** Argentina. El objetivo de la investigación es determinar si la capacidad de modelización de estudiantes de 16 años, de escuela secundaria, depende de la existencia o no de explicación previa por parte del docente. Al grupo A, se aplicó la secuencia didáctica sin haber brindado información teórica previa sobre el Modelo Corpuscular de la Materia (MCM) y al grupo B se les explicó el MCM en forma tradicional, utilizando una figura como recurso didáctico gráfico, previamente a la realización de las actividades. Para lograr el objetivo se diseñó una propuesta de enseñanza sobre la naturaleza discontinua de la materia y la aplicaron en el grupo prueba. Determinaron la necesidad de discriminar el concepto de modelo mental en expertos y novatos.

La propuesta se basa en la presentación y análisis de dos experiencias. Los objetivos que se proponen son: A) que los estudiantes tomen conciencia sobre los conceptos involucrados en las experiencias, los que pertenecen a la explicación teórica sobre el MCM (temperatura, partículas, distancia interpartículas, movimiento, fuerzas interpartículas, tiempo de calentamiento, etc.); B) evaluar la capacidad de los estudiantes para generar explicaciones verbales y gráficas acerca de una posible interpretación modelada de dichas experiencias, sin haber recibido información científica previa sobre las mismas y C) evaluar la capacidad de los estudiantes de generar analogías no visuales sobre sus explicaciones. La propuesta consta de cuatro actividades.

Las actividades 1, 2 y 3 consisten en la realización de experiencias de laboratorio sobre la sublimación del yodo y sobre el pasaje por los tres estados de agregación del agua. En cada una de ellas los alumnos deben dibujar lo visto y responder las preguntas: “¿Qué cambios de estados ves?” y “¿Qué crees que pasó adentro?”.

En la actividad 4 se solicita que escriban cómo le explicarían a un “amigo ciego” qué ocurrió dentro de los sistemas presentados, en cada momento de las respectivas experiencias. Esta actividad se plantea para que los estudiantes tengan que crear analogías no visuales y explicar con palabras lo que dibujaron.

Los autores manifiestan que el análisis de las respuestas les permite concluir que no hubo diferencias entre los grupos para:

- a) Reconocer que la materia es discontinua y está formada por partículas, aunque parezca un sólido macizo;
- b) Establecer que la separación de las partículas varía según el estado de agregación;
- c) Reconocer que la “temperatura” de esa materia está involucrada en sus cambios de estado.

Las diferencias principales se encontraron en los siguientes aspectos:

- a) La noción de secuencia temporal de acontecimientos surgió principalmente en el grupo A, tanto en las respuestas verbales como en los dibujos secuenciados. Por el contrario, una proporción muy baja de integrantes del grupo B hizo mención al concepto de temporalidad de acontecimientos.
- b) Las fuerzas interpartículas y la energía cinética, expresadas con estas palabras, surgieron en mayor proporción en las explicaciones verbales del grupo B, con formatos de repetición de frases presentes en la explicación del MCM recibida previamente. En el grupo A, en cambio, aparecen ideas sobre estos conceptos que luego se confirman en las analogías dadas al “amigo ciego”, pero que no aparecen con el vocabulario preciso. Estos estudiantes han evidenciado en sus escritos la construcción mental de estos conceptos.
- c) El movimiento de las partículas apareció más en los dibujos del grupo A. Notoriamente los estudiantes de este grupo utilizaron diversos códigos gráficos para referirse a dicho movimiento, mientras que muy pocos estudiantes del grupo B agregaron este tipo de códigos a sus explicaciones. Los estudiantes del grupo B mostraron tanto en sus explicaciones verbales como en sus dibujos una tendencia fuerte a repetir lo aprendido.

**Galagovsky, Di Giácomo y Castelo (2009).** En este trabajo se analizan las explicaciones verbales y gráficas confeccionadas por docentes para explicar fenómenos de solubilidad, inmiscibilidad y formación de una emulsión. La recogida de datos se hace mediante la aplicación de una propuesta de actividades sobre el modelo de fuerzas intermoleculares (MFI), en un taller con docentes de química que enseñan este contenido en diferentes niveles educativos. El análisis permite considerar la complejidad de los lenguajes expertos como fuente de obstáculos epistemológicos en la comunicación entre docentes y estudiantes.

El objetivo de la propuesta se basa en que sería posible enseñar el MFI tratando de explicar qué sucedería submicroscópicamente al observar comparativamente tres fenómenos macroscópicos: la solubilidad del agua y el etanol, la insolubilidad del agua

y el aceite y la solubilidad parcial y emulsificación de la mezcla agua, etanol, aceite. Las actividades que deben realizar en cada fenómeno son:

- a) Realizar los experimentos.
- b) Aportar una explicación desde la perspectiva de un estudiante no experto en química, a nivel submicroscópico, de cada experiencia, utilizando descripciones verbales escritas y dibujos explicativos.
- c) Discutir las respuestas individuales en pequeños grupos y preparar un panel con dibujos y explicaciones verbales, para luego informar al grupo clase.

Las investigaciones y trabajos de diferentes autores que se han seleccionado muestran coincidencia en las ideas previas de los alumnos con respecto al modelo de materia. Éstas se manifiestan tanto en estudiantes de nivel secundario como universitario, aunque más próximas al conocimiento científico en los últimos. También ha quedado en evidencia que tales ideas evolucionan, pudiéndose determinar distintos niveles explicativos.

Respecto a las propuestas de enseñanza sobre el modelo corpuscular de la materia y, en algunos casos el modelo atómico molecular, generalmente se recurre a estrategias que puedan acercar a los estudiantes a la concepción científica de materia utilizando medios que parten del mundo conocido por ellos, de lo cotidiano o de fenómenos observables. Con este objetivo se hace uso de analogías, construcción de modelos, manipulación y observación de objetos, experimentación y utilización de software. Estos recursos son empleados partiendo del plano de lo concreto para llegar a hacer abstracciones y poder construir el modelo de materia.

### 2.3 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

En lo que antecede, se ha podido apreciar que el nuevo concepto de competencia que caracteriza a los diseños curriculares del siglo XXI, tanto universitarios como no universitarios, puede estar respondiendo a la constatación de un fracaso de la enseñanza tradicional fundamentada en la transmisión de saberes. Concretamente, en la enseñanza de las ciencias, se demuestra una insatisfacción profunda que se manifiesta en un bajo rendimiento en la utilización y transferencia del conocimiento, en unos bajos intereses y actitudes hacia las ciencias y en unas limitadas demandas de los estudios universitarios científicos. Para paliar esta situación, una de las competencias incluidas en los nuevos currículos es precisamente la competencia científica.

A pesar del carácter polisémico del concepto de competencia, hay elementos comunes en las definiciones que permiten concluir que una competencia es un “conocimiento en acción”, o la “ejecución consciente de algo”, o el conocimiento con la suficiente carga procedimental para actuar, el que se despliega ante un problema en contextos prácticos y ofrece resultados. No se refiere tanto al conocimiento que se dice tener o el que no ofrece respuestas, sino al que se puede poner de manifiesto porque se es poseedor de unos conocimientos significativos de tipo cognoscitivo, afectivo y psicomotor.

Si bien se sabe muy poco acerca de cómo se aprenden las competencias científicas, se sabe bastante acerca de cómo se aprenden significativamente los conocimientos conceptuales, actitudinales y procedimentales que las estructuran. De la misma forma, si bien se sabe muy poco acerca de cuáles son los conocimientos previos necesarios



para enseñar competencias científicas, se sabe bastante acerca de cuáles son los conocimientos previos necesarios para enseñar significativamente los contenidos asociados para que sean transferibles a nuevas situaciones.

Concretamente, refiriéndonos a la competencia científica identificada en PISA como “Explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelos de partículas)”, hay suficientes investigaciones relacionadas con los conocimientos previos en esta área. En algunas de estas investigaciones, además, se diferencian las respuestas significativas de las memorísticas. Las primeras fueron utilizadas para identificar los niveles de esquemas explicativos utilizados por los estudiantes en el alcance de esta competencia. En esta investigación, se realizará una asociación de estos niveles explicativos con los niveles competenciales.

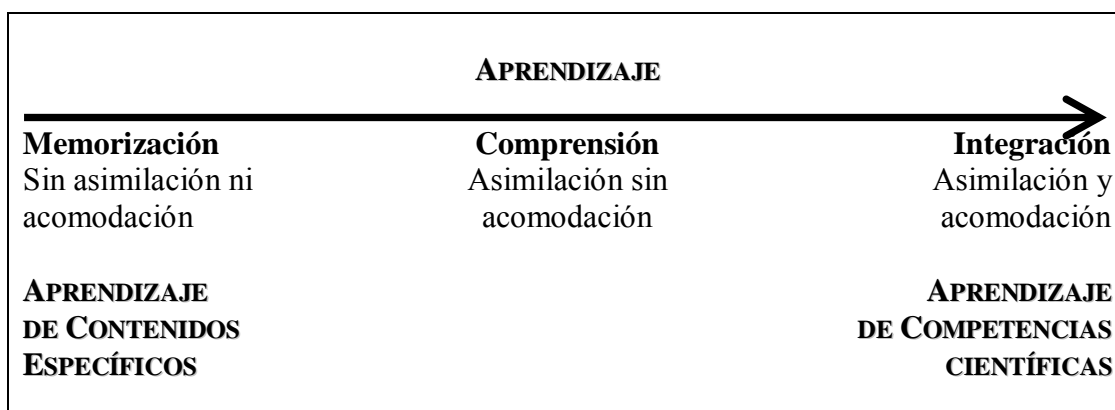
La Naturaleza Corpuscular de la Materia (NCM) o Modelo Corpuscular de la Materia (MCM) es un contenido ampliamente extendido en los currículos de los niveles obligatorios de la enseñanza por su carácter básico y potencialidad para (i) explicar una amplia gama de procesos físicos, (ii) iniciarse en el ámbito de la química y (iii) trabajar con modelos y analogías, aprendiendo *sobre* ciencia. Posiblemente sea esta versatilidad la que haya generado una amplia investigación en didáctica de las ciencias, ya sea indagando sobre las formas de razonar de los estudiantes –espontáneas o inducidas-, o analizando el impacto que generan las propuestas de enseñanza sobre el aprendizaje de los estudiantes.

La importancia de este contenido junto a la amplia investigación forjada en torno a su enseñanza, genera, conjuntamente con las relaciones establecidas entre competencia y esquema explicativo, o entre nivel competencial y nivel de esquema explicativo, el entorno favorable que se requiere para afrontar el reto que supone en estos momentos, la investigación sobre el aprendizaje de competencias científicas.

Para una síntesis más precisa de nuestros planteamientos teóricos, se exponen los siguientes puntos a continuación:

1. Aprender significa modificar esquemas de conocimiento. Estos pueden ser específicos (relacionados con la materia de estudio) y generales (operatorios, sentimentales y metacognitivos). Todos tienen capacidad de transformación, pero el aprendizaje es tanto más significativo y transferible cuanto mayor sea la intervención de los esquemas generales.
2. En el aprendizaje, conviene distinguir entre *memorizar* (se incorpora una información sin asimilar ni acomodar los esquemas), *comprender* (se asimila, pero no se acomoda) e *integrar* (se asimila y se acomodan los esquemas). Únicamente la integración implica verdadera construcción de esquemas de conocimiento.
3. Es posible que exista un continuo entre estas formas de incorporar una información externa. En este continuo juegan un papel muy importante las experiencias de aprendizaje y los conflictos cognitivos que se favorezcan mediante las mismas.
4. En los extremos del continuo al que se hace referencia en el apartado anterior, situaríamos el aprendizaje de contenidos específicos y el aprendizaje de competencias (entendidas como conocimiento transferible a nuevas situaciones). El primero está

asociado a la simple incorporación de información (memorización) y el segundo a la asimilación-acomodación de las estructuras cognoscitivas (integración). (Ver Figura 20)



**Figura 20.** El aprendizaje como un continuo entre contenidos específicos y competencias científicas

Admitido lo anterior, metodológicamente tenemos que encontrar el mecanismo que permita discriminar entre respuestas memorísticas y respuestas significativas del estudiante, entendidas estas últimas en términos operativos como las que poseen las propiedades de repetición, generalización y adaptación. Las respuestas memorísticas serán la fuente de datos que sirva para evaluar el aprendizaje de contenidos específicos, mientras que las significativas lo serán del aprendizaje de competencias científicas.

*CAPÍTULO* 3

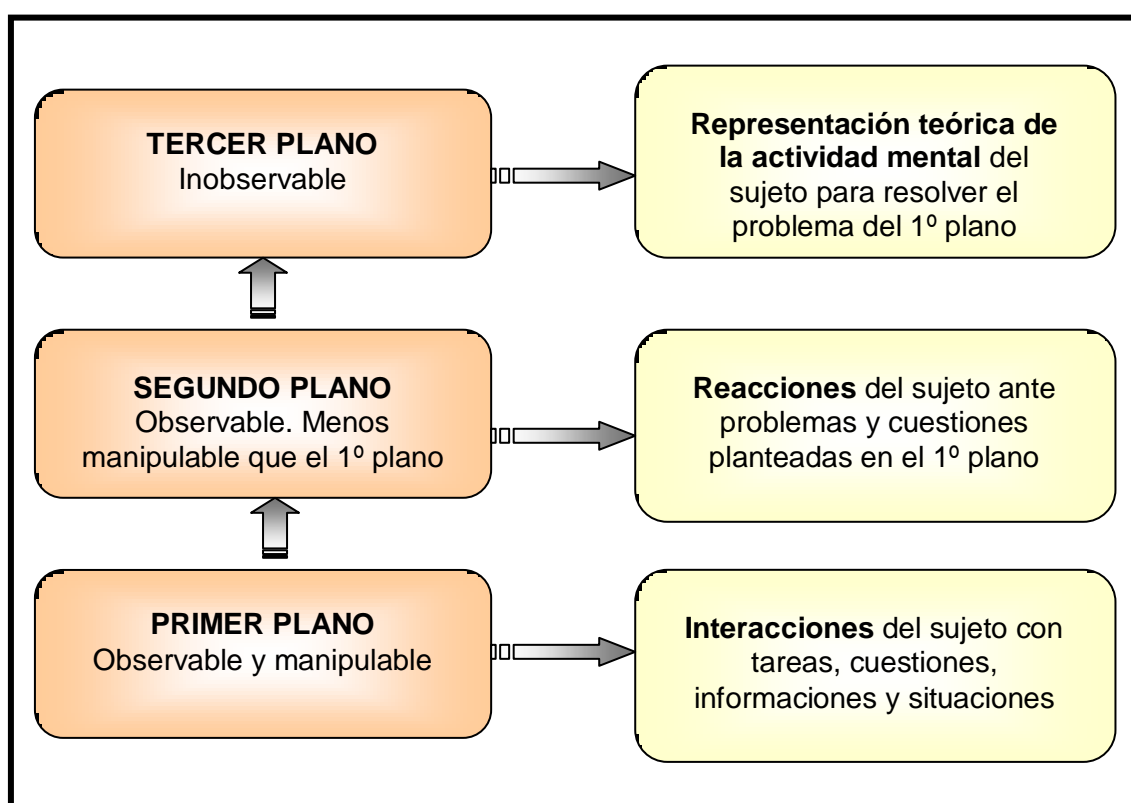
***DISEÑO DE LA  
INVESTIGACIÓN***



### 3.1 INTRODUCCIÓN: PRESUPUESTOS METODOLÓGICOS

Dado que en esta investigación se pretende indagar el proceso de construcción del conocimiento de los alumnos sobre el modelo corpuscular de la materia es que se cree necesario hacer referencia a los tres planos de trabajo en que se ubican los datos y los procedimientos utilizados para alcanzar el aprendizaje (Benarroch, 1998b).

En el esquema de la Figura 21 se han representado dichos planos con los procedimientos que implica cada uno de ellos.



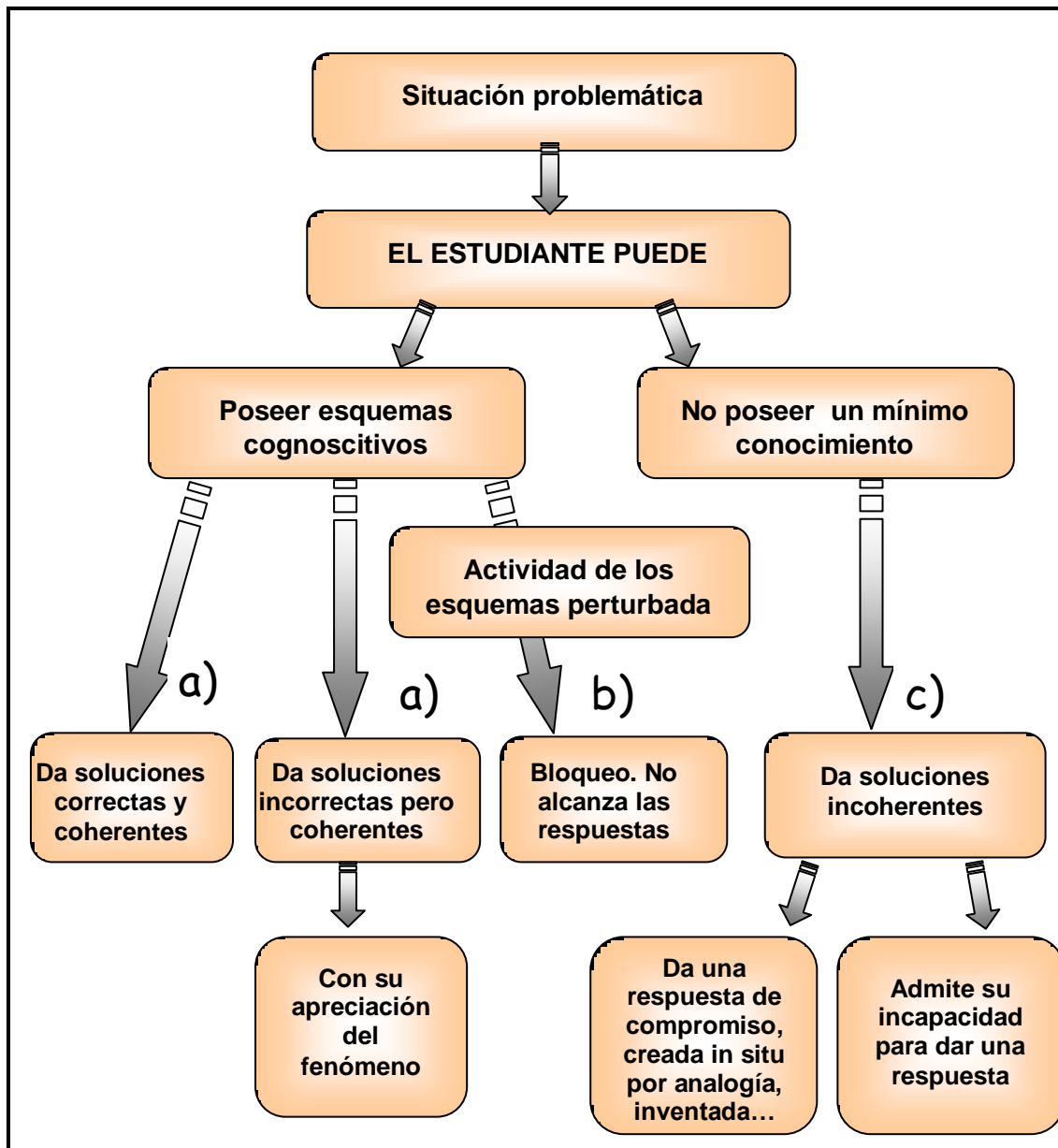
**Figura 21.** Delimitación de los planos de trabajo del conocimiento del alumno. (Elaboración propia en base a Benarroch, 1998b)

El primer plano se refiere a las interacciones del alumno con las actividades que se le plantean para la recogida de datos, por lo tanto, puede observarse y manipularse.

El segundo plano comprende las reacciones del estudiante ante las tareas planteadas en el primer plano. Éste también es observable y posee cierto grado de manipulación ya que tales reacciones están referidas a las cuestiones del plano anterior que sí se pueden controlar, pero si se intenta mantener el principio de minimizar la sugestión o inducción desde el primer plano puede afirmarse que es menos manipulable.

El tercer plano incluye la representación teórica que el alumno construye como resultado de la actividad mental que realiza para resolver las situaciones planteadas en el primer plano, en consecuencia es inobservable y por lo tanto no se puede manipular.

El problema metodológico derivado de este planteamiento es que, cuando se disponen de las reacciones del sujeto ante las cuestiones y problemas que se le plantean en el primer plano, no podemos asegurar a priori cuáles son significativas y cuáles no. En efecto, las relaciones entre el primero y el segundo plano no son siempre uniformes. En el esquema de la Figura 22 se representan diferentes alternativas de respuestas del estudiante frente a las situaciones que se le plantean.



**Figura 22.** Posibles respuestas de los estudiantes ante una situación problema. (Elaboración propia en base a Benarroch, 1998b. Explicación en el texto)

Como puede verse en la figura, ante una situación problemática, podría ocurrir que el estudiante:

- a) Posea cierto conocimiento (esquemas cognoscitivos) que le permitieran responder dando soluciones satisfactorias o al menos coherentes con dichos esquemas o que tales soluciones, aunque no sean correctas o en la dirección

- acertada, sean coherentes con su apreciación sobre el sector fenomenológico de la realidad incluido en la situación problemática.
- b) Que, aunque tenga el conocimiento necesario para alcanzar alguna de las dos opciones de a), la actividad de los esquemas correspondientes fuera perturbada y no alcanzara tales respuestas.
  - c) No posea un mínimo conocimiento que le permita dar una solución coherente a la situación problemática planteada. En este caso podría admitirlo o dar una respuesta de compromiso al azar.

Lo deseable sería encontrar respuestas del tipo a), pues son las que mejor reflejan el conocimiento del alumno sobre la situación planteada, pero evidentemente no siempre se obtienen respuestas de este tipo. Por este motivo es necesario elegir una metodología que discrimine bien los tres tipos de respuestas para no caer en errores de apreciación. Establecer el valor de las respuestas de tipo b) y c) es más complejo teniendo en cuenta que el alumno puede no haber tenido la oportunidad de activar sus esquemas relacionados con el tema porque la situación problemática no se lo ha demandado. Esta demanda se relaciona con el modo en que se plantea la tarea, el grado de dificultad de la misma (demasiado alto o muy elemental) o por la elección de la fenomenología asociada al contenido.

El propósito prioritario de esta metodología de investigación es maximizar la proporción de respuestas significativas para intentar alcanzar sus niveles explicativos. Es por ello que se debe tener excesivo cuidado al plantear el primer plano (observable y manipulable por el investigador) donde se dan las interacciones del sujeto con las tareas, las informaciones y las situaciones. Respecto a este plano se explicitan algunos presupuestos metodológicos derivados del marco teórico de esta investigación:

- a) Los esquemas de conocimiento no pueden obtenerse de manera directa. El conocimiento del alumno es inobservable y, en consecuencia se debe recurrir a un proceso de aproximaciones sucesivas (respuestas del sujeto, formas explicativas, esquemas explicativos...) para obtener un reflejo de sus esquemas de conocimiento. Esto es, no es posible elaborar un cuestionario que proporcione la categoría de definitivo.
- b) Los alumnos deben tener algún conocimiento sobre las situaciones físicas planteadas. Si así no fuese se podrían obtener respuestas no significativas (de compromiso, elaboradas in situ por analogías...) dejando la duda de la posibilidad de otro tipo de respuesta ante otro diseño.
- c) Las posibles reacciones de los sujetos ante perturbaciones exteriores son una medida del potencial de los esquemas activados (grado de madurez y desarrollo de los mismos). En consecuencia, es necesario utilizar una dinámica de conflictos cognoscitivos o contrapruebas que brinden la posibilidad de comparar sus predicciones con los resultados empíricos y realizar modificaciones sobre sus posiciones iniciales.
- d) Los esquemas cognoscitivos del sujeto aportan significados diferentes a los distintos tipos de significantes, ya que éstos no los poseen por sí mismos. Por lo tanto, las situaciones planteadas deben diseñarse para que se hagan intervenir procedimientos que activen sus supuestos esquemas, tales como manifestar incoherencia entre juicios verbales o icónicos emitidos en diversos momentos, operar con los datos, establecer relaciones entre ellos, hacer inferencias, dar explicaciones, pedir anticipaciones, etc. De esta manera se podría alcanzar el

significado y no limitarse a conocer los significantes, estos últimos pueden manifestar una evolución pobre comparada con la del significado que está enriqueciéndose continuamente.

## 3.2 HIPÓTESIS DE TRABAJO

Las hipótesis que deberán ser contrastadas en esta investigación están íntimamente relacionadas con los objetivos que se plantearan al principio de la investigación, pero están expresados en un plano empírico operativo. Las mismas se han agrupado en cuatro tipos:

1. Relacionadas con la metodología de investigación.
2. Fundamentadas en las investigaciones sobre la NCM.
3. Fundamentadas en el modelo cognoscitivo propuesto.
4. Fundamentadas en un modelo de adquisición de competencias.

### 3.2.1 Hipótesis relacionadas con los niveles explicativos y su eventual identificación

En este conjunto de hipótesis nos planteamos la posibilidad de utilizar la metodología seguida en Benarroch (1998b) para identificar los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años y de los universitarios antes y después de la intervención didáctica. Son las siguientes:

**H.1.** *Es posible identificar los niveles explicativos previos de los estudiantes de 12-13 años mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación de un cuestionario validado en investigaciones previas; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

**H.2.** *Es posible identificar los niveles explicativos previos de los estudiantes universitarios mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación de un cuestionario validado en investigaciones previas; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

**H.3.** *Tras una intervención didáctica relacionada con la NCM, es posible identificar los niveles explicativos posteriores de los estudiantes de 12-13 años mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación del mismo cuestionario utilizado en H.1 y H.2.; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

**H.4.** *Tras una intervención didáctica relacionada con la NCM, es posible identificar los niveles explicativos posteriores de los estudiantes universitarios mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación del mismo cuestionario utilizado en H.1 y H.2.; b) la elaboración de módulos categoriales a partir*



de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.

### **3.2.2 Hipótesis relacionadas con la evaluación del aprendizaje**

En el aprendizaje, conviene distinguir entre integrar (asimilar y acomodar), comprender (asimilar sin acomodar) y memorizar (sin asimilar ni acomodar). Pasar de comprender a integrar requiere la implicación afectiva del estudiante para insistir de forma reiterada sobre la información externa, superando las resistencias que ello implica. Desde una perspectiva constructivista, por coherencia teórica, deberíamos limitar el término de aprender a integrar, pues es la única forma de adquisición que implica realmente construcción cognitiva. Sin embargo, en términos cotidianos, aprender es cualquier forma de adquisición de conocimiento e incluye la memorización, comprensión e integración. Así también en términos cotidianos, el aprendizaje puede ser más o menos significativo, lo que puede verse como un continuo desde la memorización hasta la integración, pasando por la comprensión. Nuestro objetivo será distinguir entre el aprendizaje realmente significativo (integrado en los esquemas de conocimiento) del que puede haberse adquirido por otras vías (memorización o comprensión), aunque las hipótesis las planteamos de forma abierta para cubrir todas las posibilidades de adquisición de conocimiento. Estas son:

**H.5.** *La comparación de los resultados posteriores y anteriores a la intervención didáctica de los **estudiantes de 12-13 años** nos permite obtener información sobre el aprendizaje de estos estudiantes durante la misma.*

**H.6.** *La comparación de los resultados posteriores y anteriores a la intervención didáctica de los **universitarios** nos permite obtener información sobre el aprendizaje de estos estudiantes durante la misma.*

**H.7.** *Los resultados posteriores y anteriores a la intervención didáctica de los **estudiantes de 12-13 años** y de los **universitarios** nos permite obtener información comparativa sobre el aprendizaje de ambos grupos de estudiantes.*

### **3.2.3 Hipótesis relacionadas con el aprendizaje de contenidos y competencias**

**H.8.** *Aprender competencias es más difícil que aprender contenidos específicos.*

Esta hipótesis ha sido planteada en términos más operativos que la hipótesis 10, para controlar los presupuestos teóricos que hay detrás de las mismas. En esta, el único presupuesto teórico es que el aprendizaje de competencias implica construcción de niveles explicativos, mientras que el aprendizaje de contenidos implica progreso pero no construcción de las estructuras cognoscitivas. No implica la discriminación de esquemas y por tanto ningún modelo cognoscitivo asociado, a diferencia de la hipótesis 10.

### 3.2.4 Hipótesis fundamentadas en el modelo cognoscitivo propuesto

**H.9.** *Los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años y de los universitarios son diferentes porque los primeros tienen barreras y limitaciones de índole general operatoria que no poseen los últimos.*

**H.10.** *Es posible explicar las diferencias entre aprendizaje de competencias frente al aprendizaje de contenidos específicos utilizando como modelo cognoscitivo una estructura jerarquizada de esquemas de conocimiento.*

## 3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Con esta investigación se pretende obtener información sobre la situación de los alumnos respecto a sus niveles explicativos y a las competencias que utilizan ante las situaciones planteadas, como así también interpretar la información en función del modelo cognitivo, interrelacionando coherentemente los esquemas de conocimiento específicos del estudiante y los esquemas operacionales. Es por ello que este trabajo exige una metodología con grandes exigencias en la toma y categorización de los datos. En esta investigación se trabajó con dos grupos de alumnos que constituían un total de sesenta y un estudiantes. La recogida de información para cada grupo se hizo en tres instancias (aplicación de un cuestionario para la determinación de los niveles explicativos previos, aplicación de una estrategia didáctica y aplicación de un cuestionario para la determinación de los niveles explicativos posteriores), es decir, seis instancias en total, teniendo en cuenta que son dos grupos de alumnos. En cada una de ellas se plantearon tres tareas, constituidas por un conjunto de actividades en las que se incluyen, entre otras, debates y puesta en común con participación de pares y del docente, y realización de trabajo experimental, individual y grupal. La diversidad de actividades implementadas en la recogida de datos y la cantidad de alumnos determinó que la recogida de información quedara explicitada en pruebas escritas individuales.

### 3.3.1 Participantes

En la selección se tuvo en cuenta que las muestras implicaran los dos rangos de edades (niveles de enseñanza diferente) y de niveles evolutivos y que además fuesen lo suficientemente numerosas como para proporcionar variedad de respuestas sobre la fenomenología elegida.

Con el objeto de minimizar las múltiples interferencias que se dan en nuestra realidad estudiantil se eligieron los grupos de alumnos con particularidades socioeconómicas lo más próximas posibles y que además tuvieran las características estandarizadas en el contexto general de la población estudiantil. Teniendo en cuenta estos requisitos, los centros educativos seleccionados fueron la Escuela Francisco Laprida (alumnos de 12-13 años) y la Universidad Nacional de San Juan. Ambos son estatales, gratuitos, se encuentra en la capital de la provincia y a ellos asisten alumnos de diversa condición social y económica.

El grupo de estudiantes de secundario (GE) es de treinta y un alumnos que asisten a Primer Año de Nivel Secundario. Integran este grupo estudiantes de ambos sexos, con edades que oscilan entre 12 y 13 años, salvo un alumno de 15 años.

La muestra de estudiantes universitarios (GU) está constituida por treinta alumnos que iniciaban el Primer Año de las carreras Profesorado en Química y Profesorado en Física, quienes en este año de la carrera tienen cursado común de asignaturas. Los integrantes son de ambos sexos y sus edades están comprendidas, en general, entre 17 y 23 años, aunque tres alumnos superan este rango (27, 28 y 32 años).

### **3.3.2 Instrumento de recogida de datos**

Se seleccionó una prueba con tareas significativas y fiables para la determinación de los niveles explicativos de los estudiantes. La misma consta de tres tareas, tomadas de las cinco diseñadas por Benarroch (1998b), para alumnos de distintos niveles de edades y de estados cognoscitivos y por ello algunas podrían ser significativas para unos de ellos y no para otros. Este hecho es de interés relevante para esta investigación y la exigencia del criterio de significación planteado se alcanza sólo después del tratamiento de los resultados obtenidos. El cuestionario se muestra completo con el permiso de su autora en el Anexo 1.

Para conseguir respuestas que reflejen el conocimiento de los alumnos, se deben utilizar preguntas o problemas que, según la bibliografía sobre el tema, han resultado ser válidos para activar los esquemas de conocimiento de los estudiantes. En este sentido diferentes estudios empíricos y en particular los que se refieren a la NCM, mencionados en el marco teórico, confirman que las respuestas del sujeto son fuertemente dependientes de las tareas y situaciones particulares a las que se enfrenta. A su vez, cuando más regularidades se encuentren entre las respuestas respecto a distintos fenómenos y situaciones físicas, se va eliminando la influencia de la tarea y se puede ir aproximando a la estructura cognoscitiva del sujeto (Benarroch, 1998b).

El diseño de las tareas que se proponen a los alumnos debe brindar la posibilidad de determinar los factores que intervienen en ellas, tanto respecto a las variables como a los aspectos perceptivos de la situación y a los objetos que la integran. Estas tareas son diseñadas con el objeto de poner en evidencia los esquemas explicativos que los alumnos son capaces de desarrollar, mediante el análisis de las respuestas que presentan la característica de repetición, generalización y diferenciación. Además, se debe tener en cuenta que la tarea sea significativa, es decir, que en sus respuestas se aprecien elementos novedosos, distorsiones o ausencias notables con respecto a los datos perceptivos que se le presentan en la situación (Marín, 1994b; Benarroch, 1998b). Teniendo en cuenta este criterio se trata de eliminar aquellas respuestas que no dan indicios suficientes de los esquemas cognoscitivos ya que sólo son producto de transcripciones de los enunciados, respuestas de compromiso, etc.

Según lo expresa Benarroch (1998b), en el diseño de las preguntas del cuestionario se tuvo en cuenta:

**a) Situaciones físicas involucradas en las tareas**

Se han considerado los estudios sobre “atomismo” realizados por Piaget (Piaget e Inhelder, 1969) en los que se comprobaba que el desarrollo de las nociones atomísticas es paralelo al desarrollo de las nociones sobre conservación; que la “atribución” de composiciones aditivas es precoz si el material en transformación tiene una característica granular y más tardía si su aspecto es continuo y que la “atribución” de composiciones aditivas es precoz si el material en la transformación tiene posibilidades de manipulación temprana por los niños (sólidos y líquidos) y más tardía si dicha posibilidad de manipulación está limitada (gases). Es por ello que se dedujo que las nociones corpusculares se alcanzarían en primer lugar para sólidos con apariencia granular, a continuación para sólidos y líquidos con apariencia continua y finalmente para gases. Esta evolución podría ser favorecida por la actividad experimental y por los datos que se obtienen en cada tarea.

**b) Contrapruebas o perturbaciones diseñadas**

Según la teoría general de la equilibración estudiada por Piaget, las perturbaciones o contrapruebas provocan en el sujeto respuestas adaptativas o no adaptativas. Las primeras conducen a tres tipos de conductas que se manifiestan mediante la rigidez del esquema asimilador (alfa), adaptación del esquema asimilador (beta) o que la perturbación no sea tal, por anticipación del esquema asimilador a las transformaciones del sistema (gamma). Se ha considerado que las respuestas posteriores a la contraprueba dan una información más cercana y significativa de la cognición del sujeto que las anteriores, debido a que dan un panorama más procesual y dinámico, pues evalúan el grado de madurez de sus esquemas de conocimiento. Por ello es que se introdujeron tres contrapruebas: Agregado de soluto coloreado al agua produciendo una solución incolora (Tarea 1), comprobación empírica de la conservación del peso luego que se produce la disminución de volumen en la solución de agua y alcohol (Tarea 2) y observación experimental de la gran compresibilidad del aire frente a la del agua en una jeringa (Tarea 3). Sintetizando, a riesgo de ser reiterativos, las contrapruebas introducidas fueron:

- *Tarea 1:* Agregado de pequeña cantidad de soluto coloreado al agua produciendo una solución aparentemente incolora.
- *Tarea 2:* Comprobación empírica de la conservación del peso luego que se produce la disminución de volumen en la solución de agua y alcohol.
- *Tarea 3:* Comprobación empírica de la gran compresibilidad del aire frente a la del agua en una jeringa.

**c) Variabilidad de elementos perceptivos**

La percepción de ciertos elementos del sistema en transformación juega un papel importante en las respuestas del sujeto tanto desde la teoría piagetiana como del MCM. En esta investigación se ha puesto de manifiesto en cada tarea la variabilidad exclusiva de elementos perceptivos mediante los siguientes dualismos y efectos en las tareas: soluto granular / soluto continuo (colorante en polvo - colorante líquido) en la Tarea 1; alcohol y agua incoloros / alcohol y agua coloreados, en la Tarea 2 y gas incoloro / gas

coloreado en la Tarea 3. A modo de síntesis, la estrategia de variación contextual de variables irrelevantes del estudio, implicó la introducción de los siguientes dualismos y efectos:

- *Tarea 1:* Tras la disolución de un soluto granular (colorante en polvo), se realiza la de un soluto continuo (colorante líquido).
- *Tarea 2:* Tras la mezcla del alcohol y del agua, se realiza la del alcohol y agua coloreados.
- *Tarea 3:* Tras la experimentación del aire (gas incoloro), se “juega” con un gas coloreado, el dióxido de nitrógeno, introducido en una jeringa.

### 3.3.3 Diseño de enseñanza

#### *a) Consideraciones teóricas sobre propuestas en dominios específicos*

Cuando se organizan los contenidos a enseñar es necesario tener en cuenta el concepto de «continuidad» con respecto a la progresión y a la secuenciación de los mismos para que respondan a una planificación cuidadosa y adecuada, de tal modo que las ideas de los alumnos puedan progresar en la medida en que es deseable. La noción de *continuidad* aporta criterios para estructurar las ideas y las experiencias que se presentan a los alumnos, garantizando un aprendizaje donde no se presenten saltos o lagunas (Prieto-Ruiz, Blanco-López y Brero-Peinado, 2002).

En opinión de Millar, Gott, Lubben y Duggan (1993), en cualquier tarea de secuenciación de contenidos siempre están presentes, implícita o explícitamente, algunas ideas sobre cómo progresan los alumnos en su aprendizaje. Y precisamente atendiendo a la progresión y a la continuidad en la secuenciación de contenidos de la tarea es necesario ayudarlos a cubrir pequeñas etapas que les conduzcan a la adquisición de nuevas ideas. Al hablar de progresión en el aprendizaje se está haciendo referencia a lo que ocurre en las mentes de los estudiantes, es decir, a las sucesivas etapas en el desarrollo de sus estructuras cognitivas y en la superación de determinados obstáculos o dificultades en el aprendizaje por los que pasan en la evolución de sus ideas. Estas ideas progresan apoyadas en la capacidad operativa del pensamiento de los alumnos, pasando sucesivamente por etapas definidas y por la evolución de los modelos del mundo y de la realidad que ellos construyen. Prieto, Blanco y Brero (op cit) mencionan que en el aprendizaje sobre la naturaleza de la materia, “*los estudiantes se mueven a partir de una visión primitiva, en la cual las cosas materiales pueden aparecer y desaparecer ... y la superación de este modelo no resulta, ni mucho menos, un cambio trivial para ellos*” (p. 7), afirmación que dejaría en evidencia las dificultades en la interpretación de los fenómenos utilizando este modelo de materia.

El progreso de los alumnos no sólo se limita a su comprensión conceptual, sino que también se aplica al concepto de desarrollo de sus habilidades intelectuales, a la adquisición de competencias, a su capacidad para investigar o a su comprensión de la naturaleza de la ciencia, entre otros aspectos.

Antes de llegar al estadio del pensamiento formal el desarrollo del pensamiento lógico del niño atraviesa por etapas. Cuando se halla en el estadio del pensamiento concreto es

incapaz de transferir automáticamente las competencias que ha adquirido en un campo a otro campo de aplicación y en el estadio de las operaciones formales las competencias debieran de ser, en principio, independientes del ámbito en el que se han adquirido. En la práctica se observa que no siempre ocurre de esta manera ya que lo que se ha adquirido en un contexto suele no transferirse automáticamente a otros.

En opinión de Limón y Carretero (2007) cuando los individuos dominan gran parte de todas las habilidades cognitivas de las que disponen para resolver las diferentes tareas que se presentan a lo largo de su vida, han alcanzado el dominio de los esquemas operacionales formales. Según la teoría piagetiana, el estadio evolutivo que correspondería a las operaciones formales supone el despliegue de una serie de habilidades muy importantes para el aprendizaje de los contenidos escolares, tales como la adquisición del pensamiento hipotético-deductivo. Estos autores destacan la importancia del desarrollo de las habilidades de pensamiento y entre ellas señalan cuatro tipos: habilidades de razonamiento, habilidades de solución de problemas, estrategias de aprendizaje y habilidades metacognitivas, comentando que las habilidades metacognitivas serían las de más alto nivel cognitivo y, en general, las más difíciles de adquirir, pero quizá las más fáciles de transferir de un dominio a otro.

Monereo (2007) define las estrategias metacognitivas como un conjunto de mecanismos de autorregulación que el estudiante emplea activamente para *planificar* su actividad, *monitorizar* su acción a partir de los resultados intermedios que va obteniendo y *revisar* y *evaluar* la efectividad de las operaciones realizadas. En cierto modo se trataría de una transferencia del control que generalmente tiene el profesor sobre cuáles son los mejores procedimientos que pueden utilizarse para aprender un contenido y sobre las condiciones en que está indicada su utilización. La meta del desarrollo de todas estas habilidades sería lograr que el alumno aprenda cómo piensa y de qué manera puede mejorar y sacar el mejor rendimiento de sus habilidades intelectuales. Las habilidades de pensamiento suponen un avance importante frente a las habilidades generales propuestas por Piaget, puesto que las amplía y destaca las habilidades metacognitivas, lo que supone un nivel mayor de desarrollo cognitivo. Este tipo de habilidades podría alcanzarse en contextos que permitan ligarlas al conocimiento específico y en diferentes dominios de conocimiento. La dimensión activa de la metacognición se manifiesta en el uso de estrategias, siendo la autoevaluación una de ellas. La autoevaluación, como valoración del grado actual de comprensión de un tema, se continúa con el autocuestionamiento para comprobar en qué medida se domina el mismo y con el reconocimiento de las probables dificultades con las que se encontrará, por ejemplo, en un examen (Campanario y Otero, 2000).

Quienes centran la investigación en la progresión en dominios específicos de conocimientos hacen hincapié en la idea de que el contexto de los conocimientos específicos influye de manera determinante en el aprendizaje. Los resultados obtenidos sobre sujetos expertos y novatos en una determinada materia parecen indicar la existencia de habilidades específicas de dominio que deberían ser adquiridas para lograr la comprensión y el aprendizaje de cada materia.

Para Prieto, Blanco y Brero (op cit), la expresión *dominio específico* se refiere a una parcela de conocimientos que guardan una estrecha relación entre sí, poseen un sentido propio en la ciencia escolar y son trabajados como una unidad. En opinión de Pozo y Carretero (2007) se puede razonar formalmente con respecto a un tema pero no con

respecto a otro, dependiendo del contenido de la tarea y de las expectativas e ideas previas que el alumno tenga sobre cada tema. Estos autores destacan que la influencia del contenido en el pensamiento formal tiene especial importancia con respecto al análisis psicológico de los aprendizajes escolares. Afirman, además, que para que el alumno domine esas áreas de conocimiento es necesario que se favorezca el uso del pensamiento formal en dominios específicos y también que posean conocimientos sobre ellas.

Al respecto Aramburu Oyarbide (2004) opina que:

- el nivel del pensamiento formal no es universal, ni siquiera entre los alumnos universitarios;
- los esquemas del nivel formal no se adquieren todos al mismo tiempo;
- en la resolución de tareas formales, aparte de la estructura lógica de la tarea, es relevante su contenido y
- la comprensión del contenido está condicionada por la existencia de las concepciones previas del alumno.

Benarroch y Marín (2006) afirman que si el profesor conoce los sucesivos niveles explicativos de sus alumnos, sobre un contenido específico, puede planificar la enseñanza atendiendo a la diversidad cognitiva y logrará mejoras en los aprendizajes.

Las acciones del docente en el aula deben orientarse a enriquecer y perfeccionar progresivamente el conocimiento inicial que los alumnos poseen, incorporando elementos provenientes de concepciones científicas sobre la realidad y el modo de aproximarse a ella.

### ***b) Fundamentos de la propuesta***

La propuesta integra las consideraciones anteriormente expuestas e implica la combinación de puntos de referencia tenidos en cuenta de estudios empíricos sobre las concepciones de los alumnos y de elaboraciones teóricas referidas a los contenidos incluidos en ella. Se basa principalmente en la idea de que en la medida en que los alumnos realicen las actividades puedan enriquecer y perfeccionar progresivamente el conocimiento inicial que poseen. Se parte de una concepción de didáctica de las Ciencias Naturales relacionada con el desarrollo de una ciencia escolar que elabora sus propios modelos, para enseñar intentando que el alumno pueda percibir y apropiarse de formas de representación, de modelos y de estrategias cognitivas. El objetivo que subyace en el conjunto de actividades es que los estudiantes modifiquen sus modelos alternativos de la estructura de la materia y se aproximen al modelo cinético corpuscular de la misma.

Se parte de las propiedades observables de la materia para luego introducirlos gradualmente a la estructura y propiedades en los distintos estados y posteriormente a la justificación de los cambios que pueden producirse en ella y explicación de fenómenos. La planificación de la línea seguida en la secuencia de actividades se basa en el grado de aproximación que los alumnos pueden tener, tanto en su relación con el entorno como en el ámbito de la enseñanza formal, con los fenómenos naturales. El hecho de presentar

estos contenidos en relación a situaciones de la vida cotidiana contribuye a la afloración de las ideas previas acerca de la temática en cuestión y a facilitar su explicitación.

Las actividades incluyen una dinámica de trabajo caracterizada por interacciones que favorezcan los procesos de movilización y transformación de los contenidos. Sobre esta interacción se asienta la posibilidad de que puedan apropiarse efectivamente de esos conocimientos. En su desarrollo, los alumnos pueden interactuar consigo mismos (reflexionando), con sus compañeros, con el docente o con distintas fuentes de información como libros, documentos, experimentos, etc. El aprendizaje se favorece por la diversidad de actividades que se ofrecen y se gradúan según su dificultad.

La presentación de una imagen responde a que ésta es un instrumento de comunicación abierto o ambiguo y su interpretación es idiosincrásica, ya que es el observador quien la dota de significados al intervenir en la comprensión de la información que le aporta (Aguilar, Matutano y Núñez, 2008).

Se han incluido actividades experimentales teniendo en cuenta que para que los alumnos puedan empezar a elaborar un modelo, es preciso que tengan algún tipo de experiencia con el objeto a modelar. Tales experiencias pueden ser propuestas por el docente y también por los alumnos en el momento de realizar las actividades. Estas últimas tienen como objeto justificar sus ideas previamente existentes, constituidas por los propios conceptos y por las relaciones que existen entre éstos y que ya forman parte de la estructura cognitiva de los estudiantes.

También se incluye una actividad en la que deben modelizar un objeto con el que pueden manipular sin verlo. La idea que subyace es que vayan incorporando elementos provenientes de concepciones científicas sobre la realidad y el modo de aproximarse a ella, de manera tal que se apropien de formas de ver, de procedimientos y actitudes característicos del conocimiento científico.

Es frecuente que se realicen actividades de puesta en común con los compañeros ya que se considera que la discusión es una técnica que pone de manifiesto los puntos de vista de los participantes y la capacidad de asimilar modificaciones en las concepciones propias, además, los aportes de los pares pueden favorecer los aprendizajes. En otras actividades interviene el docente debido a que es necesaria su participación en la concreción de conceptos a los que los alumnos no podrían llegar por falta de requisitos previos. El trabajo en grupos estimula el intercambio de ideas y experiencias entre pares y contribuye en los aprendizajes individuales, por esta razón se proponen actividades que favorezcan tanto la instancia de aprendizaje interpersonal (actividades grupales) como la intrapersonal (actividades individuales) (ley de la doble formación de Vigotsky). Respecto al trabajo grupal, Fumagalli (1993) afirma que cuando los alumnos tienen en cuenta la opinión de sus compañeros, los escuchan, dan su propia opinión y la revisan en función de los argumentos dados por otros, se está aportando a la resolución de tareas.

Se trabaja con analogías teniendo en cuenta que el análogo elegido sea bien conocido por el alumno, al menos en aquellas facetas que se pretende utilizar con vistas a ilustrar el objeto. Este tipo de actividad va acompañada por el estudio de las semejanzas existente entre el objeto y el análogo, a través del trazado de relaciones entre los elementos de uno y otro. De esta forma se acerca el modelo científico al modo de



pensamiento de los alumnos. También se pretende que establezcan las diferencias para que se evidencien las limitaciones de la analogía, con el objeto de validarla y esclarecer las características del modelo.

La inclusión de estrategias metacognitivas o de autoevaluación puede ayudar a los estudiantes a detectar dificultades de comprensión. Sin duda, el reconocimiento de las dificultades de comprensión se favorece cuando se refiere a la interpretación de hechos contextualizados. Lo que se pretende es que los alumnos, en la medida de sus posibilidades, adquieran prácticas metacognitivas comprendiendo su propia versión acerca de la naturaleza de su conocimiento y sobre el proceso de aprendizaje. Por ello se revisan las ideas individuales para que, a partir de una puesta en común de dichas representaciones y la guía del docente, detecten errores presentes en ideas persistentes y tomen conciencia de procesos de pensamiento insuficientes.

### ***c) Objetivos de la propuesta***

- 1.1. Enriquecer y perfeccionar progresivamente el conocimiento inicial de los estudiantes, sobre el Modelo Corpuscular de la Materia, incorporando elementos provenientes de concepciones científicas.  
Lo que se pretende es que los alumnos:
  - Posean una visión explicativa de la materia basada en un nivel microscópico o molecular.
  - Conozcan y comprendan los postulados básicos del modelo.
  - Interpreten, según la teoría cinético molecular, las propiedades de las sustancias en diferentes estados de agregación y en el proceso de disolución.
  - Predigan fenómenos y propiedades empleando el modelo.
  
- 1.2. Ofrecer diversidad de actividades que se gradúen según las dificultades y que incluyan distintos tipos de interacciones, de manera tal que se favorezcan los procesos de movilización y transformación de los contenidos.  
Se espera que las actividades pongan en evidencia:
  - Las representaciones cognitivas de los estudiantes.
  - La evolución de los modelos iniciales.
  - La posibilidad de autoevaluación mediante un proceso metacognitivo de sus propios modelos conceptuales.
  - La capacidad de establecer analogías entre modelos alternativos conocidos por los alumnos y los modelos científicos.
  
- 1.3. Que los alumnos logren apropiarse de formas de ver, de procedimientos y actitudes característicos del conocimiento científico.

### ***d) Descripción de la propuesta***

La propuesta es una secuencia de actividades (ver en el Anexo 2) que consta de tres tareas:

- Tarea 1: Propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases.
- Tarea 2: Modelo cinético corpuscular para gases.

- Tarea 3: Modelo cinético corpuscular para líquidos y sólidos.

### TAREA 1: PROPIEDADES MACROSCÓPICAS DE SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES.

Con esta tarea se espera que los alumnos pongan en evidencia sus concepciones macroscópicas de los estados de la materia, aproximen sus concepciones a las científicas y evalúen las modificaciones que en ellas puedan registrarse.

**Actividad 1:** Se ha incluido una imagen en la que se muestra un ambiente natural y se solicita la enumeración de materiales que allí se encuentran, nombrando la mayor cantidad de sustancias posibles. La finalidad de su inclusión es vincular el estudio de la materia con la naturaleza, indagar si los alumnos son capaces de determinar la materia que constituye los objetos y comprobar si consideran al aire como materia.

**Actividad 2:** Confección de un listado de diez materiales, seleccionados entre los aportes de todos los compañeros. La selección se hace en común para obtener mayor variedad y es guiada por el docente con el objeto de que se incluyan materiales en los tres estados.

**Actividad 3:** Clasificación de los materiales según el estado en que se encuentran. Deben completar una tabla en la que se consigna el material y el estado en que se encuentra en la imagen, con el objeto de introducirlos en las características macroscópicas de cada estado.

**Actividad 4:** Características de cada estado de la materia. Se espera que los estudiantes pongan de manifiesto las propiedades que los llevaron a hacer la clasificación.

**Actividad 5:** Discusión con los compañeros de las características consignadas.

**Actividad 6:** Si hubo modificación a la respuesta de la actividad 4 deben manifestar el motivo. Las actividades 5 y 6 contribuyen a reafirmar o modificar sus ideas además de reflexionar sobre ellas.

**Actividad 7:** Se presenta una tabla en la que están consignados los tres estados de la materia y deben marcar las propiedades que consideren corresponden a cada uno (peso, volumen y forma propia o del recipiente). Esta actividad se planteó para identificar las concepciones macroscópicas que poseen los alumnos sobre los tres estados de la materia.

**Actividad 8:** Esta actividad consta de cuatro partes.

- En la primera parte se solicitan propuestas de experiencias que verifiquen las propiedades expresadas en la actividad anterior y a continuación se realizan las experiencias.
- En la segunda parte se discuten los resultados con los compañeros.
- La tercera parte consiste en una autoevaluación de las respuestas manifestadas en la actividad 7 y la justificación de las modificaciones en caso que las hubiera.
- Como culminación de la actividad se solicita que enuncien las propiedades comunes a los tres estados de la materia.

## TAREA 2: MODELO CINÉTICO CORPUSCULAR PARA GASES.

Se considera que al iniciar esta tarea los alumnos tienen una visión científica de las propiedades macroscópicas de la materia y están en condiciones de iniciarse en la estructura molecular. Se pretende realizar una profundización en el Modelo Corpuscular mediante actividades de síntesis de conclusiones y el planteamiento de actividades destinadas a introducir cambios sobre aquellas concepciones alternativas que se pudieran detectar al principio. Se espera que las ideas iniciales se vayan superando a medida que los alumnos vayan disponiendo en su estructura de conocimientos, de un modelo coherente en el cual enmarcarlas.

**Actividad 1:** Consiste en la experiencia de la caja negra. El objetivo de esta actividad es introducir a los alumnos en la metodología científica y poner en evidencia que la construcción de modelos en la ciencia surge, frecuentemente, de observaciones indirectas, motivo por el cual los modelos dependen de las interpretaciones de sus creadores. Es importante que esta idea quede clara en los estudiantes ya que justamente lo que se pretende enseñar es un modelo que no puede ser observado directamente.

**Actividad 2:** Se muestra una figura con dos matraces conectados cada uno de ellos con una jeringa, en un caso con el émbolo presionado y en el otro retraído. Se les aclara que están herméticamente tapados y con aire en su interior. Se les pregunta qué parte del matraz se queda sin aire si se retrae el émbolo de la jeringa, se pide justificación de la respuesta y que dibujen el aire contenido en el matraz antes y después de la succión. Lo que se pretende es que muestren el modelo de materia que poseen al justificar y representar la disminución de volumen en el matraz.

En las tres actividades siguientes los alumnos elaboran las respuestas en forma individual y a continuación son comentadas en clase para llegar a una explicación en común, con ayuda del profesor en caso de ser necesario, para orientarlos hacia la propiedad que se pretende que identifiquen en cada caso.

**Actividad 3:** Se trabaja con una jeringa en la que se obstruye la salida de aire y se empuja el émbolo. El objetivo es evidenciar la idea de movimiento de las moléculas y de vacío.

**Actividad 4:** Se les pregunta hasta dónde puede presionarse el émbolo y qué observen lo que ocurre cuando se deja libre. Esta actividad se ha incluido para llegar a la idea de las interacciones moleculares.

**Actividad 5:** Se muestra un dibujo de un matraz en el que se han representado las moléculas con pequeñas esferas y se les pregunta por qué no caen las partículas al fondo del recipiente. Con esta actividad se pretende que integren el modelo cinético corpuscular en sus explicaciones.

### TAREA 3: MODELO CINÉTICO CORPUSCULAR PARA LÍQUIDOS Y SÓLIDOS

En esta tarea se pretende la transferencia de los conocimientos adquiridos en el estado gaseoso para el abordaje de los estados sólido y líquido.

**Actividad 1:** Se solicita que completen una tabla en la que deben expresar las diferencias y las semejanzas del estado gaseoso con los estados líquido y sólido, para indagar la concepción sobre la estructura de la materia en sus tres estados que tienen a esta altura de la aplicación de la propuesta. Además se pretende que por comparación con el estado gaseoso puedan formarse una idea de los estados líquido y sólido.

Es importante hacer ver que el aspecto continuo de un sistema no tiene por qué responder a su estructura interna. Por ello se realizó una actividad extra utilizando una analogía. La misma consistió en la observación, a diferentes distancias, de un vaso de precipitado en cuyo interior había bolitas de plástico.

**Actividad 2:** Se plantea la disolución de dos volúmenes de líquidos (agua y alcohol) y se les pregunta si el volumen final será la suma de ambos. Una vez elaborada la respuesta se realiza la experiencia y deben justificar las observaciones. La selección de esta actividad se hizo con el objeto de hacer aflorar las concepciones sobre las interacciones moleculares entre líquidos diferentes.

En las cuatro actividades siguientes las respuestas se formulan primero individualmente y luego se discuten con los compañeros y si es necesario interviene el profesor para guiarlos hacia la explicación científica de los fenómenos planteados. Esta metodología responde a que se supone que los alumnos necesitarían disponer de una referencia que diera sentido al contenido objeto de estudio, así como también explicitar las ideas previas que mantenían al respecto.

**Actividad 3:** Se trabaja con una jeringa con el extremo obstruido y llena con agua para mostrar la incompresibilidad de los líquidos. Los alumnos deben justificar lo observado basándose en las interacciones moleculares y la idea de vacío.

**Actividad 4:** En esta actividad se indaga si los estudiantes asumen la dilatación y contracción de los líquidos por la variación de la temperatura. Se realiza la experiencia y se solicita la justificación de las observaciones a las que deberían llegar basándose en el efecto de la temperatura sobre la velocidad de las moléculas.

Para realizar una transferencia de los contenidos científicos al ámbito cotidiano de los estudiantes se les pide que expliquen el funcionamiento de los termómetros de mercurio y que comparen la dilatación del líquido contenido en ellos con la dilatación de los gases. Como cierre de esta actividad deben hacer un dibujo de la estructura de la materia en estado líquido.

**Actividad 5:** Se trata del estado sólido y se basa en la justificación de la incompresibilidad de los sólidos para llegar a las ideas de movimiento, interacciones moleculares y vacío. Se les solicita, además, que dibujen la estructura de la materia en estado sólido.

**Actividad 6:** Se basa en la disolución de sólido en líquido. Se indaga la idea que tienen los alumnos respecto a si el volumen de la solución es igual a la suma de los volúmenes iniciales y luego de realizar la experiencia se solicita la explicación de las

observaciones. A continuación se presenta una analogía para que los alumnos interpreten las observaciones sobre el proceso de disolución y puedan elaborar una respuesta en común. Se ha considerado que la analogía puede tener también una función relevante en el proceso de cambio o evolución conceptual y podría ayudar a producir otros más sustanciales en el razonamiento de los alumnos.

**Actividad 7:** consiste en una autoevaluación que permita al estudiante explicitar y valorar sus representaciones acerca de los contenidos incluidos en la tarea.

En las distintas tareas se incluye la resolución de preguntas de la vida cotidiana que son propuestas por el docente al finalizar las actividades.

A continuación se detallan las fases, propósitos y métodos de la propuesta y las fases, actividades y desarrollo esquemático de cada Tarea.

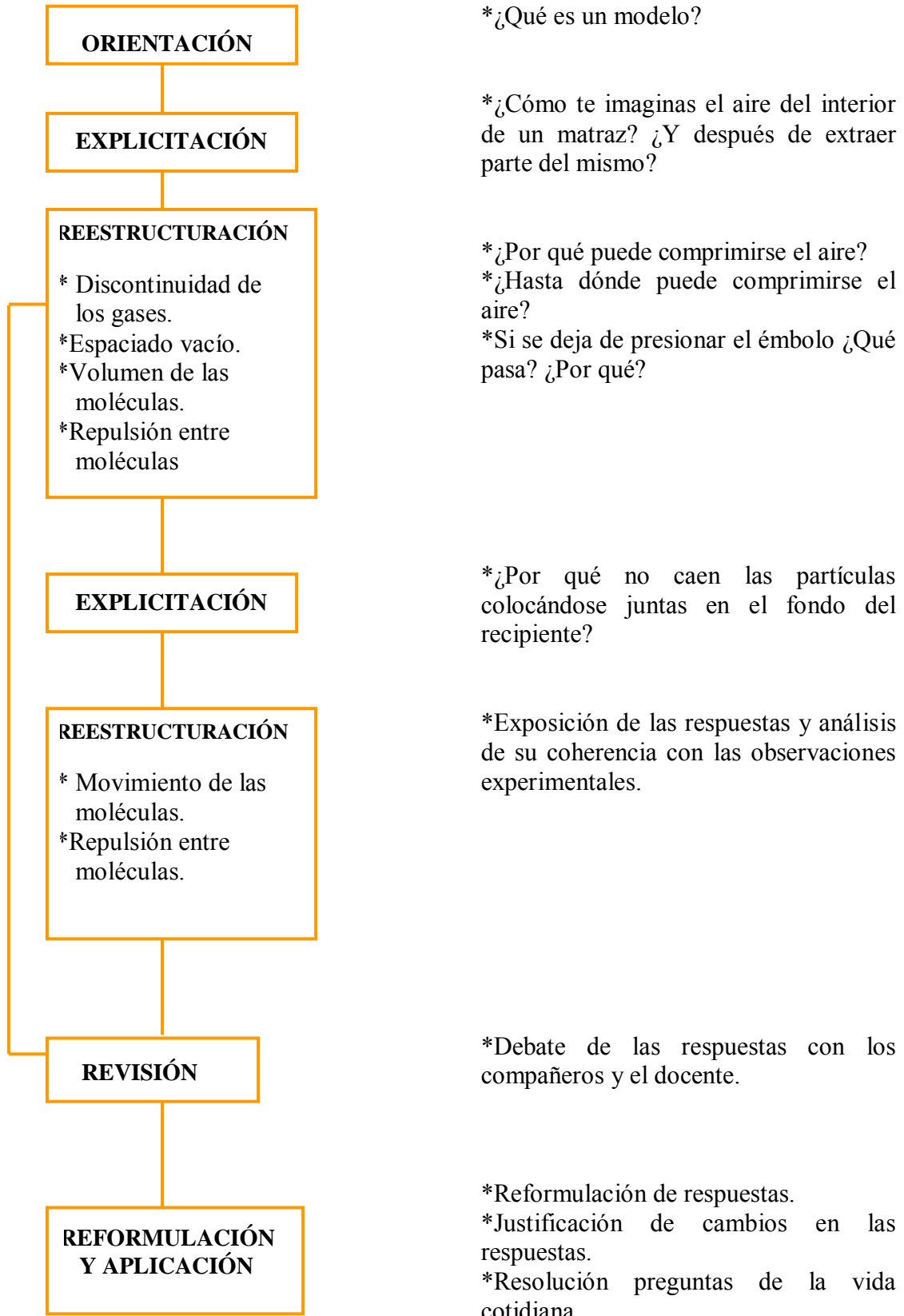
**SECUENCIA DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE CONSTRUCTIVISTA**

<b><u>FASE</u></b>	<b><u>PROPÓSITO</u></b>	<b><u>MÉTODO</u></b>
<b>ORIENTACIÓN</b>	Incrementar el interés y crear el ambiente	Actividades prácticas, verdaderos problemas a resolver, demostraciones del profesor.
<b>EXPLICITACIÓN</b>	Hacer que los alumnos y los profesores tengan en cuenta las ideas previas	Actividades prácticas o pequeños grupos de discusión seguidos de puesta en común.
<b>REESTRUCTURACIÓN</b>	<p>Enseñar un punto de vista alternativo-el científico-para:</p> <p>a) Modificar b) Ampliar c) Sustituir por una perspectiva más científica</p> <p>Reconocer las ideas de los demás y examinar las propias</p> <p>Comprobar la validez de las ideas existentes</p> <p>Modificar, ampliar o sustituir las ideas ya existentes</p> <p>Comprobar la validez de las ideas nuevas</p>	<p>Pequeños grupos de discusión. Puesta en común.</p> <p>Demostración del profesor, realización de experimentos.</p> <p>Discusión, introducciones del profesor.</p> <p>Trabajos prácticos, experimentación, demostración del profesor.</p>
<b>APLICACIÓN</b>	Reforzar las nuevas ideas para que puedan ser utilizadas tanto en situaciones nuevas como ya conocidas	Apuntes personales, actividades prácticas, resolución de problemas
<b>REVISIÓN</b>	Concienciar a los alumnos del cambio de ideas y familiarizarlos con el proceso de aprendizaje	Apuntes personales, discusión en grupo, trabajo de repaso.

**TAREA 1: Propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases**

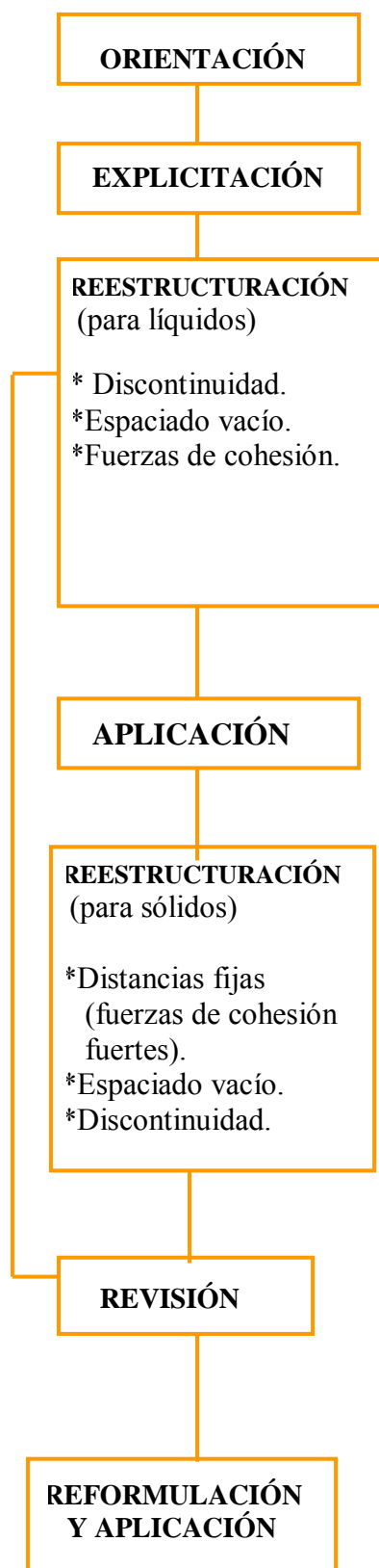
<u>FASE</u>	<u>ACTIVIDAD</u>
<b>ORIENTACIÓN</b>	*¿Cómo podemos clasificar los materiales de la imagen de la guía?
<b>EXPLICITACIÓN</b>	* ¿Cuáles son las características de los sólidos? ¿Y de los líquidos? ¿Cómo son los gases?
<b>REESTRUCTURACIÓN</b> *Los sólidos, líquidos y gases pesan (balanza) * Los sólidos y líquidos tienen volumen propio (probetas, pipetas...) * Los líquidos y gases no tienen forma propia * Todos los gases no son como el aire	*¿Los sólidos, los líquidos y los gases tienen masa/peso?  * ¿Los sólidos, los líquidos y los gases ocupan lugar en el espacio?  * ¿Los sólidos, los líquidos y los gases tienen forma propia?  * Trabajo práctico: Experiencias para observar las propiedades macroscópicas de la materia.
<b>APLICACIÓN</b>	*Trabajos prácticos: Experiencias (levantamiento de cuerpos con líquidos y gases, medida de la capacidad pulmonar, etc.).
<b>REVISIÓN</b>	*¿Cuáles son las propiedades generales de la materia? ¿Cuáles son las peculiaridades de sólidos, líquidos y gases?

**TAREA 2: Un modelo cinético corpuscular para los gases**





**TAREA 3: Modelo cinético corpuscular para líquidos y sólidos**



¿Piensas que los líquidos y los sólidos tienen las mismas características y comportamiento de los gases?

Completa la tabla con las diferencias y semejanzas.

- \*Si mezclas dos volúmenes de líquidos (agua y alcohol), ¿es el volumen total la suma de los volúmenes iniciales? (Realización de experiencia).
- \*¿Podemos comprimir el agua? (Realización de experiencia).
- \*¿Consideras que los líquidos se dilatan cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían?

¿Cómo funciona el termómetro de mercurio?

- \*¿Piensas que los sólidos pueden comprimirse?
- \*Si disolvemos un sólido en un líquido, ¿es el volumen total la suma de los volúmenes iniciales? (Realización de experiencia).
- \*Observa la preparación de una mezcla de bolitas y arena y comenta si encuentras alguna relación con la experiencia anterior.

- \*Debate de las respuestas con los compañeros y el docente.
- \*Representación molecular del estado de la materia.

- \*Reformulación de respuestas.
- \*Justificación de cambios en las respuestas.
- \*Resolución preguntas de la vida cotidiana.

## **DESARROLLO ESQUEMÁTICO DE LA TAREA 1: Propiedades macroscópicas de sólidos, líquidos y gases.**

### **A) ORIENTACIÓN**

- Charla e intercambio de ideas guiadas por el profesor sobre la necesidad del científico de “poner orden” (clasificando, por ejemplo) en la gran diversidad de materiales que nos rodean.
- Observación de una imagen de un ambiente natural y solicitud de un listado de materiales allí presentes, abarcando la mayor cantidad de sustancias.
- Confección de listado común con los aportes de toda la clase.
- Clasificación de los materiales en sólidos, líquidos y gases.

### **B) EXPLICITACIÓN DE IDEAS**

- Especificación de las características tenidas en cuenta para la clasificación. (Actividad individual)
- Discusión plenaria de las características.
- Modificación de respuestas y justificación.

### **C) REESTRUCTURACIÓN DE IDEAS**

- a) Especificación de las propiedades de los estados de la materia.
- b) Experiencias prácticas de los alumnos: ¿Los sólidos líquidos y gases pesan?
  - Solicitud a los alumnos del diseño de experiencias para medir masas.
  - Realización y extracción de conclusiones.
  - Discusión de ideas.
- c) Experiencias prácticas de los alumnos: ¿Los sólidos líquidos y gases ocupan lugar en el espacio?
  - Solicitud a los alumnos del diseño de experiencias para medir volumen.
  - Realización y extracción de conclusiones.
  - Discusión de ideas.
- d) Experiencias prácticas de los alumnos: ¿Los sólidos líquidos y gases tiene forma propia?
  - Solicitud a los alumnos del diseño de experiencias para demostrar la forma.
  - Realización y extracción de conclusiones.
  - Discusión de ideas.

### **D) APLICACIÓN**

- Discusión plenaria de las propiedades.

### **E) REVISIÓN DE IDEAS**

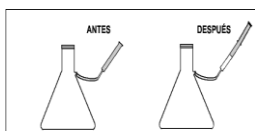
- Modificación de respuestas y justificación.
- Enunciado de las propiedades de la materia.

## DESARROLLO ESQUEMÁTICO DE LA TAREA 2: Un modelo cinético corpuscular para los gases

### A) ORIENTACIÓN

- Solicitud a los alumnos de determinar qué objeto hay en una “caja negra” (caja que no se puede abrir).
- Explicación del sentido que tienen los modelos para la Ciencia.
- Comentario sobre la posibilidad de imaginar muchos modelos y las características de validez de cada uno.
- Comentario sobre la similitud con los modelos de materia.

### B) EXPLICITACIÓN DE IDEAS (sobre la naturaleza continua/discontinua del aire)



- a) Presentación de los elementos de la figura (Demostración de cómo actúa la jeringa al succionar, por ejemplo, los dedos de la mano)
- b) Pregunta clave: ¿Qué parte del matraz se queda sin aire? Solicitud a los alumnos a imaginar cómo se vería el aire y que lo dibujen antes y después de la succión
- c) Discusión de pros y contra en pequeños grupos y puesta en común.

### C) REESTRUCTURACIÓN DE IDEAS

- a) \*Pregunta clave: ¿Qué hace que el aire sea compresible? (Demostración con jeringa).
  - \*Discusión de las respuestas.
  - \*Formulación de respuestas en común, con la intervención del docente (si ello no hubiera surgido ya) sobre la posibilidad de una descripción basada en partículas indeformables, indivisibles y de masa invariante, con vacío entre las mismas.
- b) Experiencia práctica: ¿Hasta dónde se puede comprimir el aire?
  - Realización de la experiencia y extracción de conclusiones.
  - Discusión de ideas.
- c) Experiencias prácticas de los alumnos: \*Pregunta clave: Si se deja de presionar el émbolo ¿Qué pasará? ¿Por qué?
  - \*Discusión de las respuestas.
  - \*Formulación de respuestas en común, con la intervención del docente (si ello no hubiera surgido ya) sobre algunos aspectos no explicados por el modelo estático-corporcular respecto a las fuerzas de interacción entre las moléculas.

**D) EXPLICITACIÓN DE IDEAS (sobre el movimiento de las partículas)**

- a) Presentación de un dibujo con las partículas de aire representadas mediante círculos y distribuidas de forma uniforme en un erlenmeyer.
- b) Pregunta clave: ¿Por qué no caen las partículas colocándose juntas en el fondo del recipiente? Respuestas individuales.

**E) REESTRUCTURACIÓN DE IDEAS**

- Comentario de las respuestas. en pequeños grupos y puesta en común.

**F) REVISIÓN DE IDEAS**

- Revisión de las respuestas a la vista de las nuevas ideas.

**G) APLICACIÓN**

- Reformulación de respuestas.
- Justificación de cambios en las respuestas.
- Resolución de preguntas de la vida cotidiana:
  - ¿Qué provoca el desplazamiento del olor?
  - ¿Por qué la presión de los neumáticos de un coche aumenta durante un viaje?
  - ¿Por qué no sentimos la presión del aire? ¿Qué ocurre al subir o bajar una cuesta?
  - ¿Podrá ablandarse una pelota de fútbol durante la noche?
  - ¿Cómo funciona una escopeta de aire comprimido?
  - ¿Qué le pasaría a una lata de aceite vacía si le sacamos el aire que tiene adentro?
  - Si se calienta una olla “a presión” sin válvula de escape, explota, ¿por qué?
  - ¿Cómo funcionan los globos aerostáticos?

## **DESARROLLO ESQUEMÁTICO DE LA TAREA 3: Modelo cinético corpuscular para líquidos y sólidos**

### **A) ORIENTACIÓN**

- Planteo de la siguiente pregunta: ¿Piensas que los líquidos y los sólidos tienen las mismas características y comportamiento de los gases?

### **B) EXPLICITACIÓN DE IDEAS**

- Delimitación de diferencias y semejanzas completando tabla.

### **C) REESTRUCTURACIÓN DE IDEAS (sobre la naturaleza de los líquidos)**

- a) \*Pregunta clave: Si mezclas dos volúmenes de líquidos (agua y alcohol), ¿es el volumen total la suma de los volúmenes iniciales?

\*Explicitación de ideas.

\*Realización de la experiencia.

Discusión e interpretación de hechos.

- b) \*Pregunta clave: Si llenas una jeringa con agua, desalojas el aire que pueda haber quedado dentro y obstruyes la salida, ¿puedes empujar el émbolo? ¿por qué?

\*Discusión, con intervención del docente para proponer la existencia de fuerzas de cohesión entre las partículas para explicar el volumen constante.

- c) \*Pregunta clave: ¿Consideras que los líquidos se dilatan cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían?

\*Realización de experiencia.

- Debate de las respuestas con los compañeros y el docente.
- Reformulación de respuestas.
- Justificación de cambios en las respuestas

### **D) APLICACIÓN**

- Respuesta a la pregunta: ¿Cómo funciona el termómetro de mercurio?
- Discusión plenaria con intervención del docente.
- Representación en dibujo de la estructura de los líquidos.

### **E) REESTRUCTURACIÓN DE IDEAS (sobre la naturaleza de los sólidos)**

- a) \*Pregunta clave: ¿Piensas que los sólidos pueden comprimirse? ¿Por qué?

\*Discusión plenaria con intervención del docente.

\*Representación en dibujo de la estructura de los sólidos.

- b) \*Pregunta clave: Si disolvemos un sólido en un líquido, ¿es el volumen total la suma de los volúmenes iniciales? ¿Por qué?

\*Realización de la experiencia.

- c) \*Observación de la preparación de una mezcla de bolitas y arena (analogía).  
\*Comentario de diferencias y semejanzas con la disolución de sólido en líquido.

**F) REVISIÓN DE IDEAS**

- Debate de las respuestas con los compañeros y el docente.

**G) REFORMULACIÓN Y APLICACIÓN**

- Reformulación de respuestas.
- Justificación de cambios en las respuestas.
- Representación gráfica de los tres estados de la materia.
- Resolución de preguntas de la vida cotidiana:
  - ¿Cómo se puede destapar un frasco de dulce cuya tapa está fuertemente enroscada?
  - Sacamos del congelador una botella con leche, parcialmente llena. Al cabo de 10 minutos más o menos, la tapa de la botella salta repentinamente, ¿a qué se debe?
  - ¿Por qué las vías del ferrocarril tienen pequeñas separaciones a lo largo de los rieles?
  - ¿Cómo podríamos hacer para que una bola metálica que encaja perfectamente en una arandela, pasara por ella?
  - ¿Por qué los hornos eléctricos hacen pequeños ruidos cuando se enfrían?
  - ¿Por qué se puede romper una botella de vidrio cuando se vierte agua caliente dentro de ella?
  - Un trozo de azúcar parece “desaparecer” cuando se introduce en agua, sin embargo, el agua se endulza. ¿Por qué?

### **3.3.4 Aplicación de la prueba seleccionada en instancia de pretest**

La aplicación de la prueba se realizó con metodología semejante en los dos grupos, antes de que se enseñaran los contenidos curriculares referidos a estructura de la materia. Cada actividad fue leída por el docente quien aclaró las dudas referidas a la interpretación de consignas y llegado el momento realizó las experiencias de laboratorio. Se les proporcionó, a ambos grupos, el material y reactivos necesarios para realizar las experiencias.

Dado que no se pudo contar con el laboratorio para trabajar con los alumnos de Nivel Secundario, se decidió realizar las experiencias, con ambos grupos (secundario y universitario) en el aula con el objeto de minimizar interferencias debidas a diferencias en el ámbito de aplicación. Los alumnos respondieron las actividades de la guía en forma escrita e individual, expresando sus anticipaciones y modificando sus respuestas, en caso de ser necesario, luego de las instancias de interacción con sus compañeros y docente.

### **3.3.5 Aplicación de propuesta de enseñanza**

La aplicación de la propuesta de enseñanza se realizó en cuatro jornadas con cada grupo de alumnos. Se leyeron las consignas en forma conjunta y se dio tiempo suficiente para que todos los alumnos terminaran cada actividad antes de pasar a la siguiente. Al finalizar cada una de ellas los alumnos entregaron las guías de actividades al docente.

La Tarea 1 se desarrolló en dos jornadas. En la primera se realizó hasta la actividad 7 y de la 8 se llegó hasta las propuestas de las experiencias. Se planificó de esta forma para que antes de que los alumnos hicieran las experiencias el docente las revisara y determinara la factibilidad de ser realizadas con el material que se contaba, si era necesario plantear alguna modificación y verificar si habían repeticiones en las propuestas. En la segunda jornada se llevaron a cabo las actividades experimentales, se discutieron los resultados y a continuación los estudiantes revisaron sus respuestas anteriores, justificando las modificaciones, en caso de que las hubiera.

Las Tareas 2 y 3 se realizaron en una jornada cada una. Conviene aclarar que cada jornada consta de un tiempo de dos horas.

### **3.3.6 Aplicación de de la prueba seleccionada en instancia de postest**

La aplicación del postest se realizó con la misma metodología del pretest aproximadamente un mes después de la aplicación de la propuesta de enseñanza. El intervalo de tiempo entre la aplicación de ambas pruebas se basó en evaluar la adquisición real de conocimientos por parte de los alumnos.

### 3.4 TRATAMIENTO DE LOS DATOS

#### 3.4.1 Agrupamiento y jerarquización de las respuestas de los estudiantes

En la creación y delimitación de las categorías de respuestas de los estudiantes se utilizó un proceso inductivo, principalmente al principio del análisis, con la intención de evitar cualquier indicio de interpretación en esta fase del trabajo. El mismo consistió en escoger un ítem o conjunto de ellos con el mismo propósito y se agruparon las respuestas por sus semejanzas y diferencias con las respuestas de los otros grupos, sin realizar ningún tipo de jerarquización entre las categorías alcanzadas. Como dichas agrupaciones en ocasiones podían realizarse respondiendo a varios criterios, fue necesario determinarlos. Dichos criterios fueron alcanzados por procesos deductivos y debían reunir la condición de ser representativos de la capacidad cognitiva de los sujetos para elaborar modelos de partículas.

Además, en el proceso de agrupación se tuvieron en cuenta otros aspectos significativos tales como:

- Restarle importancia a los significantes a costa de los significados.
- Clasificar varios ítems de propósito común para delimitar el significado atribuido a una determinada respuesta.
- Utilizar el grado de alejamiento de los elementos “inventados” por los alumnos de alto nivel de respuesta, con respecto a las percepciones, en las respuestas espontáneas previas a la perturbación, basadas en la capacidad de transformación de los datos perceptivos.
- Diferenciar dentro de cada grupo de respuestas semejantes, aportadas por los alumnos después de la perturbación, a los sujetos que mostraban respuestas previas diferentes.

Cada conjunto de categorías definidas para cada ítem constituye un módulo categorial.

A continuación se detalla la denominación que se dio a cada módulo y en la Tabla 12 se relacionan las variables con el cuestionario utilizado:

**AGA:** Explicación de la disolución de sólido granular en agua.

**PIN:** Explicación del papel del pincel.

**AMA:** Dibujo y explicación de la disolución.

**AMP:** Dibujo de solución diluida de sólido granular (contraprueba).

**VER:** Dibujo de disolución a distintas temperaturas (sólido granular).

**TEM:** Explicación de disolución a distintas temperaturas (sólido granular).

**ALA:** Previsiones de altura en disolución de alcohol en agua.

**PAL:** Predicción del peso al observar la disminución de volumen (alcohol en agua)

**ALP:** Dibujo luego de la experiencia.

**ACA:** Predicción de si ocurre lo mismo con alcohol, agua y color.

**ACP:** Dibujo de la solución, alcohol, agua y color.

**PAI:** Predicciones sobre peso del aire y explicaciones después de pesarlo.

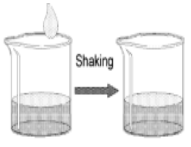
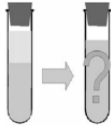
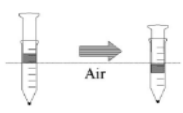
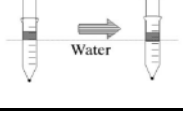
**AAN:** Imagen del aire antes y después de presionarlo en una jeringa.



**APO:** Imagen del aire y del agua después de presionarlos en una jeringa.

**GCO:** Imagen del aire coloreado antes y después de extraerlo del recipiente.

**Tabla 12.** Cuestionario y nombre de las variables generadas con descripción de su contenido

VARIABLE	CONTENIDO	
<b>TAREA 1: DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR EN AGUA</b>		
AGA	Tras mostrar una paleta de acuarela, un pincel y un vasito con agua, se moja el pincel en agua y se comprueba que ahora sí pinta. (Preguntas: <i>¿Qué hace el agua? ¿Cómo lo hace?</i> )	
PIN	Se contrasta el papel de un pincel de pelo fino con un pincel de pelo grueso. Pregunta: ( <i>¿Qué hace el pincel? ¿Cómo lo hace?</i> )	
AMA		Se muestra un vasito de disolución amarilla obtenido al limpiar el pincel con acuarela amarilla. (Pregunta: <i>¿Cómo verías el interior del vasito amarillo si tuvieras un potente microscopio?</i> )
AMP		Se echa una pequeña gota de agua amarilla en un vaso de agua clara sin que tenga lugar cambio apreciable de color. (Pregunta: <i>¿Dónde está la gota de color amarillo si se ve todo transparente? ¿Cómo verías el interior de este vasito si tuvieras un potente microscopio?</i> )
VER	Se echa una gota de colorante líquido en un vaso con 50 ml aproximadamente de agua a temperatura ambiente y otra gota en otro vaso con la misma cantidad de agua caliente. (Pregunta: <i>¿Por qué se difumina en el agua caliente más rápidamente el color verde?</i> )	
TEM	(Pregunta: <i>¿Cómo verías el interior de estos vasitos con un microscopio?</i> )	
<b>TAREA 2: MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA CON REDUCCIÓN VISIBLE DE LA ALTURA TOTAL</b>		
ALA		Se muestra un tubo de ensayo de aproximadamente 80 cm de altura y 1,5 cm de diámetro, un bote de agua destilada y otro de alcohol. Se agrega agua hasta más o menos la mitad del mismo y a continuación se agrega despacio el alcohol inclinando ligeramente el tubo para evitar que se mezclen. El estudiante marca el nivel final de líquido mediante un rotulador y se cierra el tubo con un tapón de corcho. (Pregunta: <i>¿Cambiará la altura del tubo cuando lo agitemos?</i> )
PAL	Se agita el tubo y se constata la disminución de la altura total. (Pregunta: <i>¿Habrá cambiado también el peso total del tubo?</i> )	
ALP	(Pregunta: <i>Dibuja lo que verías en el interior del tubo si tuvieras un potente microscopio antes y después de agitarlo</i> )	
ACA	Se repite el proceso detallado para la variable ALA pero utilizando ahora agua y alcohol coloreados (con distinto color). (Pregunta: <i>¿Crees que al agitar ahora ocurrirá lo mismo que cuando eran transparentes?</i> )	
ACP	Se agita el tubo y se constata la disminución de la altura total (Pregunta: <i>Dibuja lo que verías en el interior del tubo si tuvieras un potente microscopio antes y después de agitar el agua y el alcohol coloreados</i> )	
<b>TAREA 3: COMPRESIÓN DEL AIRE Y DEL AGUA EN UNA JERINGA</b>		
PAI	Se pesa un globo vacío y se solicitan las previsiones sobre el nuevo peso cuando se infle (Pregunta: <i>¿Cambiará el peso del globo si lo inflamos?</i> )	
AAN		Se aprieta el globo con las manos mostrando la disminución del volumen ocupado. Se hace también el símil con una jeringa con aire tapada por su extremo y se comprueba que 5 ml son reducidos fácilmente a 1 ml. (Pregunta: <i>Dibuja lo que verías en el interior de la jeringa si tuvieras un microscopio muy potente antes y después de empujar el émbolo</i> )
APO		Se llena otra jeringa con agua hasta la misma cantidad y se muestra su incompresibilidad (Pregunta: <i>Dibuja cómo verías el aire y el agua si tuvieras un microscopio muy potente intentando explicar las distintas compresibilidades</i> )
GCO	Se introduce cobre y ácido nítrico en un matraz quitasatos conectado a una jeringa hasta obtener gas rojizo de dióxido de nitrógeno. Se tapa rápidamente el matraz con un tapón de corcho. Cuando todo el matraz esté saturado de gas, se succiona con la jeringa. Se muestra la compresibilidad del gas rojizo. (Pregunta: <i>Dibuja cómo verías el gas rojizo en el interior de la jeringa si tuvieras un microscopio muy potente antes y después de empujar el émbolo</i> )	

Entre las variables mencionadas algunas de ellas a priori tienen bajo grado de significación por los siguientes motivos:

- AGA y TEM se fundamentan exclusivamente en juicios verbales utilizados por los sujetos y generalmente se ha utilizado como criterio de jerarquización la aproximación al conocimiento científico.
- ALA y ACA son variables de previsión, cuyo contenido físico puede estar muy alejado de la experiencia del alumno, lo que hace prever que podrían tener poca significación, ya que los sujetos podrían responder activando esquemas analógicos “in situ”.
- PAL es una variable de conservación del peso a pesar de los cambios de volumen. No es posible categorizarla debido a que es dicotómica.
- PAI conlleva en sí misma predicciones y reacciones ante la constatación empírica del peso del aire en una balanza. Su significación es dudosa ya que se fundamenta exclusivamente en juicios verbales.

No obstante, este nivel de significación será analizado posteriormente a partir de los análisis estadísticos.

En los apartados siguientes (3.4.2 y 3.4.3) se presentan los módulos categoriales encontrados en el análisis de las respuestas de los alumnos.

### 3.4.2 Módulos categoriales de los estudiantes de 12-13 años en el pretest y en el postest

#### MÓDULO 1 PAPEL DEL AGUA EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN

Items	Variable	Contenido
1.1–1.3	AGA	Sólido granular/explicación de la disolución
<p><b>1.1. Dan explicaciones en el nivel de legalidad. No hay ninguna intención de concebir microscópicamente.</b></p>		<p><b>1.2. Dan explicaciones macroscópicas más elaboradas. Sigue sin haber intención de concebir el proceso microscópicamente.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua va ablandando la pintura y lo hace mojándola, disolviéndola, etc.</li> <li>▪ El agua va poniendo blandita la acuarela y la va sacando.</li> <li>▪ El agua va sacando poco a poco el color de la acuarela.</li> <li>▪ El agua hace que pinte la acuarela.</li> <li>▪ El agua humedece la acuarela y se produce la pintura.</li> <li>▪ El agua humedece la acuarela.</li> <li>▪ El agua moja la acuarela y el color se queda en el pincel y si se pasa el pincel por la hoja queda el color en la hoja.</li> <li>▪ El agua moja la acuarela.</li> <li>▪ El agua moja la acuarela y logra que se convierta en un líquido de color.</li> <li>▪ El agua ayuda a que la acuarela pueda pintar bien y prolijo.</li> <li>▪ El agua moja la acuarela y hace que se pueda extender.</li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela y la convirtió de estado sólido en líquido.</li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua entra por las grietas de la acuarela.</li> <li>▪ El agua entra por las esquinas de la acuarela.</li> <li>▪ El agua entra por los lados y por el centro de la acuarela.</li> <li>▪ La pintura se desintegra con el agua.</li> <li>▪ El agua se entrevera con la acuarela y hace que pinte.</li> <li>▪ Al hacer contacto y mezclarse la acuarela con el agua puede pintar.</li> </ul> <p><b>1.3. Dan explicaciones microscópicas que incluyen una acuarela como polvo compacto.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua convierte la acuarela de estado sólido a estado líquido “soltando” sus átomos.</li> <li>▪ El agua disuelve la parte de la acuarela donde toca, esto es, algún elemento de la acuarela pasa al agua.</li> <li>▪ El agua separa el polvo que forma la acuarela.</li> <li>▪ El agua disuelve la acuarela mezclándose con el agua.</li> </ul>

**MÓDULO 2 PAPEL DEL PINCEL EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN**

Items	Variable	Contenido
1.4	PIN	Capacidad de relación (lgrosor del pelo del pincel, lnº de pelos, lsuperficie de contacto)
<p><b>2.1. No intentan relacionar o, si lo intentan no lo consiguen, los elementos de la cadena: grosor del pelo- nº de pelos- superficie.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ambos (el pincel de pelo fino y el grueso) extraen la misma cantidad de agua porque son iguales.</li> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque chupa más pintura, al tener los pelos más gruesos.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque a lo mejor con el grueso nos salimos (de los límites pintados).</li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque lleva más cantidad de agua y de pintura, al ser más grueso.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque deja los trazos más finos.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puedo pintar mejor los bordes.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque pinta más prolijo.</li> </ul> <p><b>2.2. Buscan hacer relaciones parciales dentro de la cadena (grosor del pelo = &gt; lnº de pelos, = &gt;lsuperficie de contacto. Dichas relaciones son incorrectas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel “grueso” es mejor porque tiene más pelos.</li> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque tiene más superficie.</li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque tiene más pelos.</li> </ul>		<p><b>2.3. Hacen relaciones parciales dentro de la cadena (grosor del pelo = &gt; lnº de pelos, = &gt;lsuperficie de contacto. Dichas relaciones son correctas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque el grueso tiene más pelos. <b>BE2, BE6.</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque sería capaz de sacar más acuarela.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puede guardar más pintura entre los pelos.</li> </ul> <p><b>2.4. Hacen la cadena de relaciones correctamente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más pelos y por lo tanto más superficie total que el de pelo grueso.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más sitio entre los pelos y así saca más pintura.</li> </ul>

**MÓDULO 3 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR**

Items	Variable	Contenido
1.5 – 1.6	AMA	Sólido granular/Dibujo y explicación
<p><b>3.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que se corresponden enteramente con la misma.</b></p>		<p>sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntitos amarillos que representan las “partículas del agua que han agarrado la acuarela”.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 1: Continuo amarillo-manchas:</i> Dibujo donde aparecen zonas amarillentas con distinta intensidad, que incluso pueden llegar a ser transparentes. Representa el agua más o menos coloreada, según la intensidad de la zona.</li> <li>▪ <i>Modelo 2: Continuo amarillo:</i> Dibujo donde el amarillo se distribuye uniformemente por toda la gota.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 6: Continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar en el agua”:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos de distintas formas que representan “las partículas de todo lo que puede estar en el agua” (oxígeno, hidrógeno, microorganismos, cloro, partículas de acuarela).</li> </ul>
<p><b>3.2. Aún dominados por la percepción. Introducen elementos que no se corresponden enteramente con ella.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 7: Continuo transparente-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos amarillos que representan “las partículas de acuarela”.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 3: Continuo amarillo-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan puntitos que simbolizan los “trocitos de acuarela sin llegar a disolverse”</li> <li>▪ <i>Modelo 4: Continuo amarillo-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan puntitos que simbolizan partículas de acuarela”.</li> </ul>		<p><b>3.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo transparente de agua.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 8: Puntos para el agua – puntos para la acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo indeterminado, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos se puede concebir que no hay huecos.</li> </ul>
<p><b>3.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes.</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 5: Continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde,</li> </ul>		

## MÓDULO 4 REACCIONES ANTE LA CONTRAPRUEBA DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR

Items	Variable	Contenido
1.7 – 1.14	AMP	¿Cómo concibe la disolución, incluso después de la contraprueba?
<p><b>4.1. Dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente con lo que perciben. La conservación de la cantidad de sustancia no les lleva a la necesidad de pintar la acuarela cuando todo se ve transparente.</b></p>	<p>A pesar de reconocer que hemos echado algo de amarillo,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Está conforme con hacer un círculo blanco para la ilustración 2 y continuos amarillos (Modelo 2) para las ilustr. 1 y 4).</li> <li>▪ Continúa utilizando el Modelo 1 (Continuo amarillo-manchas) para todas las ilustraciones.</li> </ul>	<p>en el agua”: (Modelo 6): pero continúan con puntos amarillos de acuarela sobre un fondo de agua transparente (Modelo 7) corrigiendo la ilustración 1 con este nuevo modelo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comienzan haciendo continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela (Modelo5) pero continúan con puntos amarillos de acuarela sobre un fondo de agua transparente (Modelo 7) corrigiendo la ilustración 1 con este nuevo modelo.</li> <li>▪ Comienzan haciendo continuo amarillo-puntos amarillos de acuarela (Modelo 3) y continúan con el Modelo 4(continuo amarillo - puntos amarillos de agua y acuarela) para todas las ilustraciones.</li> </ul>
<p><b>4.2. Aún dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente a la misma. La conservación de la cantidad de sustancia les lleva a la necesidad de pintar amarillo cuando se ve transparente.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hace continuos amarillos manchados (Modelo 1) para todas las ilustraciones, incluso para la 2.</li> <li>▪ Hace continuos amarillos (Modelo 2) para todas las ilustraciones, incluso para la 2.</li> <li>▪ Pone puntos de acuarela sobre un fondo amarillo para la ilustración 1 (Modelo 3) y deja sólo los continuos amarillos (Modelo 2) para el resto de las ilustraciones (“sólo hay trocitos de acuarela sin disolver en el vaso A porque en los demás hay muy poco y ya está disuelto”).</li> <li>▪ Modelo 4(continuo amarillo - puntos amarillos de agua y acuarela) para todas las ilustraciones.</li> </ul>	<p><b>4.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos con fondos transparente con puntos amarillos “aunque a simple vista lo veamos todo amarillo.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sigue utilizando el Modelo 6 (continuo transparente – puntos diversos de cosas que están en el agua) para todas las ilustraciones.</li> <li>▪ Siguen utilizando el Modelo 7 (continuo transparente – puntos amarillos para la acuarela) para todas las ilustraciones.</li> </ul>
<p><b>4.3. En un principio, no transforman nada los datos pero la contraprueba les lleva a hacerlo en mayor o menor extensión corrigiendo su ilustración 1.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comienzan haciendo continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar</li> </ul>	<p><b>4.5. Desde un principio transforman en cierta medida los datos perceptivos, pero esa capacidad de transformación evoluciona con la contraprueba lo que les lleva a corregir sus primeros dibujos.</b></p> <p><b>4.6. Desde un principio, transforman los datos perceptivos, incluso para el fondo transparente del agua.</b></p> <p>Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – fondo lleno) para todas las ilustraciones.</p>

**MÓDULO 5 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SOLUTO LÍQUIDO A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.18	VER	Soluto líquido/Disolvente a distintas temperaturas/Dibujos
<p><b>5.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que corresponden con la misma.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantiene el esquema de dibujar sobre un fondo transparente y puntos verdes de agua y colorante (Modelo 5). Este mismo esquema es utilizado independiente de la temperatura del agua.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) para el agua caliente y continuos manchados de verde (Modelo 1) para el agua templada y fría. Representan en todos los casos el agua más o menos coloreada, según la intensidad de la zona.</li> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) independientemente de la temperatura, por estar eligiendo zonas pequeñas manchadas de verde.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantienen el esquema de dibujar sobre un fondo transparente representando al agua, formas diversa que representan “todas las cosas que pueden estar en el agua” y también partículas de colorante verde (Modelo 6). Este mismo esquema es utilizado independiente de la temperatura del agua.</li> <li>▪ Mantienen su Modelo 7 utilizado ya en la disolución de sólido granular, realizando dibujos donde, sobre un fondo transparente de agua, destacan puntos verdes que representan “las partículas de colorante”</li> </ul>
<p><b>5.2. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación.</b></p>		<p><b>5.4. La necesidad les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo de agua.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizan dibujos continuos manchados de verde (Modelo 1), independientemente de la temperatura y de la percepción, considerando que el microscopio probablemente vería zonas blancas aunque aparentemente lo vea todo verde.</li> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) para el agua caliente, pero pasan a hacer dibujos donde representan puntos verdes de colorante que no se han disuelto en el seno de un continuo verde (Modelo 3) para el agua fría y para el agua templada.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por primera vez hacen dibujos donde consideran necesario transformar el fondo que pasa de ser agua a algo más indefinido para explicar la diferencia de comportamientos con la temperatura. Pasan por tanto, de tener un Modelo 7 (fondo de agua – puntos de colorante) a tener un Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para el colorante – algo). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido lleno de más agua.</li> <li>▪ Mantienen su esquema anterior de considerar la disolución como formada por partículas de agua – partículas de colorante – algo (Modelo 8). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido sin huecos.</li> </ul>
<p><b>5.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes de agua.</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambian el Modelo 3 (fondo continuo, partículas de acuarela) por dibujos con fondo transparente y puntos verdes de agua y colorante (Modelo 5). El número de puntos aumenta al aumentar la temperatura.</li> </ul>		

**MÓDULO 6 EXPLICACIÓN DE LAS DISTINTAS VELOCIDADES DE DISOLUCIÓN A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.15-1.17	TEM	Solutos líquidos/Disolventes a distintas temperaturas/Explicación verbal
<b>6.1. La explicación no pasa de ser una descripción de los hechos observados (Nivel de legalidad exclusivamente).</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ En el agua caliente el color se diluye más.</li><li>▪ El agua caliente facilita que se disuelva el colorante.</li><li>▪ En agua caliente se colorea más rápido.</li><li>▪ En agua caliente se disuelve más cantidad de color.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El calor hace que la gota de colorante se extienda más rápidamente.</li><li>▪ El calor hace que la gota se mueva más y deje mejor color.</li><li>▪ El calor hace que la gota de colorante se reparta mejor.</li></ul>
<b>6.2. Se da una explicación causal que puede ser más o menos válida, pero que permanece en el plano macroscópico (nivel macroscópico exclusivamente)</b>		
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido.</li><li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido y vaya soltando el color.</li></ul>		<b>6.3. La explicación se fundamenta en la división en partículas de la gota de colorante. (Nivel macroscópico – microscópico)</b>
		<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El calor hace que la gota de colorante se divida más rápidamente.</li><li>▪ La gota se divide en partículas. El número de partículas aumenta con la temperatura.</li><li>▪ La gota de colorante se divide más pronto con el calor.</li></ul>



**MÓDULO 7 MEZCLA ALCOHOL – AGUA: PREVISIONES**

Items	Variable	Contenido
2.1 – 2.4	ALA	Disolución líquido-líquido con disminución del volumen aparente/previsiones del peso y de la altura al agitar
<p><b>7.1. Imagina que al agitar el alcohol y el agua quedará todo mezclado... Las previsiones de la altura y el peso indican generalmente una indiferenciación de estos conceptos.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Van a ser iguales ya que la presión y la temperatura no cambian.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La mezcla será más grande y más pesada.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No cambian porque al ser igual la presión no va a modificar las cantidades de cada uno Porque el tubo se encuentra cerrado y no libera nada al exterior.</li> </ul>
<p><b>7.2. Piensan que al agitar el alcohol y el agua se quedará todo mezclado y se producirá un calentamiento de la mezcla y una dilatación. La altura aumenta y el peso no cambia.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porque al estar tapado el alcohol no se evapora.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porque se han mezclado pero las cantidades siguen siendo las mismas.</li> </ul>		<p><b>7.5 Hacen una previsión coincidente con lo que sucederá, considerando que todo quedará mezclado con el mismo peso pero menor altura.</b></p>
<p><b>7.3. La experiencia les evoca la mezcla de dos líquidos inmiscibles, tales como aceite y agua. Preven el mismo peso y la misma altura.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El alcohol bajará, disminuye la altura...pero el peso no cambia.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua es más densa y quedará abajo.</li> <li>▪ El alcohol es más denso y quedará abajo.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las partículas de alcohol bajan...se meten entre las del agua.</li> </ul>
<p><b>7.4. La experiencia les evoca la mezcla normal de dos líquidos miscibles. Preven el mismo peso y la misma altura.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Surgen enlaces entre las partículas de agua y de alcohol.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quedará todo mezclado con el mismo peso y la misma altura.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El alcohol se evapora por el calor que genera la agitación.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El alcohol cambia de estado, pasa a gas.</li> </ul>

**MÓDULO 8 DIFERENCIACION PESO – ALTURA**

<b>Items</b>	<b>Variable</b>	<b>Contenido</b>
2.7 – 2.8	PAL	Predicción del peso al observar una disminución del volumen en la mezcla del alcohol y del agua
<b>8.1. No conservan el peso, bien porque carezcan de esta capacidad o bien porque se dejan llevar por la perturbación.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disminuirá porque ahora hay menos cantidad.</li></ul>		<b>8.2. Conservan el peso, a pesar de la perturbación, utilizando el mecanismo de la identidad de sustancia.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ El peso no cambiará porque no entra ni sale nada.</li><li>▪ No cambia porque es la misma cantidad de partículas.</li><li>▪ No porque no aumenta el volumen de la sustancia.</li><li>▪ No cambia porque la presión y la temperatura no varía.</li></ul>

**MÓDULO 9 REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL ALCOHOL Y EL AGUA**

Items	Variable	Contenido
2.5, 2.6, 2.9, 2.10 y 2.11	ALP	Imagen del agua y del alcohol derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/ Dibujos y explicaciones verbales
<p><b>9.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de legalidad.</b></p>		<p><b>9.3. Hay cierta transformación de los datos, aunque ésta no sea lo suficientemente elaborada como para constituir un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o al menos no se sabe reaccionar ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hacen círculos continuos tanto para el alcohol como para el agua (a veces introducen pompas o burbujas visibles de alcohol, que no intervienen en el proceso). No hay explicación o ésta consiste en considerar “que el alcohol se va para abajo”</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua como “gotitas de agua en un fondo de agua” y el alcohol como “los componentes del alcohol en un fondo de agua” (ambos se diferencian sólo en sus componentes). En la mezcla están las gotitas de agua y los componentes del alcohol en un fondo de agua.</li> <li>▪ Dibujan el agua como “partículas de agua en un fondo de agua” y el alcohol como “partículas de alcohol en un fondo de alcohol”. En la mezcla están las partículas del agua y del alcohol mezcladas en un fondo de agua y alcohol.</li> </ul>
<p><b>9.2. Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento de la misma para dar una explicación a la disminución de altura.</b></p>		<p><b>9.4. Hay cierta transformación de los datos que resulta útil para explicar de forma artificiosa la disminución de la altura.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua “como un continuo de agua con huecos de oxígeno” y el alcohol como un “continuo de alcohol”. Al mezclarlos consideran que el alcohol se mete en los huecos de oxígeno y éste se va para arriba.</li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua con huecos vacíos” y el alcohol como un “continuo de alcohol y burbujas” (que intervienen en el proceso). Al mezclarlos el alcohol se mete en los huecos vacíos del agua.</li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua” y el alcohol como un “continuo de alcohol con pompitas vacías”. Al mezclarlos las pompitas vacías de alcohol se llenan de agua.</li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua con burbujas huecas” y el alcohol como un “continuo de alcohol con burbujas huecas”. Algunas burbujas explotan al agitar el tubo.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua “con huecos en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas del alcohol se meten dentro de los huecos del agua.</li> <li>▪ Dibujan el agua con “partículas de agua en un fondo de agua más disuelta” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo de alcohol más disuelto”. Al agitarlos, algunas partículas de alcohol quedan absorbidas dentro de las del agua.</li> </ul>

**MÓDULO 10 PREDICCIÓN DE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL  
COLOREADOS**

Items	Variable	Contenido
2.12	ACA	¿Va a ocurrir lo mismo que sin color?/Resistencia a los hueco/Explicación verbal
<b>10.1. No ocurre lo mismo: el peso no cambia pero la altura ya no baja o baja menos.</b>		ya no pueden volver a ocuparse con las de alcohol.
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El color hace de barrera para que el agua entre y pueda romper las burbujas huecas de alcohol. Puede que exploten algunas y entonces bajará un poco.</li><li>▪ La pintura ocupa el lugar del oxígeno (huecos recién concebidos en el seno del agua continua – o en el seno del agua y del alcohol).</li><li>▪ Algunas burbujas (vacías en el seno de continuos) están llenas de colorante y bajará menos la altura.</li><li>▪ El colorante llena los huecos (acaba de concebirlos como vacíos) de las de agua y</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El colorante ocupará los huecos recién contruidos del alcohol y del agua y bajará menos altura.</li><li>▪ La altura aumenta porque se introduce otra cantidad de materia.</li><li>▪ La altura aumentará porque estoy agregando otro reactivo (sustancia).</li></ul>
		<b>10.2. Sí ocurre lo mismo: el peso no cambia y la altura baja lo mismo.</b>

## MÓDULO 11 REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL COLOREADOS

Ítems	Variable	Contenido
2.13	ACP	Imagen del agua y el alcohol coloreados derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/Dibujos y explicaciones verbales.
		<p><b>11.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos o es una explicación de compromiso.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hace círculos continuos coloreados tanto para el alcohol azul como para el agua roja y para la mezcla. No hay explicación o ésta se limita a considerara que el alcohol se va para abajo y así baja la altura.</li> <li>Hacen círculos continuos coloreados tanto para el alcohol azul como para el agua roja y para la mezcla (aunque a veces, ponen encima pompas o burbujas visibles de alcohol, que no intervienen en el proceso). Hay explicación de compromiso.</li> </ul> <p><b>11.2. Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento percibido para dar una explicación a la disminución de la altura.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conciben el agua como “un continuo de agua roja con huecos de oxígeno” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul”. Al mezclarlos, consideran que el alcohol azul se mete en los huecos de oxígeno y que éste se va para arriba.</li> <li>Conciben el agua como “un continuo de agua roja con huecos vacíos” y el alcohol como “un continuo de agua azul con burbujas” (éstas últimas no intervienen en el proceso). Al mezclarlos el alcohol azul se mete en los huecos vacíos del agua.</li> <li>Concibe el agua como “un continuo de agua roja” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con pompitas vacías”. Al mezclarlos, las pompitas vacías del alcohol se llenan de agua roja.</li> <li>Concibn el agua como “un continuo de agua roja” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con burbujas huecas”. Al agitar, algunas burbujas explotan.</li> <li>Conciben el agua como “un continuo de agua roja con burbujas huecas” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con burbujas huecas”. Al agitar, algunas burbujas se rompen.</li> </ul> <p><b>11.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos, no reaccionando ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conciben el agua con “partículas rojas de colorante y un continuo de agua roja” y el alcohol con “partículas azules de colorante en un continuo de alcohol rojo”. En la mezcla están todas las partículas de colorante en el fondo del agua roja y del alcohol azul. La explicación consiste en decir que el alcohol baja y así ocupa menos.</li> <li>Conciben el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas de alcohol azul se meten dentro de las de agua, rojas. Los fondos mezclados de agua roja y alcohol azul.</li> <li>Conciben el agua con “partículas de agua y fondos vacíos” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. Al agitar las partículas de alcohol se meten en los huecos de las partículas del agua roja. El fondo queda de alcohol azul.</li> <li>Conciben el agua con “partículas rojas en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación a la disminución de altura, o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</li> </ul> <p><b>11.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. No hay explicación o ésta recurre a respuestas de compromiso o a artificios.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conciben el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas de colorante se llenan de agua. Los fondos se mezclan.</li> <li>Conciben el agua con “gotitas de agua y partículas de colorante rojo en un fondo de agua” y el alcohol con los “componentes del alcohol y las partículas del colorante azul en un fondo de agua”. Al agitar todas las partículas quedan mezcladas y el fondo de agua. No hay explicación.</li> <li>Conciben el agua con “partículas de agua roja en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de</li> </ul>

alcohol". En la mezcla todas las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación.

- Conciben el agua con "partículas de colorante rojo en fondo de agua" y el alcohol con "partículas de colorante azul en

un fondo de alcohol". En la mezcla todas las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación.

**MÓDULO 12 PESO DEL AIRE**

Items	Variable	Contenido
3.1, 3.2	PAI	Peso del aire en el interior de un globo/ Predicciones y reacción ante la constatación de una balanza/ Explicaciones verbales.
<b>12.1. No conciben el peso del aire. Antes y después de la constatación empírica. Piensa que la causa del incremento de la medida de la balanza es el aumento del volumen del globo.</b>		<b>12.3. En un principio no conciben el peso del aire. Sin embargo después de la constatación empírica ellos llegan por sí mismos a admitir que el aire pesa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes y después predican que la balanza marcará más pero no porque el aire en el interior pese, sino porque es más grande. Insiste en que el aire no pesa.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo cree que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no pesa. Después del uso de la balanza, piensa que el aire pesa, poco pero pesa.</li> <li>▪ Antes de pesarlo cree que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no pesa. Después del uso de la balanza dice que “el aire de adentro pesa porque es distinto del aire normal”.</li> </ul>
<b>12.2. En un principio no conciben el peso del aire. Después de la constatación empírica pueden llegar a admitirlo pero mantienen sus dudas al respecto.</b>		<b>12.4. Conciben el peso del aire pero no creen que éste sea detectado por la balanza. Después de la constatación empírica reconocen el error en su estimación.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo piensan que el globo pesará menos, pues “el globo con el viento se va para arriba”. Después, lo admiten con reservas “será que el aire pesa”.</li> <li>▪ Antes de pesarlo piensan que el globo pesará menos. Después lo admiten con reservas “será por las partículas de oxígeno que le introducimos”.</li> <li>▪ Antes de pesarlo piensan que el globo pesará menos. Después, lo admiten con reservas.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire del interior pesa algo pero, tan poco, que no se notará en la balanza.</li> </ul>
		<b>12.5. Conciben el peso del aire y confirman su predicción al constatarlo empíricamente.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes del uso de la balanza preven que el aire del interior del globo pesa.</li> </ul>

MÓDULO 13 IMAGEN DEL AIRE

Items	Variable	Contenido
3.3 a 3.6	AAN	Imagen del aire antes y después de jugar con la jeringa y comprobar la alta compresibilidad/ Dibujos y explicaciones verbales.
<b>13.1. Conciben el aire continuo. La compresibilidad del aire no les lleva a inferir ningún aspecto de discontinuidad.</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan continuos de aire con “puntitos de aire” sobre los mismos. Dichos puntitos están más separados antes y más cercanos después.</li> <li>▪ Dibujan continuos de aire con partículas de aire sobre los mismos. Dichas partículas están más separadas antes y más cercanas después.</li> <li>▪ Conciben “partículas del polvo del aire” con un fondo de aire. Dichas partículas están más separadas antes y más cercanas después.</li> <li>▪ Conciben partículas de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, motas de polvo, todo lleno de partículas de gases que están más separadas antes y más unidas después de la compresión del aire.</li> </ul>
<b>13.2. Conciben el aire continuo pero introducen “aspectos de discontinuidad” para explicar la compresibilidad del aire.</b>		<p><b>13.4. Hay una transformación de los datos (partículas sobre fondos etéreos) lo que les lleva a adquirir un sistema explicativo coherente con la resistencia del vacío.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas y más pequeñas y ya no quedan huecos.</li> <li>▪ Dibujan partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas-</li> </ul>
<b>13.3. Introducen elementos de discontinuidad (partículas sobre fondos continuos de aire) pero éstos no forman un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos de aire.</b>		<p><b>13.5. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío necesario (partículas – vacío)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja partículas de aire y dice que no puede haber nada más.</li> </ul>



**MÓDULO 14 IMAGEN DEL AIRE Y DEL AGUA AL COMPARAR LAS DISTINTAS COMPRESIBILIDADES**

Items	Variable	Contenido
3.7 a 3.9	APO	Imagen del aire y del agua después de experimentar sus distintas compresibilidades/ Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>14.1. Conciben ambas sustancias continuas. La explicación de las distintas compresibilidades radica en la propia naturaleza de las sustancias.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No cambian sus concepciones anteriores, esto es, la experiencia de compresibilidad no modifica sus esquemas continuos ni del aire ni del agua..</li> <li>▪ No cambia sus concepciones anteriores, esto es, la experiencia de compresibilidad no modifica sus esquemas continuo del agua y continuo con huecos del aire.</li> <li>▪ Retroceden en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, al sentir la necesidad de que entrara el alcohol. El aire no cambia y sigue siendo concebido como continuo.</li> <li>▪ Retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, al sentir la necesidad de que entrara el alcohol. El aire no cambia y sigue siendo concebido como continuo con huecos.</li> </ul>	<p>experiencia mostraba que no es nada compresible).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire, introducen “huecos” para el aire, los cuales son añadidos al continuo previamente concebido. Para el agua sigue manteniendo su modelo “continuo con burbujas huecas” que son menos que para el aire, lo que explica su distinta compresibilidad.</li> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente había concebido el aire como un continuo y el agua con partículas en un fondo de agua, para el aire agrega huecos pero para el agua retrocede a un modelo continuo.</li> <li>▪ Cambian sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. En el caso del aire, sustituyen su continuo con puntos por “continuo con huecos de oxígeno”. En el caso del agua mantienen sus modelos de continuo con huecos. En este último caso del agua quedan menos huecos y por eso es menos compresible (aunque la experiencia mostraba que no es nada compresible).</li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. El aire de continuo pasa a continuo con huecos y retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, eliminando los huecos.</li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. El aire de continuo con puntos pasa a continuo con huecos y retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, eliminando los huecos.</li> </ul>
<p><b>14.2. Ajustan sus modelos inestables hasta el momento a las nuevas experiencias de compresibilidad, alcanzando modelos continuos con huecos solamente para el aire (y agua continua) o modelos continuos con huecos para ambas sustancias.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente llegó a concebir modelos continuos/huecos tanto para el aire como para el agua, elimina los “huecos” del agua quedando para ésta un modelo “continuo” y dejando para el aire el modelo anteriormente concebido de un “continuo/huecos”</li> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente había concebido el aire como un continuo con huecos y el agua con gotitas de agua en un fondo de agua, deja el mismo modelo para el aire, pero para el agua retrocede a un modelo continuo.</li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. En el caso del aire, sustituye su continuo con manchas representando partículas por “continuo con huecos de oxígeno”. En el caso del agua sustituye su modelo de “partículas/agua” por el mismo de “continuo con menos huecos de oxígeno”. En este último caso del agua quedan menos huecos y por eso es menos compresible (aunque la</li> </ul>	<p><b>14.3. Se alcanzan modelos más elaborados (discontinuos aparentes) para una de las dos sustancias. La otra sigue siendo continua. La sustancia continua se comporta así por su propia naturaleza. Para la “discontinuidad aparente” se hace una transposición de la propiedad macroscópica a los fondos microscópicos.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantiene para el aire el modelo “partículas/vacío gaseoso” anteriormente concebido. En cambio, para el agua se eliminan los huecos de su modelo “continuo con burbujas” quedando un modelo continuo para ésta.</li> </ul>

- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/otros gases” y para el agua “continuo”.
- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “continuo/partículas de aire” y para el agua “partículas/agua”
- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas con fondo etéreo” y para el agua “continuo con partículas” pegando unas con otras”.
- Se mantiene para el aire el modelo “partículas/vacío gaseoso” anteriormente concebido y para el agua “partículas fondo de agua”.

**14.4. Se alcanzan modelos “discontinuos aparentes” para ambas sustancias, esto es, se hace una transposición de las propiedades observadas a los fondos de las partículas. Las explicaciones se basan en la naturaleza de los fondos.**

- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/aire” y para el agua “partículas/agua”.
- Se mantiene el modelo “partículas/agua” para el agua pero en el caso del aire se salta desde un modelo “continuo” a otro de “partículas/aire”.
- Se mantiene el modelo “partículas /oxígeno” para el aire. En cambio para el agua se hace una pequeña modificación pasando

de un modelo continuo/huecos vacíos a continuo/partículas.

- Se mantienen el modelo anteriormente concebido para el aire: modelo “partículas/con huecos” y para el agua, modelo “agua con huecos en fondo de agua” se eliminan los huecos.
- Se mantienen el modelo anteriormente concebido para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/con huecos” y para el agua, modelo “partículas en fondo de agua”..

**14.5. Se alcanzan modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para el aire. El agua sigue siendo discontinua aparente (partículas/fondo lleno). Las explicaciones intentan ser algo más elaboradas que la mera transposición al nivel microscópico.**

- Cambia sus modelos tanto del aire como del agua para ajustarlos a las nuevas experiencias. En el caso del aire pasa de concebir “partículas/sin huecos” a “partículas/huecos”. En el caso del agua pasa de concebirla “continua” a un nuevo modelo de “partículas/líquido”.
- Se mantiene el modelo de “partículas/huecos vacíos” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/huecos vacíos” a “partículas sin huecos”.
- Se mantiene el modelo de “partículas/huecos” para el aire y en el agua “partículas/fondo de agua”.

MÓDULO 15 GAS COLOREADO

Ítems	Variable	Contenido
3.10 a 3.11	GCO	¿Cómo es posible que el gas coloreado ocupe todo el recipiente, aún después de sacar parte del mismo?/Imagen del gas coloreado/ Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>15.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hacen dibujos continuos naranjas más o menos intensos, según la cantidad de gas. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos (gas más expandido y gas más comprimido).</li> </ul>	<p><b>separación de las partículas. Se evita aceptar el vacío en la materia.</b></p>
<p><b>15.2. Aún dominados por la percepción, introducen algún elemento de discontinuidad para dar una explicación a la compresibilidad del gas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas coloreado como un continuo con huecos que explican la compresibilidad del mismo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de vacío gaseoso o de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de oxígeno y partículas de color en un fondo de oxígeno. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de oxígeno expandido. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. El fondo queda más expandido aún.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire naranja en un fondo de oxígeno. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> </ul>
<p><b>15.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos (partículas) novedosos. La explicación se da en el nivel de la legalidad, de manera que las partículas no son protagonistas del comportamiento del gas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado íntegramente por partículas naranjas más o menos disueltas en un fondo de partículas más disueltas. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas.</li> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado por partículas de aire coloreado en un fondo de la misma naturaleza. Al sacar gas, quedan menos partículas y también un fondo más claro.</li> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado por partículas de aire en un seno de "nada" coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. También queda menos "nada" coloreado.</li> </ul>	<p><b>15.6. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas y vacío necesario. Se explica el comportamiento del gas con la disminución y separación de las partículas.</b></p>
<p><b>15.4. Transforman los datos perceptivos, lo que lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la hinchazón de las partículas.</b></p>	<p><b>15.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la disminución y</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el gas naranja como formado por partículas naranja y nada más. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Concibe el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Concibe el gas naranja como formado por partículas de oxígeno y partículas de gas naranja en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Concibe el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. En el gas comprimido no hay huecos.</li> </ul>

**3.4.3 Módulos categoriales de los estudiantes universitarios en el pretest y en el postest**

**MÓDULO 1 PAPEL DEL AGUA EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN**

Items	Variable	Contenido
1.1–1.3	AGA	Sólido granular/explicación de la disolución
<p><b>1.1. Dan explicaciones en el nivel de legalidad. No hay ninguna intención de concebir microscópicamente.</b></p>		<p><b>1.4. Dan explicaciones microscópicas que ponen de manifiesto la existencia de huecos pequeños previos en la acuarela.</b></p>
<p><b>1.2. Dan explicaciones macroscópicas más elaboradas. Sigue sin haber intención de concebir el proceso microscópicamente.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua va soltando la acuarela, aunque puede ser que también entre en ella tenga poros.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua entra por las grietas de la acuarela.</li> <li>▪ El agua entra por los lados y por el centro de la acuarela.</li> <li>▪ La pintura se desintegra con el agua.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hay poros en la acuarela por los que entra agua.</li> <li>▪ El agua entra en la acuarela igual que el agua de lluvia en la tierra.</li> </ul>
<p><b>1.3. Dan explicaciones microscópicas que incluyen una acuarela como polvo compacto.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La acuarela es como un polvo apelmazado y el agua entra por los huecos.</li> <li>▪ El agua va humedeciendo la pintura y lo hace penetrando a través de la superficie.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua convierte la acuarela de estado sólido a estado líquido “soltando” sus átomos.</li> <li>▪ El agua disuelve la parte de la acuarela donde toca, esto es, algún elemento de la acuarela pasa al agua.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua se va metiendo por los agujeritos de la acuarela como si fuera un colador .....</li> <li>▪ En la acuarela hay pequeños huecos por donde penetra el agua.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua disuelve las partículas de pintura, se mezcla con la acuarela y la pintura se ablanda.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua humedece a la acuarela cuando entra entre sus poros.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua disuelve las partículas sólidas de acuarela mezclándose con las partículas de agua.</li> </ul>		

**MÓDULO 2 PAPEL DEL PINCEL EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN**

Items	Variable	Contenido
1.4	PIN	Capacidad de relación (↑ grosor del pelo del pincel, ↓ nº de pelos, ↓ superficie de contacto)
<p><b>2.1. No intentan relacionar o, si lo intentan no lo consiguen, los elementos de la cadena: grosor del pelo- nº de pelos- superficie.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque chupa más pintura, al tener los pelos más gruesos.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puedo pintar mejor los bordes.</li> </ul> <p><b>2.2. Buscan hacer relaciones parciales dentro de la cadena ↑ grosor del pelo = &gt; ↓ nº de pelos, = &gt; ↓ superficie de contacto. Dichas relaciones son incorrectas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel “grueso” es mejor porque tiene más pelos.</li> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque tiene más superficie.</li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque tiene más pelos.</li> </ul>		<p><b>2.3. Hacen relaciones parciales dentro de la cadena ↑ grosor del pelo = &gt; ↓ nº de pelos, = &gt; ↓ superficie de contacto. Dichas relaciones son correctas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque el grueso tiene más pelos.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque sería capaz de sacar más acuarela.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puede guardar más pintura entre los pelos.</li> </ul> <p><b>2.4. Hacen la cadena de relaciones correctamente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más pelos y por lo tanto más superficie total que el de pelo grueso.</li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más sitio entre los pelos y así saca más pintura.</li> </ul>

**MÓDULO 3 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR**

Items	Variable	Contenido
1.5 – 1.6	AMA	Sólido granular/Dibujo y explicación
<p><b>3.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que se corresponden enteramente con la misma.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 2: Continuo amarillo:</i> Dibujo donde el amarillo se distribuye uniformemente por toda la gota.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 7: Continuo transparente-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos amarillos que representan “las partículas de acuarela”.</li> </ul>
<p><b>3.2. Aún dominados por la percepción. Introdúcen elementos que no se corresponden enteramente con ella.</b></p>		<p><b>3.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo transparente de agua.</b></p>
<p><b>3.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo5: Continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntitos amarillos que representan las “partículas del agua que han agarrado la acuarela”.</li> <li>▪ <i>Modelo 6: Continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar en el agua”:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos de distintas formas que representan “las partículas de todo lo que puede estar en el agua” (oxígeno, hidrógeno, microorganismos, cloro, partículas de acuarela).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 8: Puntos para el agua – puntos para la acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo indeterminado, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos se puede concebir que:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- hay más agua.</li> <li>- no hay huecos.</li> <li>- hay más partículas disueltas.</li> <li>- representan las moléculas de agua con los símbolos de los átomos.</li> <li>- representan las moléculas de agua formadas por tres esferas.</li> </ul> </li> <li>▪ <i>Modelo 9: Puntos para el agua – puntos para la acuarela - nada:</i> Dibujo donde, sobre un fondo vacío, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos, “no puede haber nada, pues si hubiera algo, eso también estaría formado por partículas y entonces ya no sería hueco entre partículas”.</li> </ul>

## MÓDULO 4 REACCIONES ANTE LA CONTRAPRUBA DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR

Items	Variable	Contenido
1.7 – 1.14	AMP	¿Cómo concibe la disolución, incluso después de la contraprueba?
<p><b>4.1. Dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente con lo que perciben. La conservación de la cantidad de sustancia no les lleva a la necesidad de pintar la acuarela cuando todo se ve transparente.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Siguen utilizando el Modelo 7 (continuo transparente – puntos amarillos para la acuarela) para todas las ilustraciones.</li> </ul>
<p>A pesar de reconocer que hemos echado algo de amarillo, está conforme con hacer un círculo blanco para la ilustración 2 y continuos amarillos (Modelo 2) para las ilustr. 1 y 4).</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>4.5. Desde un principio transforman en cierta medida los datos perceptivos, pero esa capacidad de transformación evoluciona con la contraprueba lo que les lleva a corregir sus primeros dibujos.</b></li> </ul>
<p><b>4.2. Aún dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente a la misma. La conservación de la cantidad de sustancia les lleva a la necesidad de pintar amarillo cuando se ve transparente.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo 4(continuo amarillo - puntos amarillos de agua y acuarela) para ilustración 1, Modelo 5 (continuo transparente – puntos amarillos de agua y acuarela) para la ilustración 2 y Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – fondo de oxígeno) para la ilustración 4. Este nuevo modelo es utilizado para corregir sus ilustraciones anteriores.</li> </ul>
<p><b>4.3. En un principio, no transforman nada los datos pero la contraprueba les lleva a hacerlo en mayor o menor extensión corrigiendo su ilustración 1.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo 5 (continuo transparente – puntos amarillos de agua y acuarela) para la ilustración1 Modelo 7(continuo transparente – puntos amarillos para la acuarela) para ilustración 2 y Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – fondo de oxígeno) para la ilustración 4. Este nuevo modelo es utilizado para corregir sus ilustraciones anteriores.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Comienzan haciendo continuos amarillos (Modelo2) en la ilustración 1 pero continúan con puntos amarillos de acuarela sobre un fondo de agua transparente (Modelo 7) corrigiendo la ilustración 1 con este nuevo modelo.</li> </ul>		<p><b>4.6. Desde un principio, transforman los datos perceptivos, incluso para el fondo transparente del agua.</b></p>
<p><b>4.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos con fondos transparente con puntos amarillos “aunque a simple vista lo veamos todo amarillo”.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – fondo lleno) para todas las ilustraciones.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Siguen utilizando el Modelo 6 (continuo transparente – puntos diversos de cosas que están en el agua) para todas las ilustraciones.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo 9 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – nada) para todas las ilustraciones.</li> </ul>

**MÓDULO 5 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SOLUTO LÍQUIDO A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.18	VER	Solutos líquidos/Disolventes a distintas temperaturas/Dibujos
5.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que corresponden con la misma.		que pasa de ser transparente a algo más indefinido para explicar la diferencia de comportamientos con la temperatura. Pasan por tanto, de tener un Modelo 5 o 6 (fondo continuo transparente, puntos de agua y de colorante o “de todo lo que puede haber en el agua”) a tener un Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para el colorante – algo). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido:
5.2. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación.		<ul style="list-style-type: none"> <li>- lleno de más agua.</li> <li>- hay más partículas disueltas.</li> <li>- lleno de algún gas o algo.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realiza dibujos continuos verdes (Modelo 2) para el agua caliente, pero pasan a hacer dibujos donde representan puntos verdes de colorante que no se han disuelto en el seno de un continuo verde (Modelo 3) para el agua fría y para el agua templada.</li> </ul>		
5.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes de agua.		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En un principio hace dibujos donde sobre un fondo verde coloca partículas de agua con color (Modelo 4) para todas las ilustraciones pero seguidamente se arrepiente y hace nuevos dibujos con fondo transparente y puntos verdes de agua y colorante (Modelo 5). El número de puntos aumenta al aumentar la temperatura.</li> <li>▪ Mantiene el esquema de dibujar sobre un fondo transparente representando al agua, formas diversas que representan “todas las cosas que pueden estar en el agua” y también partículas de colorante verde (Modelo 6). Este mismo esquema es utilizado independiente de la temperatura del agua.</li> <li>▪ Mantiene su Modelo 7 utilizado ya en la disolución de sólido granular, realizando dibujos donde, sobre un fondo transparente de agua, destacan puntos verdes que representan “las partículas de colorante”</li> </ul>
5.4. La necesidad les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo de agua		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por primera vez hacen dibujos donde consideran necesario transformar el fondo</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por primera vez hacen dibujos donde consideran necesario transformar el fondo que pasa de ser agua a algo más indefinido para explicar la diferencia de comportamientos con la temperatura. Pasan por tanto, de tener un Modelo 7 (fondo de agua – puntos de colorante) a tener un Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para el colorante – algo). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido con más partículas disueltas.</li> <li>▪ Mantiene su esquema anterior de considerar la disolución como formada por partículas de agua – partículas de colorante – algo (Modelo 8). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido: <ul style="list-style-type: none"> <li>- lleno de oxígeno.</li> <li>- hay más partículas disueltas.</li> <li>- lleno de algún gas o algo.</li> <li>- sin huecos.</li> <li>- hay más agua</li> </ul> </li> </ul>
		<p><b>5.5. La necesidad y/o el conocimiento previo les lleva a admitir el espacio vacío.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por primera vez admiten la existencia de vacío y nada más (Modelo 9).</li> <li>▪ Continúan explicando esta experiencia con el Modelo 9.</li> </ul>



**MÓDULO 6 EXPLICACIÓN DE LAS DISTINTAS VELOCIDADES DE DISOLUCIÓN A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.15-1.17	TEM	Soluto líquido/Disolvente a distintas temperaturas/Explicación verbal
<p><b>6.1. La explicación no pasa de ser una descripción de los hechos observados (Nivel de legalidad exclusivamente).</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las partículas de acuarela se mueven más en agua caliente. <b>AU7. BU3, BU5, BU7, BU11, BU16.</b></li> </ul>
<p><b>6.2. Se da una explicación causal que puede ser más o menos válida, pero que permanece en el plano macroscópico (nivel macroscópico exclusivamente).</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La velocidad de las partículas de agua y de acuarela aumenta al aumentar la temperatura y se mezclan más rápido.</li> <li>▪ Las partículas se separan más con el agua caliente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido.</li> <li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido y vaya soltando el color.</li> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se extienda más rápidamente.</li> <li>▪ El calor hace que la gota se mueva más y deje mejor color.</li> <li>▪ Al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad de disolución. El calor hace que la gota se vaya extendiendo.</li> <li>▪ En el agua caliente el colorante reacciona más rápido con el agua.</li> <li>▪ Dependiendo de la temperatura va a ser la intensidad o rapidez del sólido al disolverse.</li> </ul>		<p><b>6.5. La explicación se fundamenta en las partículas del agua exclusivamente. No obstante, no coincide con la interpretación académicamente aceptada (Nivel explicativo microscópico 2).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La temperatura afecta a la separación de las partículas de agua y quedan huecos para que pase el colorante.</li> <li>▪ El calor dilata los huecos de oxígeno y encoge las partículas, dejando pasar más colorante.</li> <li>▪ Hay menos moléculas de agua en el agua caliente... se han evaporado... deja pasar mejor el colorante.</li> <li>▪ En el agua caliente los enlaces de hidrógeno se rompen y dejan pasar al colorante. En el agua fría son muy fuertes.</li> </ul>
<p><b>6.3. La explicación se fundamenta en la división en partículas de la gota de colorante. (Nivel macroscópico – microscópico).</b></p>		<p><b>6.6. Las explicaciones se fundamentan en la velocidad de las moléculas del agua. Esta explicación es aceptada académicamente (Nivel explicativo microscópico 3).</b></p>
<p><b>6.4. La explicación se fundamenta tanto en las partículas del agua como en las del colorante (Nivel explicativo macroscópico-1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El tamaño de las partículas disminuye cuando aumenta la temperatura.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las moléculas de agua caliente se mueven con velocidad mayor cuando la temperatura es mayor y rompen mejor la gota.</li> <li>▪ La velocidad de las partículas del agua varía con la temperatura y mueven a las del colorante.</li> </ul>

**MÓDULO 7 MEZCLA ALCOHOL – AGUA: PREVISIONES**

Items	Variable	Contenido
2.1 – 2.4	ALA	Disolución líquido-líquido con disminución del volumen aparente/previsiones del peso y de la altura al agitar
<p><b>7.1. Imaginan que al agitar el alcohol y el agua quedará todo mezclado... Las previsiones de la altura y el peso indican generalmente una indiferenciación de estos conceptos.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porque el tubo se encuentra cerrado y no libera nada al exterior.</li> <li>▪ Porque al estar tapado el alcohol no se evapora.</li> <li>▪ Porque se han mezclado pero las cantidades siguen siendo las mismas.</li> <li>▪ Porque no se perdió alcohol ni agua destilada sino que se concentró.</li> <li>▪ Porque sólo va a cambiar la posición de las partículas.</li> <li>▪ Porque los reactivos y los productos son los mismos.</li> </ul>
<p><b>7.2. Piensa que al agitar el alcohol y el agua se quedará todo mezclado y se producirá un calentamiento de la mezcla y una dilatación. La altura aumenta y el peso no cambia.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las moléculas de agua toman el calor del alcohol y se van para arriba.</li> </ul>
<p><b>7.3. La experiencia les evoca la mezcla de dos líquidos inmiscibles, tales como aceite y agua. Preven el mismo peso y la misma altura.</b></p>		<p><b>7.5 Hacen una previsión coincidente con lo que sucederá, considerando que todo quedará mezclado con el mismo peso pero menor altura.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El alcohol bajará, disminuye la altura...pero el peso no cambia.</li> <li>▪ Las partículas de alcohol bajan...se meten entre las del agua.</li> <li>▪ Surgen enlaces entre las partículas de agua y de alcohol.</li> <li>▪ El alcohol se evapora por el calor que genera la agitación.</li> <li>▪ El alcohol cambia de estado, pasa a gas.</li> </ul>
<p><b>7.4. La experiencia les evoca la mezcla normal de dos líquidos miscibles. Preven el mismo peso y la misma altura.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quedará todo mezclado con el mismo peso y la misma altura.</li> <li>▪ Van a ser iguales ya que la presión y la temperatura no cambian.</li> <li>▪ No cambian porque al ser igual la presión no va a modificar las cantidades de cada uno.</li> </ul>

**MÓDULO 8 DIFERENCIACION PESO – ALTURA**

<b>Items</b>	<b>Variable</b>	<b>Contenido</b>
2.7 – 2.8	PAL	Predicción del peso al observar una disminución del volumen en la mezcla del alcohol y del agua

**8.1. No conservan el peso, bien porque carezcan de esta capacidad o bien porque se dejan llevar por la perturbación.,**

- Disminuirá porque ahora hay menos cantidad.
- Aumentará (NO lo había previsto así).

**8.2. Conservan el peso, a pesar de la perturbación, utilizando el mecanismo de la identidad de sustancia.**

- El peso no cambiará porque no entra ni sale nada.
- No cambia porque es la misma cantidad de partículas.
- No porque no aumenta el volumen de la sustancia.
- No cambia porque la presión y la temperatura no varía.

**MÓDULO 9 REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL ALCOHOL Y EL AGUA**

Items	Variable	Contenido
2.5, 2.6, 2.9, 2.10 y 2.11	ALP	Imagen del agua y del alcohol derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/ Dibujos y explicaciones verbales
<p><b>9.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de legalidad.</b></p>		<p>en un fondo de alcohol". Al agitar las partículas del alcohol se meten dentro de los huecos del agua.</p>
<p><b>9.2. Aún dominado por la percepción, aprovecha algún elemento de la misma para dar una explicación a la disminución de altura.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua con "partículas de agua en un fondo de agua más disuelta" y el alcohol con "partículas de alcohol en un fondo de alcohol más disuelto". Al agitarlos, algunas partículas de alcohol quedan absorbidas dentro de las del agua.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua como un "continuo de agua con burbujas huecas" y el alcohol como un "continuo de alcohol con burbujas huecas". Algunas burbujas explotan al agitar el tubo.</li> </ul>		
<p><b>9.3. Hay cierta transformación de los datos, aunque ésta no sea lo suficientemente elaborada como para constituir un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o al menos no se sabe reaccionar ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b></p>		<p><b>9.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer un modelo común para ambas sustancias que además les permite dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua como "gotitas de agua en un fondo de agua" y el alcohol como "los componentes del alcohol en un fondo de agua" (ambos se diferencian sólo en sus componentes). En la mezcla están las gotitas de agua y los componentes del alcohol en un fondo de agua.</li> <li>▪ Dibujan el agua como "partículas de agua en un fondo de agua" y el alcohol como "partículas de alcohol en un fondo de alcohol". En la mezcla están las partículas del agua y del alcohol mezcladas en un fondo de agua y alcohol.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua con "partículas de agua en un fondo de gas" y el alcohol con "partículas de alcohol en un fondo del mismo gas". Al mezclarlos, el gas se comprime.</li> <li>▪ Dibujan el agua con "partículas de agua en un fondo de gas" y el alcohol con "partículas de alcohol en un fondo del mismo gas". Al mezclarlos, el gas se desplaza hacia arriba.</li> </ul>
<p><b>9.4. Hay cierta transformación de los datos que resulta útil para explicar de forma artificiosa la disminución de la altura.</b></p>		<p><b>9.6. La necesidad de explicar la experiencia les lleva, por primera vez, a admitir espacios vacíos entre las partículas.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja al agua "con huecos en un fondo de agua" y el alcohol con "partículas de alcohol</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua con "partículas de agua y vacío" y el alcohol con "partículas de alcohol y vacío". En la mezcla no hay más que "partículas de alcohol y agua más unidas y vacío".</li> <li>▪ Dibujan el agua con "partículas de agua y vacío" y el alcohol con "partículas de alcohol y vacío". En la mezcla no hay más que "partículas de alcohol y agua a igual distancia y vacío".</li> </ul>

**MÓDULO 10 PREDICCIÓN DE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL  
COLOREADOS**

<b>Items</b>	<b>Variable</b>	<b>Contenido</b>
2.12	ACA	¿Va a ocurrir lo mismo que sin color?/Resistencia a los hueco/Explicación verbal
<b>10.1. No ocurre lo mismo: el peso no cambia pero la altura ya no baja o baja menos.</b>		<b>10.2. Si ocurre lo mismo: el peso no cambia y la altura baja lo mismo.</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>▪ El colorante impide que el alcohol se comprima.</li><li>▪ Al haber más moléculas, ahora no se pueden acercar tanto las de agua y alcohol.</li></ul>		

**MÓDULO 11 REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL COLOREADOS**

Items	Variable	Contenido
2.13	ACP	Imagen del agua y el alcohol coloreados derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>11.1. Hace dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos o es una explicación de compromiso.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hace círculos continuos coloreados tanto para el alcohol azul como para el agua roja y para la mezcla. No hay explicación o ésta se limita a considerar que el alcohol se va para abajo y así baja la altura.</li> </ul>	<p><b>11.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. No hay explicación o ésta recurre a respuestas de compromiso o a artificios.</b></p>
<p><b>11.2. Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento percibido para dar una explicación a la disminución de la altura.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el agua con “partículas de agua roja en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. En la mezcla todas las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación.</li> </ul>
<p><b>11.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos, no reaccionando ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el agua con “partículas rojas de colorante y un continuo de agua roja” y el alcohol con “partículas azules de colorante en un continuo de alcohol rojo”. En la mezcla están todas las partículas de colorante en el fondo del agua roja y del alcohol azul. La explicación consiste en decir que el alcohol baja y así ocupa menos.</li> <li>▪ Concibe el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas de alcohol azul se meten dentro de las de agua rojas. Los fondos mezclados de agua roja y alcohol azul.</li> <li>▪ Conciben el agua con “partículas de agua y fondos vacíos” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. Al agitar las partículas de alcohol se meten en los huecos de las partículas del agua roja. El fondo queda de alcohol azul</li> <li>▪ Conciben el agua con “partículas rojas en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación a la disminución de altura, o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el agua con “huecos y partículas de colorante rojo en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas del alcohol se meten en los huecos del agua. Se mezclan las partículas de colorantes y los fondos de agua y de alcohol.</li> </ul>
		<p><b>11.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar un modelo común para ambas sustancias que además les permite dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto (fondos de gas o de sustancia etérea).</b></p>
<p><b>11.6. La necesidad de explicar la experiencia les lleva a seguir admitiendo espacios vacíos entre las partículas (ya se concebían en la mezcla de alcohol y agua).</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el agua con “partículas de agua roja en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de gas”. Al mezclarlos se forman nuevas partículas lilas y el fondo del gas comprimido.</li> <li>▪ Conciben el agua con “partículas de agua roja en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de gas”. Al agitar las partículas resultan mezcladas y algo de gas se desplaza hacia arriba.</li> <li>▪ Conciben el agua formada por “partículas de agua, partículas de colorante y huecos necesarios” y el alcohol formado por “partículas de alcohol, partículas de colorante y huecos necesarios”. Al agitar las partículas se mezclan no quedando ya huecos en la mezcla.</li> <li>▪ Conciben el agua formada por “partículas de agua, partículas de colorante y huecos</li> </ul>

necesarios” y el alcohol formado por “partículas de alcohol, partículas de colorante y huecos necesarios”. Al agitar las

partículas se mezclan quedando también huecos en la mezcla.

**MÓDULO 12 PESO DEL AIRE**

Items	Variable	Contenido
3.1, 3.2	PAI	Peso del aire en el interior de un globo/ Predicciones y reacción ante la constatación de una balanza/ Explicaciones verbales.
<b>12.1. No concibe el peso del aire. Antes y después de la constatación empírica. Piensa que la causa del incremento de la medida de la balanza es el aumento del volumen del globo.</b>		pesa. Después del uso de la balanza, piensan que el aire pesa, poco pero pesa.
<b>12.2. En un principio no concibe el peso del aire. Después de la constatación empírica pueden llegar a admitirlo pero mantienen sus dudas al respecto.</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo cree que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no pesa. Después del uso de la balanza dice que “el aire de adentro pesa porque es distinto del aire normal”.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo piensa que el globo pesará menos. Después, lo admite con reservas.</li> </ul>		<b>12.4. Conciben el peso del aire pero no creen que éste seas detectado por la balanza. Después de la constatación empírica reconocen el error en su estimación.</b>
<b>12.3. En un principio no conciben el peso del aire. Sin embargo después de la constatación empírica ellos llegan por sí mismos a admitir que el aire pesa.</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire del interior pesa algo pero, tan poco, que no se notará en la balanza.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no</li> </ul>		<b>12.5. Conciben el peso del aire y confirman su predicción al constatarlo empíricamente.</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes del uso de la balanza preven que el aire del interior del globo pesa.</li> </ul>



## MÓDULO 13 IMAGEN DEL AIRE

Items	Variable	Contenido
3.3 a 3.6	AAN	Imagen del aire antes y después de jugar con la jeringa y comprobar la alta compresibilidad/ Dibujos y explicaciones verbales.
13.1. Conciben el aire continuo. La compresibilidad del aire no les lleva a inferir ningún aspecto de discontinuidad.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibujan partículas de aire en un seno etéreo indefinido (no puede haber nada, será oxígeno quizás con huequitos).</li> </ul>
13.2. Concibe el aire continuo pero introducen “aspectos de discontinuidad” para explicar la compresibilidad del aire.		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibujan partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas y más pequeñas y ya no quedan huecos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja continuos con huecos que al apretar el globo se van a llenar con el aire de abajo que irá a ocuparlos.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibujan partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas, aún quedan huecos.</li> </ul>
13.3. Introducen elementos de discontinuidad (partículas sobre fondos continuos de aire) pero éstos no forman un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos de aire.		<p><b>13.5. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío necesario (partículas – vacío).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Concibe el aire con partículas de aire y nada en los huecos de las mismas pero cree que tiene que haber algo.</li> <li>Dibujan partículas de aire y dicen explícitamente que no puede haber nada más porque si lo hubiera eso también estaría formado por partículas.</li> <li>Dibujan partículas de oxígeno y dice explícitamente que no puede haber nada más.</li> <li>Dibujan partículas de aire y dice que no puede haber nada más.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja continuos de aire con “puntitos de aire” sobre los mismos. Dichos puntitos están más separados antes y más cercanos después.</li> <li>Dibujan continuos de aire con partículas de aire sobre los mismos. Dichas partículas están más separadas antes y más cercanas después.</li> <li>Conciben partículas de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, motas de polvo, todo lleno de partículas de gases que están más separadas antes y más unidas después de la compresión del aire.</li> </ul>		<p><b>13.6. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío y con movimiento necesario (partículas, vacío y movimiento).</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Concibe el aire con partículas continuamente en movimiento. Dicho movimiento es el que genera la tendencia a igualar la presión atmosférica del aire. Entre las partículas no hay nada más.</li> <li>Conciben el aire con partículas continuamente en movimiento Entre las partículas no hay nada más.</li> <li>Conciben el aire con partículas continuamente en movimiento Entre las partículas hay espacios vacíos.</li> </ul>
13.4. Hay una transformación de los datos (partículas sobre fondos etéreos) lo que les lleva a adquirir un sistema explicativo coherente con la resistencia del vacío.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibujan partículas de aire en un seno etéreo indefinido (no puede haber nada, será algún gas).</li> <li>Dibujan partículas de aire en un seno etéreo indefinido (no puede haber nada, será oxígeno o algo).</li> </ul>		

**MÓDULO 14 IMAGEN DEL AIRE Y DEL AGUA AL COMPARAR LAS DISTINTAS COMPRESIBILIDADES**

Items	Variable	Contenido
3.7 a 3.9	APO	Imagen del aire y del agua después de experimentar sus distintas compresibilidades/ Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>14.1. Conciben ambas sustancias continuas. La explicación de las distintas compresibilidades radica en la propia naturaleza de las sustancias.</b></p>		<p>partículas en el agua están ya rozando unas con otras.</p>
<p><b>14.2. Ajustan sus modelos inestables hasta el momento a las nuevas experiencias de compresibilidad, alcanzando modelos continuos con huecos solamente para el aire (y agua continua) o modelos continuos con huecos para ambas sustancias.</b></p>		<p><b>14.5. Se alcanzan modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para el aire. El agua sigue siendo discontinua aparente (partículas/fondo lleno). Las explicaciones intentan ser algo más elaboradas que la mera transposición al nivel microscópico.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire introduce “huecos” solamente para el aire, los cuales son añadidos al continuo previamente concebido. El agua sigue siendo continua.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantiene el modelo de “partículas/huecos vacíos” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/huecos vacíos” a “partículas sin huecos”.</li> <li>▪ Se mantiene el modelo de “partículas/vacío” para el aire y en el agua “partículas/fondo de agua”.</li> <li>▪ Se mantiene el modelo de “partículas/vacío” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/fondo gas” a “partículas/algo”.</li> <li>▪ Se mantiene el modelo de “partículas/huecos” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/huecos vacíos” a “partículas/algo”.</li> <li>▪ Se mantiene el modelo de “partículas/ seno etéreo” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/fondo de gas” a “partículas/algo”.</li> </ul>
<p><b>14.3. Se alcanzan modelos más elaborados (discontinuos aparentes) para una de las dos sustancias. La otra sigue siendo continua. La sustancia continua se comporta así por su propia naturaleza. Para la “discontinuidad aparente” se hace una transposición de la propiedad macroscópica a los fondos microscópicos.</b></p>		<p><b>14.6. Se mantienen los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, a pesar de que no constituyan un sistema lo suficientemente explicativo como para dar cuenta de las distintas compresibilidades. Explicaciones bloqueadas.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantiene para el aire el modelo “partículas/vacío gaseoso” anteriormente concebido. En cambio, para el agua se eliminan los huecos de su modelo “continuo/huecos” quedando un modelo continuo para ésta.</li> <li>▪ Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “continuo/partículas” y para el agua “partículas/agua”</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantiene los modelos “partículas/vacío” tanto para el aire como para el agua, sin encontrar solución entonces al por qué el aire es compresible y el agua no.</li> </ul>
<p><b>14.4. Se alcanzan modelos “discontinuos aparentes” para ambas sustancias, esto es, se hace una transposición de las propiedades observadas a los fondos de las partículas. Las explicaciones se basan en la naturaleza de los fondos.</b></p>		<p><b>14.7. Se mantienen los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, introduciendo estrategias o disposiciones que explican las distintas compresibilidades. Explicaciones desbloqueadas.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/con huecos vacíos” y para el agua “partículas/fondo con huecos”. La explicación consiste en añadir que los huecos del agua son muy pequeños.</li> <li>▪ Se mantiene el modelo “partículas/agua” para el agua y en el caso del aire “partículas/huecos vacíos”.</li> <li>▪ Se mantiene el modelo “partículas/gas” tanto para el aire como para el agua pero introduciendo la salvedad de que las</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantienen los modelos “partículas/vacío” tanto para el aire como para el agua y se añade que las partículas de agua están pegadas unas a otras, impidiéndose su compresibilidad.</li> </ul>

**14.8. Se alcanzan modelos discontinuos avanzados (partículas/vacío/fuerzas) para ambas sustancias, lo que se deduce como una necesidad derivada de las diferentes compresibilidades.**

- Se mantienen los modelos "partículas/vacío" tanto para el aire como

para el agua y se añade que las partículas de agua deben estar sometidas a unas fuerzas de repulsión enormes que impide su acercamiento. Entre las partículas de aire normal, dichas fuerzas son nulas, pero entre las del aire comprimido, deben ser tan grandes como en el agua.

MÓDULO 15 GAS COLOREADO

Items	Variable	Contenido
3.10 a 3.11	GCO	¿Cómo es posible que el gas coloreado ocupe todo el recipiente, aún después de sacar parte del mismo?/Imagen del gas coloreado/ Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>15.1. Hace dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hace dibujos continuos azules y naranjas (interpretando el aire y el gas naranja) más o menos intensos, según la cantidad de gas. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos (gas más expandido y gas más comprimido).</li> </ul>	<p><b>15.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la disminución y separación de las partículas. Se evita aceptar el vacío en la materia.</b></p>
<p><b>15.2. Aún dominados por la percepción, introducen algún elemento de discontinuidad para dar una explicación a la compresibilidad del gas.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> </ul>
<p><b>15.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos (partículas) novedosos. La explicación se da en el nivel de la legalidad, de manera que las partículas no son protagonistas del comportamiento del gas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado íntegramente por partículas naranjas más o menos disueltas en un fondo de partículas más disueltas. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas.</li> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado por partículas de aire coloreado en un fondo de la misma naturaleza. Al sacar gas, quedan menos partículas y también un fondo más claro.</li> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado por partículas de oxígeno con un fondo de gas coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. El fondo queda también más expandido.</li> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado por partículas de aire en un seno de “nada” coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. También queda menos “nada” coloreado.</li> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado por partículas de aire en un seno de “nada” coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de vacío gaseoso o de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Concibe el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de oxígeno expandido. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. El fondo queda más expandido aún.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire naranja en un fondo de oxígeno. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> </ul>
<p><b>15.4. Transforman los datos perceptivos, lo que lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la hinchazón de las partículas.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se concibe el gas naranja como formado por partículas de aire naranja que lo ocupan todo, pues aumentan o disminuyen de tamaño según queden menos o más partículas en el recipiente.</li> </ul>	<p><b>15.6. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas y vacío necesario. Se explica el comportamiento del gas con la disminución y separación de las partículas.</b></p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas naranja y nada más. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de oxígeno y partículas de gas naranja en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.</li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. En el gas comprimido no hay huecos.</li> </ul>
<p><b>15.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la disminución y separación de las partículas. Se evita aceptar el vacío en la materia.</b></p>		<p><b>15.7. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas, vacío, fuerzas y/o movimiento necesarios.</b></p>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire naranja en un fondo vacío. Dichas partículas están lejanas entre sí y sometidas a fuerzas casi nulas. Esto</li> </ul>

permite poder comprimirlo. En el gas comprimido, las fuerzas de repulsión son grandes e impiden que se pueda seguir comprimiendo.

- Se concibe el gas naranja como el formado por partículas naranjas continuamente en movimiento en el seno de un vacío. Dicho

movimiento es el que ocasiona la elasticidad del gas en el interior de la jeringa, esto es, la tendencia que tiene a volver a su posición original, para igualar los movimientos externos de las partículas de aire.

**3.5 MATRICES DE DATOS**

La comparación de los 15 módulos categoriales construidos para los estudiantes de 12-13 años (apartado 3.4.2) y universitarios (3.4.3) y la alta similitud entre ellos sugirió la posibilidad de integrarlos en una estructura básica común al menos en cuanto a sus categorías principales en la que la forma de razonar de todos los estudiantes tanto antes como después de la intervención didáctica pudiera verse representada.

En los Anexos 3 y 4 se describen las categorías empíricas para los estudiantes de 12-13 años y universitarios respectivamente. Como se puede comprobar, los grupos principales de ambos conjuntos de categorías son los mismos.

A modo de ejemplo, en la Tabla 13, se muestra la construcción de la variable AMA para los 31 estudiantes de 12-13 años, a partir de los ítems 1.5 y 1.6 del cuestionario, donde se le solicitaba un dibujo y una explicación de cómo imagina el interior de un vasito de color amarillo. Vemos que esta variable tiene 4 niveles o categorías posibles. La categoría 1 se corresponde con dibujos dominados por los aspectos perceptivos (dibujos continuos o continuos con manchas) mientras que la categoría 4 recoge aquellos dibujos donde tanto el agua como la acuarela se representan con puntitos. Los estudiantes ubicados en cada categoría se identifican con un número (E1...E31) seguido de la letra A o B, según provenga de su respuesta antes o después de la intervención didáctica. Así, el estudiante 1 (E1) adquiere el valor 3 en esta variable AMA tanto antes como después de la intervención didáctica (ver que E1A y E1B están situados en el modelo 6-categoría 3 de la variable).

**Tabla 13.** Construcción de la variable AMA para los estudiantes de 12-13 años

<b>MÓDULO 3 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR</b>		
<b>Ítems</b>	<b>Variable</b>	<b>Contenido</b>
1.5 – 1.6	AMA	Sólido granular/Dibujo y explicación
<p><b>3.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que se corresponden enteramente con la misma.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 1: Continuo amarillo-manchas:</i> Dibujo donde aparecen zonas amarillentas con distinta intensidad, que incluso pueden llegar a ser transparentes. Representa el agua más o menos coloreada, según la intensidad de la zona. <b>E5A, E7A, E8A, E11A, E12A, E13A, E15A, E17A, E26A, E27A, E28A, E31A.</b></li> <li>▪ <i>Modelo 2: Continuo amarillo:</i> Dibujo donde el amarillo se distribuye uniformemente por toda la gota. <b>E16A, E23A.</b></li> </ul> <p><b>3.2. Aún dominados por la percepción. Introducen elementos que no se corresponden enteramente con ella.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 3: Continuo amarillo-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan</li> </ul>	<p>agua, destacan puntitos amarillos que representan las “partículas del agua que han agarrado la acuarela”. <b>E9A, E24A, E30A, E12P, E18P.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 6: Continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar en el agua”:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos de distintas formas que representan “las partículas de todo lo que puede estar en el agua” (oxígeno, hidrógeno, microorganismos, cloro, partículas de acuarela). <b>E1A, E2A, E3A, E4A, E10A, E18A, E20A, E29A, E1B, E2B, E3B, E5B, E24B, E25B, E26B.</b></li> <li>▪ <i>Modelo 7: Continuo transparente-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos amarillos que representan “las partículas de acuarela”. <b>E6A, E21A, E4B, E6B, E9B, E10B, E14B, E21B, E27B, E28B, E30B</b></li> </ul>	

puntitos que simbolizan los “trocitos de acuarela sin llegar a disolverse” E14A, E19A, E22A, E7B, E8B, E11B, E13B, E15B, E16B, E17B, E19B, E22B, E23B, E31B.

- *Modelo 4: Continuo amarillo-puntos amarillos de agua y acuarela:* Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan puntitos que simbolizan partículas de acuarela”. E25A.

**3.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes.**

- *Modelo 5: Continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela:* Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al

**3.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo transparente de agua.**

- *Modelo 8: Puntos para el agua – puntos para la acuarela:* Dibujo donde, sobre un fondo indeterminado, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos se puede concebir que no hay huecos. E20B, E29B.

Tras cada categoría se muestran los estudiantes ubicados en ella. Se identifica a los estudiantes con un número (E1...E31) seguido de la letra A o B, según sea su categoría antes o después de la intervención didáctica

Así, cada estudiante quedó identificado por un número en cada una de las variables y para cada momento didáctico –antes y después de la intervención didáctica-, resultando de este modo de proceder cuatro matrices de datos, que corresponden a las muestras e instancias que se sintetizan en la Tabla 14. Para distinguir las variables pertenecientes a sendas matrices, les añadimos las letras A o B. Así, AMA\_A y AMA\_B se refieren a la misma variable AMA recogida antes y después de la intervención didáctica respectivamente.

**Tabla 14.** Matrices de datos construidas en la investigación

	Estudiantes	Momento didáctico
E_PRE	12-13 años	Antes de la Intervención
E_POS	Universitarios	Después de la Intervención
U_PRE	12-13 años	Antes de la Intervención
U_POS	Universitarios	Después de la Intervención

Tanto la matriz de datos E\_PRE como la E\_POS constan de 31 sujetos x 17 variables. Las 17 variables proceden de las 15 identificadas en el cuestionario más las variables personales EDAD y SEXO.

Del mismo modo, tanto la matriz de datos U\_PRE como la U\_POS constan de 30 sujetos x 17 variables, siendo también EDAD y SEXO las adicionadas a las variables construidas a partir de los módulos categoriales.

Cabe aclarar que las 15 variables del cuestionario son variables categoriales ordinales y que el número de categorías es distinto en cada variable. El valor con el que cada estudiante queda representado en cada variable no indica más que una relación de orden con la categoría representada. El análisis cuantitativo posterior permitirá dilucidar problemas relacionados con el grado de coherencia del proceso de categorización seguido.

Un buen indicador del rendimiento de cada sujeto en la entrevista es el RAE (Resultados Acumulados de la Entrevista). Éste proporciona una valoración cuantitativa

del rendimiento global de la entrevista, si se le asocia el valor numérico del orden jerárquico de la categoría a la que pertenece en cada uno de los módulos categoriales y se van acumulando dichos valores. Dado que en el cálculo del indicador RAE no se ponderan con el mismo grado las distintas variables (el número de categorías asignado a cada variable es distinto) y tampoco se considera el mayor o menor grado de dificultad de cada ítem o grupo de ellos asociado a cada variable, es necesario considerar este valor como una sugerencia adicional supeditada siempre a criterios cualitativos.

En las tablas 15, 16, 17 y 18, se muestran las 4 matrices de datos a las que se hace referencia en la tabla 14. Estas constituyen las fuentes de datos a partir de las cuales se realiza el análisis estadístico de los dos capítulos que siguen.



**Tabla 15.** Matriz de datos E\_PRE

	Edad	Sex	AGA-A	PIN-A	AMA-A	AMP-A	VER-A	TEM-A	ALA-A	PAL-A	ALP-A	ACA-A	ACP-A	PAI_A	AAN-A	APO-A	GCO-A
E1	13	M	1	1	3	3	2	1	3	2	2	2	1	3	1	2	1
E2	13	M	1	1	3	3	2	1	4	2	2	2	1	4	1	2	1
E3	12	M	1	1	3	3	3	1	4	2	2	2	1	2	1	1	1
E4	13	F	1	1	3	3	1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	1
E5	13	F	1	1	3	1	1	1	4	2	3	1	4	3	2	3	1
E6	13	M	1	1	3	3	1	1	4	2	3	2	3	1	1	2	1
E7	13	F	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	4	2	1	1
E8	12	M	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	1
E9	12	M	1	1	3	3	2	1	4	2	3	2	3	2	3	3	1
E10	12	M	1	1	3	3	2	1	1	1	2	1	2	4	3	3	2
E11	12	M	1	1	1	1	1	1	4	2	2	1	2	2	3	2	2
E12	12	M	1	1	1	1	1	1	3	2	2	1	2	1	2	2	1
E13	13	M	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	2	3	2	2
E14	12	F	1	1	2	2	1	1	4	2	2	2	2	4	1	2	2
E15	12	F	1	1	1	2	1	1	4	2	2	2	2	4	1	2	2
E16	15	F	1	1	1	1	1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	1
E17	12	F	1	1	1	1	1	1	4	2	1	2	1	4	1	1	1
E18	12	F	1	1	3	2	1	1	3	2	1	2	1	2	2	2	1
E19	12	F	1	1	2	3	1	1	4	2	1	1	1	4	1	1	2
E20	12	F	1	1	3	3	1	1	3	2	2	1	1	2	2	2	1
E21	12	F	2	1	3	4	3	1	4	2	3	2	3	2	3	2	2
E22	12	F	1	1	2	3	2	1	4	2	3	1	3	4	3	1	2
E23	13	M	1	1	1	2	1	1	4	2	1	1	2	2	1	1	1
E24	12	F	1	1	3	3	2	1	4	2	1	2	1	4	1	1	1
E25	12	F	1	1	2	1	1	1	4	2	1	2	1	4	2	1	1
E26	12	M	1	1	1	1	1	1	3	1	3	1	1	2	1	1	1
E27	12	F	1	1	1	1	1	1	3	2	2	2	2	4	1	2	1
E28	12	F	1	1	1	1	1	1	4	2	2	2	1	4	1	1	1
E29	13	M	2	1	3	1	1	1	3	2	1	2	1	4	3	2	1
E30	12	F	1	1	3	2	3	1	3	2	3	2	3	2	3	3	2
E31	12	F	1	1	1	1	1	1	4	2	3	2	3	4	2	2	1

**Tabla 16.** Matriz de datos E POS

	Edad	Sex	AGA-B	PIN-B	AMA-B	AMP-B	VER-B	TEM-B	ALA-B	PAL-B	ALP-B	ACA-B	ACP-B	PAI_B	AAN-B	APO-B	GCO-B
E1	13	M	2	2	3	4	3	2	5	2	3	2	3	4	3	4	5
E2	13	M	2	3	3	4	3	2	5	2	3	2	3	4	3	4	5
E3	12	M	2	2	3	4	3	2	5	2	3	2	3	4	3	4	5
E4	13	F	2	2	3	4	3	2	5	2	3	2	3	5	3	4	5
E5	13	F	1	2	3	3	2	2	5	2	3	1	4	5	3	4	5
E6	13	M	2	3	3	4	3	3	5	2	4	2	4	4	3	4	5
E7	13	F	1	2	2	3	2	2	5	2	2	2	2	5	3	4	5
E8	12	M	1	2	2	3	2	2	5	2	2	2	2	5	3	3	5
E9	12	M	2	3	3	4	3	2	5	2	4	2	4	4	4	4	6
E10	12	M	1	2	3	4	3	2	3	1	3	1	3	5	4	4	3
E11	12	M	1	2	2	3	3	2	5	2	3	2	3	4	4	4	5
E12	12	M	1	2	3	3	3	2	5	2	3	2	3	4	4	4	5
E13	13	M	2	2	2	3	2	2	5	2	3	2	3	4	4	4	5
E14	12	F	3	3	3	4	4	3	5	2	3	2	4	5	3	3	5
E15	12	F	2	2	2	3	2	2	5	2	3	2	3	5	3	4	6
E16	15	F	2	2	2	3	3	2	5	2	3	2	3	5	3	3	5
E17	12	F	2	2	2	3	3	2	5	2	3	2	3	5	3	3	5
E18	12	F	2	3	3	3	3	3	5	2	3	2	3	5	3	4	5
E19	12	F	2	2	2	3	3	2	5	2	3	2	2	5	3	3	5
E20	12	F	3	4	4	6	4	3	5	2	4	2	4	5	4	5	6
E21	12	F	3	4	3	4	4	3	5	2	4	2	4	5	4	4	5
E22	12	F	2	2	2	3	3	2	5	2	3	2	4	5	4	3	5
E23	13	M	2	2	2	3	2	2	5	2	3	2	3	4	3	3	5
E24	12	F	3	4	3	4	3	3	5	2	3	2	3	5	3	4	6
E25	12	F	2	3	3	4	2	3	5	2	2	2	2	5	5	5	3
E26	12	M	2	2	3	4	2	2	5	2	3	2	3	5	3	3	5
E27	12	F	2	3	3	4	3	3	5	2	3	2	3	5	3	3	5
E28	12	F	2	2	3	4	3	3	5	2	3	2	3	5	3	3	5
E29	13	M	3	4	4	6	4	3	5	2	4	2	3	5	4	5	6
E30	12	F	3	3	3	4	3	3	5	2	3	2	3	5	4	3	5
E31	12	F	2	2	2	3	2	2	5	2	3	2	3	5	3	3	3

Tabla 17. Matriz de datos U PRE

	Edad	Sex	AGA-A	PIN-A	AMA-A	AMP-A	VER-A	TEM-A	ALA-A	PAL-A	ALP-A	ACA-A	ACP-A	PAI-A	AAN-A	APO-A	GCO-A
U1	18	F	1	2	4	6	4	2	4	2	3	1	3	3	5	5	5
U2	28	F	1	2	3	4	3	4	4	2	3	2	2	3	3	3	3
U3	21	M	1	3	3	4	3	2	4	2	3	2	3	3	4	4	3
U4	19	F	1	2	4	6	4	3	4	2	5	2	5	3	4	4	3
U5	23	F	1	2	3	4	4	2	4	2	2	2	3	3	4	4	5
U6	22	F	1	1	1	2	2	2	3	2	2	1	2	2	3	3	3
U7	19	M	1	1	1	2	2	3	4	2	3	1	3	2	1	2	3
U8	18	F	1	2	3	4	3	2	4	2	2	1	3	4	4	4	5
U9	21	F	1	1	3	4	3	2	4	2	4	2	3	4	4	4	5
U10	21	F	1	2	4	6	4	2	3	2	4	2	3	4	4	4	3
U11	18	F	1	1	1	2	2	2	3	1	2	1	3	2	3	2	3
U12	19	F	1	1	2	2	3	2	4	2	3	2	3	4	4	4	5
U13	17	F	1	1	3	4	4	2	4	2	3	2	3	4	4	3	5
U14	18	F	3	3	4	6	4	4	4	2	5	2	3	3	4	5	3
U15	19	M	2	3	3	4	4	4	4	2	4	2	5	4	4	5	5
U16	18	M	1	2	3	4	3	2	3	2	3	1	2	3	3	4	4
U17	21	F	1	3	3	4	3	4	4	2	3	2	3	4	3	4	5
U18	19	F	1	3	4	6	4	4	5	2	5	2	5	4	5	5	6
U19	17	F	1	2	3	4	3	2	4	2	3	2	3	4	4	3	3
U20	18	M	1	2	3	4	3	2	4	2	3	2	3	3	3	4	5
U21	36	M	3	2	3	4	4	2	4	2	4	2	5	4	4	4	5
U22	21	F	3	3	3	4	4	2	5	2	4	2	5	4	5	5	6
U23	22	F	1	1	3	4	4	2	4	2	4	2	3	4	4	4	5
U24	19	F	1	1	3	4	3	2	4	2	3	2	3	3	4	4	5
U25	32	M	1	3	4	6	4	2	4	2	3	2	3	3	4	5	3
U26	20	F	1	2	3	4	3	2	4	2	5	2	4	4	4	4	3
U27	18	F	1	2	4	6	4	2	4	2	5	2	5	4	5	5	6
U28	18	F	1	2	3	4	3	2	4	2	5	2	5	4	4	4	5
U29	22	F	1	3	4	6	4	2	4	2	5	1	5	4	5	4	6
U30	27	M	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	3

**Tabla 18.** Matriz de datos U POS

	Edad	Sex	AGA-B	PIN-B	AMA-B	AMP-B	VER-B	TEM-B	ALA-B	PAL-B	ALP-B	ACA-B	ACP-B	PAI-B	AAN-B	APO-B	GCO-B
U1	18	F	4	3	4	6	4	4	5	2	6	2	4	5	5	7	7
U2	28	F	4	3	4	6	4	5	5	2	5	2	5	5	6	5	5
U3	21	M	4	3	4	6	4	4	5	2	5	2	5	5	6	6	6
U4	19	F	4	3	4	6	5	6	5	2	6	2	6	5	6	7	6
U5	23	F	4	3	4	6	5	4	5	2	5	2	5	5	5	5	6
U6	22	F	3	3	3	4	3	3	5	2	5	2	4	5	4	4	5
U7	19	M	3	2	3	4	4	4	5	2	4	2	4	5	4	5	5
U8	18	F	3	3	4	6	5	5	5	2	5	2	5	5	5	5	6
U9	21	F	3	4	4	6	5	5	5	2	5	2	5	5	5	7	6
U10	21	F	4	3	4	6	5	5	5	2	5	2	5	5	5	7	5
U11	18	F	3	2	4	6	4	4	5	2	5	2	5	5	4	6	5
U12	19	F	4	3	4	6	4	5	5	2	5	2	5	5	5	6	6
U13	17	F	4	3	4	6	5	5	5	2	7	2	6	5	5	6	6
U14	18	F	4	4	4	6	5	6	5	2	7	2	6	5	6	7	6
U15	19	M	4	4	4	6	5	5	5	2	6	2	6	5	5	7	6
U16	18	M	3	3	4	6	5	5	5	2	6	2	5	5	5	5	6
U17	21	F	3	4	4	6	4	5	5	2	5	2	6	5	5	6	6
U18	19	F	4	4	4	6	5	6	5	2	7	2	6	5	6	9	7
U19	17	F	2	3	4	6	5	5	5	2	6	2	6	5	5	6	6
U20	18	M	4	3	4	6	4	5	5	2	5	2	5	5	5	6	6
U21	36	M	4	3	4	6	5	5	5	2	6	2	6	5	6	6	6
U22	21	F	4	4	4	6	5	6	5	2	7	2	6	5	6	8	7
U23	22	F	3	3	4	6	5	5	5	2	6	2	6	5	6	7	7
U24	19	F	4	4	4	6	4	5	5	2	5	2	5	5	5	6	7
U25	32	M	4	3	4	6	5	5	5	2	7	2	6	5	6	8	7
U26	20	F	3	3	4	6	4	5	5	2	6	2	6	5	6	5	6
U27	18	F	4	4	4	6	5	6	5	2	6	2	6	5	6	9	7
U28	18	F	3	3	4	6	4	5	5	2	6	2	6	5	5	7	7
U29	22	F	3	4	4	6	5	6	5	2	7	2	6	5	6	9	7
U30	27	M	2	2	2	2	3	3	4	2	4	2	4	5	4	5	4

*CAPÍTULO* **4**

***RESULTADOS I:  
APRENDIZAJE DE LOS  
ESTUDIANTES  
DE 12-13 AÑOS***



En este capítulo se va a afrontar el estudio del aprendizaje experimentado por los estudiantes de 12-13 años tras la intervención didáctica realizada. Para ello, el capítulo se estructura en tres apartados. En el primero, se realizará la identificación de los niveles iniciales o previos a la intervención; en el segundo la de los niveles finales o posteriores a la misma; y, por último, en el tercer apartado, se analiza el aprendizaje experimentado por estos estudiantes, distinguiendo entre aprendizaje de competencias y de contenidos específicos, y asociando el primero al cambio de nivel de esquemas explicativos puestos en juego por el estudiante.

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha usado el paquete SPSS 15.0, que pone la Universidad de Granada a disposición de sus alumnos, por ser uno de los programas más potentes y, a la vez, disponer de un gran número de módulos para el tratamiento multivariable.

<b>4.1</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES INICIALES DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS (MATRIZ E-PRE)</b>
------------	--

La matriz de datos que recoge el comportamiento de los alumnos de 12-13 años ante la prueba de evaluación, y antes de la intervención educativa, es E\_PRE y se muestra en la Tabla 15, situada en el apartado 3.5. En ella, además de las variables personales EDAD y SEXO, aparecen 15 variables que representan el comportamiento de estos estudiantes ante cada ítem o conjunto de ítems con un propósito común establecido (lo que ha sido identificado como módulo categorial) en la prueba de evaluación utilizada. Estas variables son: AGA\_A, PIN\_A, AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, TEM\_A, ALA\_A, PAL\_A, ALP\_A, ACA\_A, ACP\_A, PAI, AAN\_A, APO\_A y GCO\_A.

Estas 15 variables son de naturaleza categorial, pues su construcción depende del número de grupos de categorías que se han establecido en las mismas, basándose generalmente en criterios de analogías y diferencias. Por lo tanto, la distancia entre categorías no obedece a ningún tipo de métrica, como pudiera ser la distancia euclidiana. Por ejemplo, en el módulo categorial que determina la variable AMA se han establecido 4 grupos de categorías, de las cuales, estos estudiantes en esta instancia previa sólo ocupan las tres primeras posiciones y por ello AMA\_A sólo adopta los valores 1, 2 y 3. Sin embargo, en el módulo categorial que determina la variable ACP se han establecido 6 grupos de categorías, de las cuales, estos estudiantes en esta instancia previa sólo ocupan las cuatro primeras posiciones y por ello ACP\_A sólo adopta los valores 1, 2, 3 y 4 (ver Tabla 15). Por tanto, no se pueden equiparar los sujetos posicionados en el grupo categórico 2 de AMA\_A con los del grupo categórico 2 de ACP\_A.

Son variables categoriales ordinales todas las consideradas en la matriz de datos E\_PRE excepto EDAD y SEXO.

Para identificar los niveles explicativos iniciales de los estudiantes, se realizará un estudio exploratorio que incluye los siguientes apartados:

- Análisis estadístico de variables

- Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster.
- Análisis de correspondencias múltiples
- Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

#### 4.1.1 Análisis estadístico de variables

Algunos de los aspectos que merecen respuesta en un análisis estadístico de variables son:

- ¿Hay relación entre las distintas variables y, si así fuera el caso, cómo es esa relación?
- ¿Cuáles son las variables que mejor sintetizan la información latente en la matriz de datos?
- ¿Cuáles son las variables más representativas de los esquemas explicativos de los alumnos sobre la NCM?

Para responder a estas cuestiones, se han utilizado dos análisis complementarios: el de correspondencias entre variables y el análisis factorial.

Los objetivos de estas técnicas son diferentes, pues mientras que la primera permite conocer la relación entre las distintas variables, la segunda tiene su sentido cuando existe esta relación, postulando la existencia de factores subyacentes o construcciones factoriales que explican los valores que aparecen en la matriz de correlaciones entre las variables. Por tanto, son complementarias pues un análisis factorial parte de la matriz de correlaciones para la extracción factorial.

##### A. Análisis de correlaciones en E\_PRE

La matriz de correlaciones bivariadas que se muestra en la Tabla 19, se ha obtenido seleccionando el coeficiente Rho de Spearman, dado que las variables consideradas son categoriales ordinales. Se podría decir que es la versión no paramétrica del coeficiente de correlación de Pearson basado en los rangos de las categorías más que en los mismos valores de las mismas.

Como se ve en esta Tabla 19, se han excluido del análisis las variables PIN\_A, TEM\_A y AGA\_A, por ser sus varianzas nulas (en el caso de PIN\_A y TEM\_A) o casi nulas (en el caso de AGA\_A) en la estructura de la matriz de datos.

**Tabla 19.** Matriz de correlaciones E\_PRE (Estudiantes de 12-13 años antes de la intervención)

	EDAD	SEXO	AMA_A	AMP_A	VER_A	ALA_A	PAL_A	ALP_A	ACA_A	ACP_A	PAI	AAN_A	APO_A	GCO_A
EDAD	1,000													
SEXO	-,224	1,000												
AMA_A	,098	-,044	1,000											
AMP_A	-,067	-,032	,718(**)	1,000										
VER_A	-,172	-,147	,588(**)	,665(**)	1,000									
ALA_A	,061	,269	-,145	,084	-,043	1,000								
PAL_A	,180	,309	,008	-,008	-,092	,450(*)	1,000							
ALP_A	-,204	-,117	,178	,198	,376(*)	-,099	-,203	1,000						



ACA_A	-,134	,073	,240	,106	,280	,000	,309	,152	1,000					
ACP_A	-,097	-,004	,051	,095	,197	,053	,048	,739(**)	,064	1,000				
PAI	,007	,445(*)	-,189	-,154	-,132	,299	,025	-,431(*)	,016	-,341	1,000			
AAN_A	-,134	-,072	,209	-,020	,252	-,319	-,064	,340	-,044	,482(**)	-,275	1,000		
APO_A	-,024	-,180	,403(*)	,132	,232	-,439(*)	-,072	,559(**)	,252	,618(**)	-,352	,530(**)	1,000	
GCO_A	-,292	,111	-,026	,240	,244	-,049	-,121	,271	-,033	,429(*)	,009	,404(*)	,274	1,000

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En la Tabla 19, se han señalado las variables que correlacionan al nivel de 95% de confianza y las que lo hacen al nivel del 99%. Un análisis detallado de la misma indica que:

- Las variables AMA\_A, AMP\_A y VER\_A tienen correlaciones altas entre sí que se mueven en el intervalo [0.59, 0.72]
- Lo mismo les ocurre a las variables ALP\_A, ACP\_A, APO\_A que, entre ellas muestran correlaciones situadas en el intervalo [0.56, 0.74]. En este grupo también podría introducirse prudentemente AAN\_A, pero, aunque sus correlaciones son altas con ACP\_A y APO\_A, no lo son tanto con ALP\_A.

Las correlaciones restantes son débilmente significativas o simplemente no lo son, lo que podría tener una primera lectura indicativa de que los esquemas explicativos de los estudiantes de 12-13 años antes de la intervención educativa están poco estructurados.

#### B. Análisis factorial de variables en E\_PRE

La técnica del análisis factorial extrae información significativa de la matriz de correlaciones, al tratar de averiguar si las interrelaciones son explicables en términos de un pequeño número de factores, no observados o latentes. El análisis factorial de componentes principales tiene la característica de no asumir previamente ninguna estructura en los datos. Es de tipo exploratorio y suele ser recomendado en un primer análisis de los mismos. Esta técnica pretende transformar el espacio de los datos definidos por las 14 variables (eliminando PIN\_A, TEM\_A y AGA\_A) en un nuevo espacio formado por un número bastante menor de factores, de tal forma que éstos explican la mayor parte de la varianza (Caridad, 1989; en Benarroch, 1998b). Las variables originales son combinaciones lineales de los factores obtenidos y los coeficientes de dichas combinaciones lineales son indicativos de los “pesos” de las variables en los respectivos factores. Estos pesos representan la amplitud con la que las variables se relacionan con el factor hipotético.

El primer factor que se extrae de las variables es el que mejor resume la información contenida en la matriz de datos original, y, por tanto, el que contribuye a explicar la mayor parte de la varianza total; el segundo factor resume la restante información, es decir aporta un máximo de la varianza residual y es a su vez independiente del primero. Este proceso se puede seguir hasta que la varianza explicada por los factores extraídos sea del 100%.

Si se realiza el análisis factorial de componentes principales con todas las variables, se obtienen los resultados que se indican en la Tabla 20. En ella, se puede ver que seis han sido los factores seleccionados por el programa estadístico, por ser los que explican un grado de varianza de los datos mayor a la unidad. En conjunto, estos seis factores

explican el 79,996% de los datos y el primer factor sólo explica casi el 28% (exactamente el 27,944 %).

Pero lo más importante de este análisis es la posibilidad de interpretar el significado de los factores extraídos analizando la naturaleza de las variables que presentan unos pesos factoriales elevados en cada uno de ellos. Los pesos factoriales de las variables respecto a los factores construidos en este análisis pueden verse en la Tabla 21.

**Tabla 20.** Análisis factorial de E\_PRE. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	3,912	27,944	27,944	3,912	27,944	27,944
2	2,071	14,794	42,738	2,071	14,794	42,738
3	1,737	12,405	55,143	1,737	12,405	55,143
4	1,424	10,169	65,312	1,424	10,169	65,312
5	1,043	7,451	72,763	1,043	7,451	72,763
6	1,013	7,233	79,996	1,013	7,233	79,996

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla 21.** Análisis factorial de E\_PRE. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
<b>EDAD</b>	-,319	-,041	-,090	-,470	,571	,402
<b>SEXO</b>	-,227	,469	,380	,502	,118	,184
<b>AMA_A</b>	,556	,411	-,540	-,062	,144	,268
<b>AMP_A</b>	,490	,487	-,523	,124	,285	-,229
<b>VER_A</b>	,646	,403	-,340	,109	,030	-,152
<b>ALA_A</b>	-,407	,638	,373	-,237	,144	-,335
<b>PAL_A</b>	-,227	,696	,356	-,303	,048	,166
<b>ALP_A</b>	,750	-,008	,330	-,167	-,064	-,259
<b>ACA_A</b>	,201	,535	-,003	-,069	-,677	,273
<b>ACP_A</b>	,677	,059	,595	-,172	,169	-,028
<b>PAI</b>	-,493	,177	,024	,592	,064	,333
<b>AAN_A</b>	,660	-,217	,259	,122	,140	,263
<b>APO_A</b>	,784	-,141	,159	-,127	-,080	,437
<b>GCO_A</b>	,470	-,038	,285	,573	,235	-,130

Método de extracción: Análisis de componentes principales. 6 componentes extraídos

Atendiendo únicamente al componente 1, que como se ha dicho explica por sí solo casi el 28% de la varianza, las variables que presentan pesos factoriales altos en el mismo son AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, ALP\_A, ACP\_A, AAN\_A y APO\_A, que coinciden con las que tenían altas interrelaciones en la matriz de correlaciones (Tabla 19). Por tanto, es posible concluir que este grupo de variables son las más significativas para extraer los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años antes de la intervención educativa. Dado que constituyen las variables más significativas, se construye la

variable SUMA\_A a partir de la suma aritmética de sus valores y se introduce dicha variable en la matriz de datos original de estos estudiantes (E\_PRE).

#### 4.1.2 Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster

El análisis de cluster es una herramienta exploratoria diseñada para mostrar grupos (o clusters) dentro de un conjunto de datos que, de otra manera no podrían ser visibles. El algoritmo empleado por este procedimiento tiene varias características que lo diferencian de las técnicas tradicionales:

- La habilidad para crear clusters basados en variables categóricas y continuas.
- Selección automática del número de clusters.
- Habilidad para analizar grandes archivos de datos eficientemente

El programa estadístico “Análisis de Conglomerado en dos Fases” da la opción al usuario de elegir el número de clúster que desea construir, o bien, calcula por defecto el mejor número de clusters. En el caso de una agrupación automática, en nuestro caso, el programa elige tres clusters, valor que aporta un Criterio Bayesiano de Schwarz (BIC) inferior, como se muestra en la Tabla 22.

**Tabla 22.** Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos E\_PRE

Número de conglomerados	Criterio bayesiano de Schwarz (BIC)	Cambio en BIC(a)	Razón de cambios en BIC(b)	Razón de medidas de distancia(c)
1	468,889			
2	438,613	-30,276	1,000	1,324
3	429,202	-9,411	,311	1,309
4	434,990	5,787	-,191	1,250
5	450,623	15,633	-,516	1,923
6	485,129	34,506	-1,140	1,098
7	521,454	36,325	-1,200	1,007
8	557,909	36,455	-1,204	1,053
9	595,295	37,387	-1,235	1,342
10	637,158	41,863	-1,383	1,328
11	682,255	45,097	-1,490	1,094
12	728,197	45,942	-1,517	1,014
13	774,259	46,063	-1,521	1,009
14	820,400	46,141	-1,524	1,268
15	868,400	48,000	-1,585	1,181

a Los cambios proceden del número anterior de conglomerados de la tabla.

b Las razones de los cambios están relacionadas con el cambio para la solución de los dos conglomerados.

c Las razones de las medidas de la distancia se basan en el número actual de conglomerados frente al número de conglomerados anterior.

Por tanto, los estudiantes de 12-13 años, antes de la intervención didáctica, pueden quedar agrupados en 3 clusters, cuyos valores centrales en las variables más significativas, así como en la variable SUMA\_A, se muestran en la Tabla 23. De ella, se extrae que el conglomerado 3 es el formado por los alumnos de mejor rendimiento; le sigue el conglomerado 1 y, por último el número 2. Además, como se ve en la misma Tabla 23, las variables que más discriminan a los estudiantes de estos conglomerados son AMP\_A y ALP\_A.

**Tabla 23.** Centros iniciales de los conglomerados en E\_PRE

	Conglomerado		
	1	2	3
AMA_A	3	1	3
AMP_A	4	1	3
VER_A	3	1	3
ALP_A	3	1	2
ACP_A	3	1	1
AAN_A	3	1	1
APO_A	2	1	1
SUMA_A	21,00	7,00	14,00

Se puede solicitar al programa que nos aporte la información del conglomerado en el que queda mejor ubicado cada estudiante, y el resultado de esta solicitud se muestra en la Tabla 24, en la que se contabilizan siete alumnos en el conglomerado 1, diez en el 2 y catorce en el 3. En esta Tabla 24 también se muestra la distancia de cada caso o estudiante al centro del conglomerado, lo que es una medida inversa del grado en que el estudiante queda representado por su conglomerado. Así, el estudiante 10 representa bien el conglomerado 1; el estudiante 28 el conglomerado 2 y, entre los casos incluidos en el conglomerado 3, el mejor representante sería el estudiante 14.

**Tabla 24.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E\_PRE (variable CLUSTER)

Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia	Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia
1	3	2,283	16	2	1,530
2	3	2,283	17	2	1,530
3	3	2,841	18	3	1,389
4	3	2,375	19	2	2,518
5	1	2,770	20	3	2,121
6	1	3,110	21	1	3,110
7	2	1,068	22	1	2,259
8	2	1,530	23	2	1,319
9	1	1,761	24	3	2,018
10	1	1,591	25	2	1,393
11	3	2,220	26	2	1,772
12	3	2,283	27	2	2,131
13	3	2,220	28	2	,860
14	3	1,102	29	3	2,155
15	3	2,121	30	1	2,129
			31	3	2,632

Como consecuencia de este análisis, se introducen en la matriz de datos E\_PRE dos nuevas variables denominadas respectivamente CLUSTER creada automáticamente por

el programa estadístico y cuyos valores se muestran en la Tabla 24, y CLUSTER\_A en la que se adjudica un orden lógico a los valores de los conglomerados, de modo que en esta variable 1 es el de menor rendimiento y 3 el de mayor.

La recodificación realizada para la obtención de CLUSTER\_A a partir de CLUSTER es la siguiente:

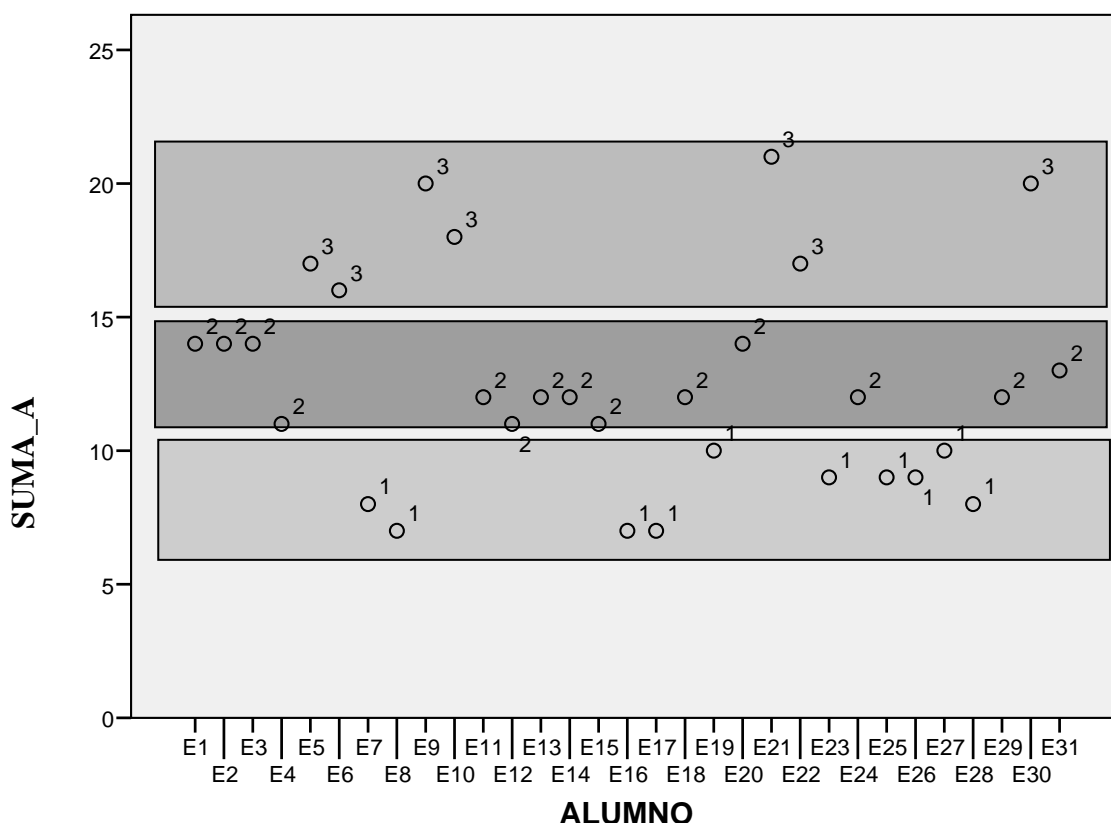
CLUSTER	CLUSTER_A
1	3
3	2
2	1

Los valores de la variable CLUSTER\_A se muestran en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E\_PRE (variable CLUSTER\_A)

Número de caso	Conglomerado (CLUSTER_A)	Distancia	Número de caso	Conglomerado (CLUSTER_A)	Distancia
1	2	2,283	16	1	1,530
2	2	2,283	17	1	1,530
3	2	2,841	18	2	1,389
4	2	2,375	19	1	2,518
5	3	2,770	20	2	2,121
6	3	3,110	21	3	3,110
7	1	1,068	22	3	2,259
8	1	1,530	23	1	1,319
9	3	1,761	24	2	2,018
10	3	1,591	25	1	1,393
11	2	2,220	26	1	1,772
12	2	2,283	27	1	2,131
13	2	2,220	28	1	,860
14	2	1,102	29	2	2,155
15	2	2,121	30	3	2,129
			31	2	2,632

En la Figura 23 se muestra la representación de la variable SUMA\_A de cada estudiante con indicación de su conglomerado. En él se puede observar que los intervalos adoptados por dicha variable en cada conglomerado son distintos, de modo que para los respectivos conglomerados 1, 2 y 3 adquiere valores comprendidos en los intervalos [6, 9] , [10, 13] y [15, 18].



**Figura 23.** Representación cartesiana de la variable SUMA\_A de los estudiantes de 12-13 años antes de la intervención. Asociación por conglomerados

### 4.1.3 Análisis de correspondencias múltiples

La identificación del comportamiento cognitivo de los sujetos y/o grupos de sujetos durante la entrevista, conduce a la necesidad de profundizar en las relaciones de dependencia que se establecen entre las variables categóricas definidas anteriormente.

En concreto, interesa conocer:

- Cómo se relacionan los distintos valores o categorías de dichas variables.
- Qué variables están bien construidas o, por el contrario, cuáles tienen inversiones o lagunas en los órdenes categoriales.
- Cómo modificar los módulos categoriales para que sean verdaderamente representativos de la evolución cognitiva de los sujetos y no de los esquemas de partida de la entrevistadora.

La técnica de análisis de datos que resulta adecuada para resolver problemas donde juegan un papel importante las variables categóricas, es el análisis de correspondencias

múltiples (ACM). Sus consideraciones son de carácter geométrico, está dentro de las técnicas descriptivas de la estadística, y permite el paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, de lo heterogéneo a una construcción de orden estructural (Cornejo, 1988, citado en Benarroch, 1998b).

El ACM permite estudiar una población de individuos descritos por varias variables cualitativas (o categóricas). Los valores posibles que toman las variables categóricas, se denominan modalidades de la variable.

Una de las aplicaciones más corrientes del ACM es el tratamiento del conjunto de respuestas a una encuesta. En nuestro caso, cada variable construida inductivamente de la entrevista constituye una variable categórica cuyas modalidades son las agrupaciones de respuestas propuestas, llamadas en esta investigación categorías empíricas.

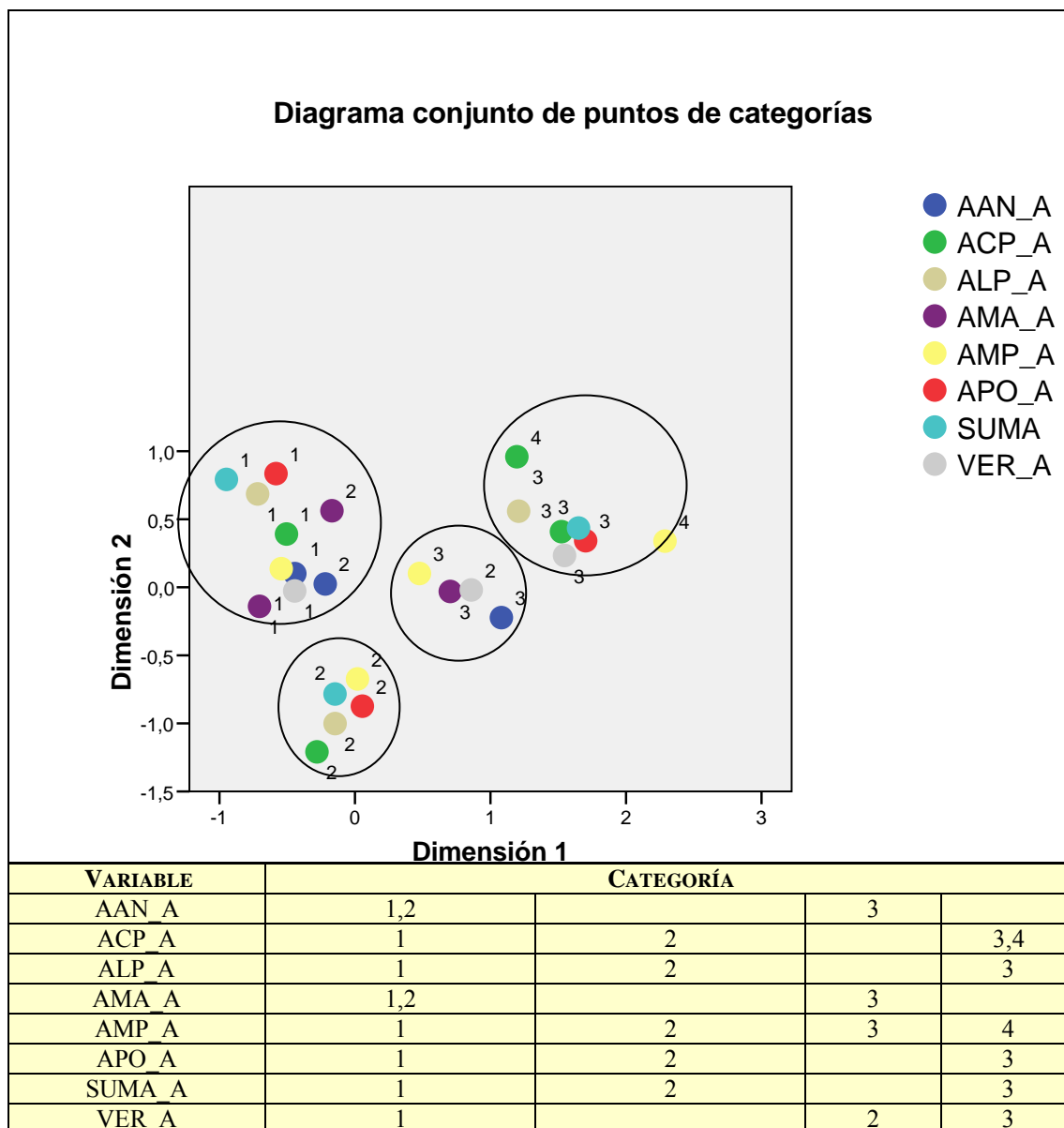
En el SPSS, cuando se quiere realizar un ACM con varias variables, hay que utilizar el módulo “Escalamiento óptimo” (Analizar, Reducción de datos, Escalamiento óptimo). En él, se definen como variables de análisis todas las que han resultado significativas en el análisis de variables realizado previamente (esto es, SUMA\_A, AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, ALP\_A, ACP\_A, AAN\_A y APO\_A). Haciéndolo así, el ACM ofrece como resumen un estudio de la fiabilidad del análisis a través de la estimación del coeficiente del Alfa de Cronbach (ver Tabla 26). Considerando que en el ámbito educativo suele ser aceptable un coeficiente de fiabilidad de 0,60 o superior, el valor obtenido en la Tabla 26 indica que el cuestionario tiene una fiabilidad alta (Alfa de Cronbach promedio= 0,742). Así mismo, el Alfa de Cronbach proporciona información sobre las relaciones entre elementos individuales de la escala, es decir, entre las modalidades de cada escala.

**Tabla 26.** Resumen del modelo utilizado en el ACM (E\_PRE)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
	Total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza	Total (Autovalores)
1	,807	3,050	,508	50,840
2	,653	2,194	,366	36,569
<b>Total</b>		5,245	,874	
<b>Media</b>	,742(a)	2,622	,437	43,704

a El Alfa de Cronbach Promedio está basado en los autovalores promedio.

El programa presenta la opción de proporcionar un gráfico con todas las variables usadas en el análisis (Figura 24). Este gráfico es muy interesante para comparar el comportamiento relativo de las respectivas categorías de las variables. Por ejemplo, nos permite comprobar que la variable AMA\_A no discrimina bien a los estudiantes, puesto que sus categorías 1 y 2 caen dentro del primer círculo, mientras que carece de categoría en los círculos segundo y cuarto.

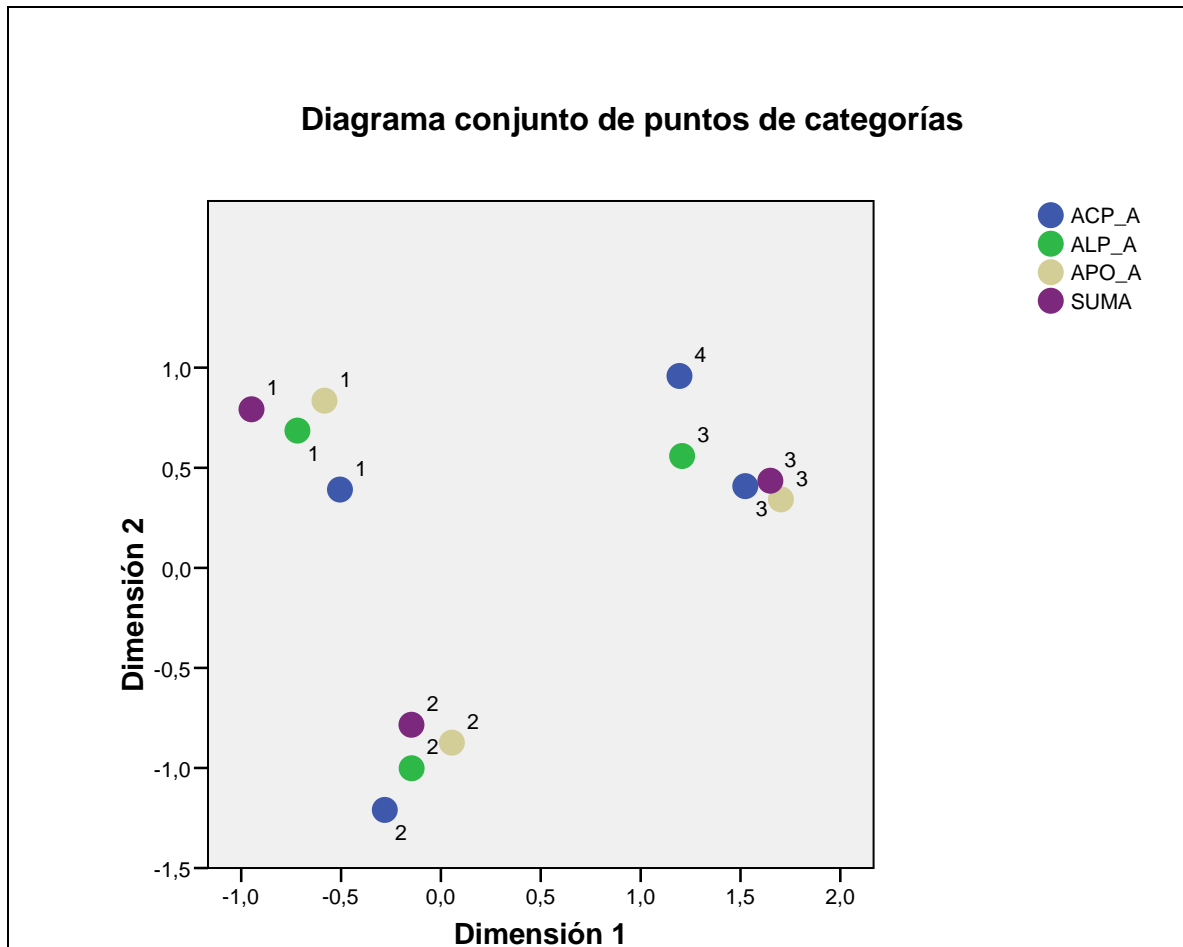


**Figura 24.** Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de E\_PRE

La comparación de las categorías que se ubican en cada uno de los círculos definidos en el espacio bidimensional nos lleva a concluir que, si bien la variable SUMA\_A se ha construido a partir de las todas las variables más significativas, su comportamiento muestra un paralelismo mayor con el conjunto formado únicamente por ALP\_A, ACP\_A y APO\_A.

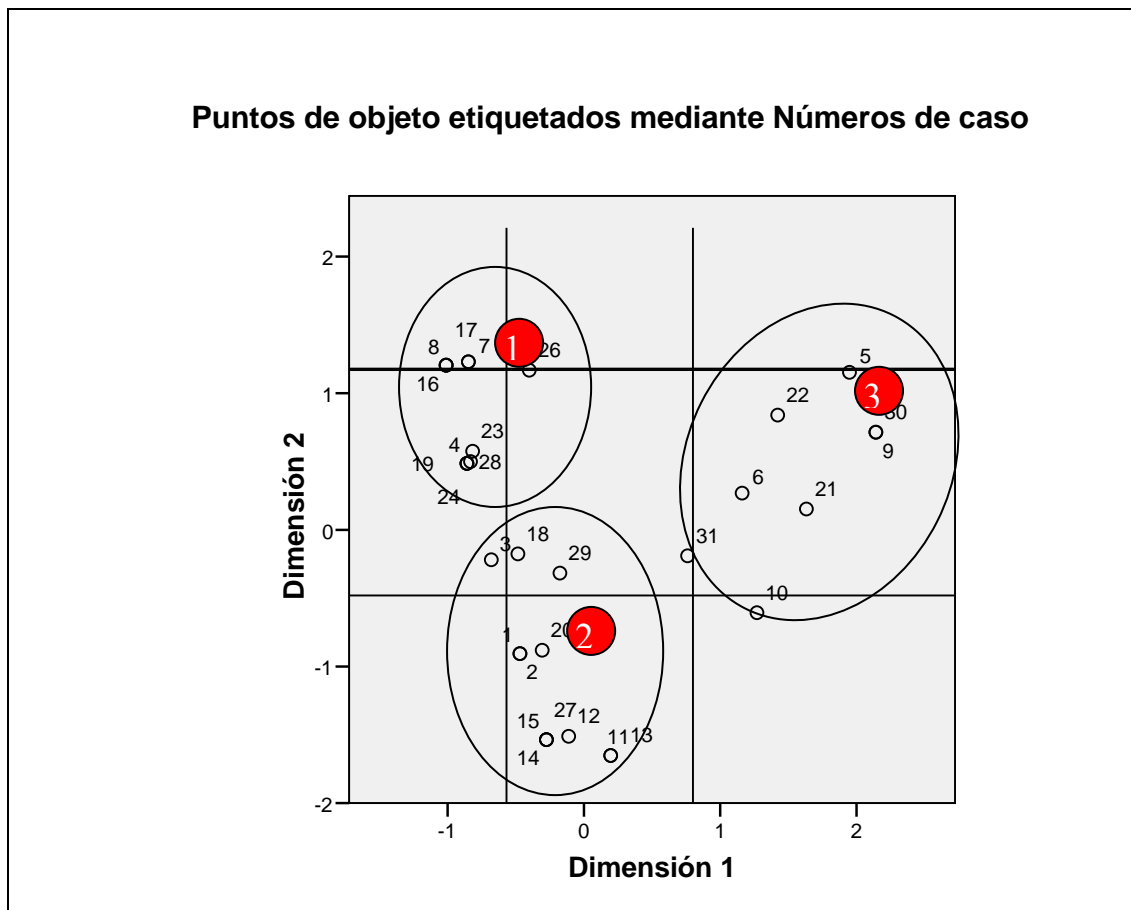
Un nuevo análisis de correspondencias con estas variables con comportamiento más homogéneo muestra, como se ve en la Figura 25, la alta coincidencia espacial de las categorías de las mismas y las de la variable SUMA\_A.





**Figura 25.** Análisis de correspondencias múltiples (E\_PRE) realizado únicamente con las variables cuyas categorías se corresponden mejor.

Asimismo, el programa permite la solicitud de un gráfico con los puntos de objetos (estudiantes, en nuestro caso) etiquetados mediante el número de caso, como se muestra en la Figura 26.



**Figura 26.** Análisis de correspondencias múltiples (E\_PRL). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas y homogéneas (ACP\_A, ALP\_A, APO\_A y SUMA\_A).

#### 4.1.4 Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

La ubicación de los estudiantes en este espacio gráfico es muy significativa para nuestro estudio, dado que éste ha sido construido por la correspondencia entre las categorías de las variables más determinantes y homogéneas de la matriz de datos. Si se le adjudica a cada estudiante el valor definido por su posición en este espacio gráfico, se obtienen los valores de la Tabla 27 en el que se ha llamado “nivel explicativo previo” (variable NIVEL\_PRE) al nuevo valor asignado.

**Tabla 27.** Nivel explicativo de los estudiantes de 12-13 años obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM

Sujeto	NIVEL_PRE	Sujeto	NIVEL_PRE	Sujeto	NIVEL_PRE
E1	2	E11	2	E21	3
E2	2	E12	2	E22	3
E3	2	E13	2	E23	1
E4	1	E14	2	E24	1
E5	3	E15	2	E25	1
E6	3	E16	1	E26	1
E7	1	E17	1	E27	2
E8	1	E18	2	E28	1
E9	3	E19	1	E29	2
E10	3	E20	2	E30	3
				E31	2

Si se comparan los valores adjudicados a los estudiantes en la variable ‘nivel explicativo’ definidos en la Tabla 27 con los obtenidos en el análisis cluster o de agrupamiento de sujetos (Tabla 25), se manifiesta una coincidencia en todos los estudiantes, salvo en E4, E24 y E27 (ver la comparación en la Tabla 28).

**Tabla 28.** Comparación de los valores de las variables ‘NIVEL\_PRE’ y ‘CLUSTER\_A’ para estudiantes de 12-13 años

Sujeto	NIVEL_PRE	CLUSTER_A	Sujeto	NIVEL_PRE	CLUSTER_A	Sujeto	NIVEL_PRE	CLUSTER_A
E1	2	2	E11	2	2	E21	3	3
E2	2	2	E12	2	2	E22	3	3
E3	2	2	E13	2	2	E23	1	1
E4	1	2	E14	2	2	E24	1	2
E5	3	3	E15	2	2	E25	1	1
E6	3	3	E16	1	1	E26	1	1
E7	1	1	E17	1	1	E27	2	1
E8	1	1	E18	2	2	E28	1	1
E9	3	3	E19	1	1	E29	2	2
E10	3	3	E20	2	2	E30	3	3
						E31	2	2

Evidentemente, esta coincidencia está manifestando tanto la bondad de los datos como la de los análisis realizados. La diferencia en el caso de los estudiantes 4, 24 y 27 pensamos que hay que resolverla a favor de la variable “nivel explicativo” que está construida únicamente a partir de las variables que mejor recogen el comportamiento homogéneo de los estudiantes (ALP\_A, ACP\_A y AAN\_A)

En consecuencia, la matriz de datos original de los estudiantes de 12-13 años queda implementada con las siguientes variables:

1. La variable SUMA\_A, calculada a partir de los valores de las variables más significativas cuya identificación ha sido posible gracias al análisis de variables realizado.

2. La variable CLUSTER que define el grupo asignado a cada estudiante por el análisis de conglomerados realizado. Esta variable es creada automáticamente por el Programa Estadístico al ejecutar el módulo de Conglomerado de K medias (ver sus valores en la Tabla 24)
3. La variable CLUSTER\_A que es una transformada de la anterior, en la que se han invertido los valores numéricos de modo que en ella 1 indica el grupo de menos rendimiento y 3 el de más rendimiento (ver sus valores en la Tabla 25).
4. La variable NIVEL\_PRE, obtenida a partir de la ubicación de los estudiantes en el espacio bidimensional estructurado por las variables cuyas categorías se comportan de modo más homogéneo entre sí y con la variable SUMA\_A. Sus valores se muestran en la Tabla 27.

La práctica coincidencia de las variables CLUSTER\_A y NIVEL\_PRE a pesar de los distintos módulos estadísticos que han conducido a su construcción, es una prueba palpable de la bondad de los análisis realizados. Como se ha dicho, pensamos que la segunda es más significativa que la primera, pero se mantendrán ambas en la matriz de datos para evitar tomar decisiones apresuradas que podrían tener efectos negativos en los estudios de aprendizaje que se realizarán más adelante.

<b>4.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES FINALES DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS (MATRIZ E-POS)</b>
------------	--

La matriz de datos que recoge el comportamiento de los alumnos de 12-13 años frente a la prueba de evaluación tras la intervención didáctica se muestra en la Tabla 16. En ella, además de las variables personales EDAD y SEXO, aparecen 15 variables que representan el comportamiento de estos estudiantes ante cada ítem o conjunto de ítems con un propósito común (lo que ha sido identificado como módulo categorial). Estas variables son: AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B, ALA\_B, PAL\_B, ALP\_B, ACA\_B, ACP\_B, PAI\_B, AAN\_B, APO\_B y GCO\_B. Tienen las mismas características categoriales ordinales que sus homónimas obtenidas antes de la intervención.

Para llegar a identificar los niveles explicativos finales de los estudiantes, se realizará un estudio exploratorio fundamentado en los mismos módulos estadísticos y con las mismas explicaciones que el usado en la identificación de los niveles iniciales, y, por tanto, incluye:

- Análisis estadístico de variables
- Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster.
- Análisis de correspondencias múltiples
- Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

#### 4.2.1 Análisis estadístico de variables

Recordamos que los objetivos de este análisis son, para este nuevo conjunto de variables, responder a las cuestiones:

- ¿Hay relación entre las distintas variables y, si así fuera el caso, cómo es esa relación?
- ¿Cuáles son las variables que mejor sintetizan la información latente en la matriz de datos?
- ¿Cuáles son las variables más representativas de los esquemas explicativos de los alumnos sobre la NCM?

Para ello, se aplican el análisis de correspondencias entre variables y el análisis factorial.

##### *A. Análisis de correlaciones en E\_POS*

La matriz de correlaciones bivariadas que se muestra en la Tabla 29, se ha obtenido seleccionando el coeficiente Rho de Spearman, dado que las variables consideradas son categoriales ordinales. A la vista de ella, interesa destacar:

- Las variables AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B y ALP\_B guardan entre ellas correlaciones altamente significativas al 99% de confianza salvo alguna excepción aislada que baja al 95% de confianza.
- Lo mismo le ocurre al trío formado por PAL\_B, ALA\_B y ACA\_B.
- Hay otras parejas de correlaciones también altamente significativas, tales como ACP\_B con VER\_B y ALP\_B; o la formada por PAI\_B y SEXO; y por GCO\_B con ALP\_B.

Estas correlaciones entre variables en E\_POS, comparadas con las encontradas antes de la intervención educativa (E\_PRE), sugieren una estructura de datos más interrelacionada pero también más compleja.

##### *B. Análisis factorial de variables en E\_POS*

Con la técnica del análisis factorial por el método de componentes principales aplicada a la matriz E\_POS, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 30. En ella, se puede ver que cinco han sido los factores seleccionados por el programa estadístico, por ser los que explican un grado de varianza de los datos mayor a la unidad. En conjunto, estos cinco factores explican el 78,956% de los datos y sólo los dos primeros factores explican casi el 51% (exactamente 50,739%).

**Tabla 29.** Matriz de correlaciones de E\_POS

	EDAD	SEXO	AGA_B	PIN_B	AMA_B	AMP_B	VER_B	TEM_B	ALA_B	PAL_B	ALP_B	ACA_B	ACP_B	PAI_B	AAN-B	APO-B	GCO-B
EDAD	1,000																
SEXO	-,224	1,000															
AGA_B	-,107	,315	1,000														
PIN_B	-,133	,152	,702(**)	1,000													
AMA_B	-,054	-,088	,422(*)	,655(**)	1,000												
AMP_B	-,057	-,115	,582(**)	,653(**)	,854(**)	1,000											
VER_B	-,144	,087	,555(**)	,567(**)	,548(**)	,560(**)	1,000										
TEM_B	-,231	,357(*)	,650(**)	,809(**)	,601(**)	,579(**)	,496(**)	1,000									
ALA_B	,125	,215	,293	,141	-,105	-,137	-,058	,135	1,000								
PAL_B	,125	,215	,293	,141	-,105	-,137	-,058	,135	1,000(**)	1,000							
ALP_B	,045	-,153	,514(**)	,507(**)	,481(**)	,473(**)	,636(**)	,315	,027	,027	1,000						
ACA_B	-,090	,043	,422(*)	,203	-,152	,041	,141	,195	,695(**)	,695(**)	,038	1,000					
ACP_B	-,004	,039	,349	,347	,366(*)	,280	,467(**)	,227	,036	,036	,731(**)	-,182	1,000				
PAI_B	-,292	,753(**)	,228	,124	,027	,036	,041	,326	-,117	-,117	-,197	-,168	-,127	1,000			
AAN_B	-,238	-,162	,104	,298	,230	,221	,242	,180	-,232	-,232	,254	-,070	,175	-,100	1,000		
APO_B	,193	-,212	,032	,399(*)	,507(**)	,376(*)	,170	,185	-,102	-,102	,272	-,147	,096	-,235	,445(*)	1,000	
GCO_B	,035	-,019	,416(*)	,393(*)	,244	,242	,327	,177	,373(*)	,373(*)	,499(**)	,287	,303	-,052	-,001	,272	1,000

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).  
 \*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

**Tabla 30.** Análisis Factorial de E\_POS. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,427	31,923	31,923	5,427	31,923	31,923
2	3,199	18,816	50,739	3,199	18,816	50,739
3	2,245	13,206	63,945	2,245	13,206	63,945
4	1,514	8,907	72,852	1,514	8,907	72,852
5	1,038	6,105	78,956	1,038	6,105	78,956

Método de extracción: Análisis de Componentes principales

**Tabla 31.** Análisis factorial de E\_POS. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos

	Componente				
	1	2	3	4	5
EDAD	-,136	,140	-,329	-,235	,755
SEXO	,115	,295	,816	-,182	,117
AGA_B	,791	,285	,223	-,077	-,061
PIN_B	,897	-,012	,132	,149	,050
AMA_B	,801	-,331	-,050	,091	,188
AMP_B	,838	-,252	-,043	,133	,188
VER_B	,781	-,098	-,005	-,244	-,119
TEM_B	,755	,039	,419	,152	-,005
ALA_B	,169	,918	-,115	,168	,040
PAL_B	,169	,918	-,115	,168	,040
ALP_B	,728	-,084	-,372	-,400	-,151
ACA_B	,215	,761	-,086	,344	-,214
ACP_B	,533	-,083	-,244	-,589	-,236
PAI_B	,090	-,024	,894	-,146	,200
AAN_B	,301	-,422	-,033	,543	-,257
APO_B	,467	-,359	-,274	,495	,343
GCO_B	,453	,489	-,341	-,216	,108

Método de extracción: Análisis de componentes principales.

Atendiendo a variables que tienen mayores pesos factoriales en el primer factor, éstas son AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B y, en menor medida, ACP\_B (ver Tabla 31). Excepto esta última, todas las demás coinciden con el grupo con correlaciones mayores según la matriz de correlaciones (Tabla 29).

Atendiendo al componente 2, las variables que lo saturan son ALA\_B, PAL\_B y ACA\_B (Tabla 31), que coinciden con el segundo grupo más homogéneo de la matriz de correlaciones.

Dado que el primer factor recoge bastante más varianza que el segundo, se puede concluir que las variables que mejor lo saturan (AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B) son las más significativas del mismo. En consecuencia, se construye la variable SUMA\_B a partir de la suma aritmética de sus valores y se introduce dicha variable en la matriz de datos original de estos estudiantes (E\_POS).

#### 4.2.2 Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster

El análisis de cluster es una herramienta exploratoria diseñada para mostrar grupos (o clusters) dentro de un conjunto de datos que, de otra manera no podrían ser visibles. El algoritmo empleado por este procedimiento tiene varias características que lo diferencian de las técnicas tradicionales:

- La habilidad para crear clusters basados en variables categóricas y continuas.
- Selección automática del número de clusters.
- Habilidad para analizar grandes archivos de datos eficientemente

El programa estadístico “Análisis de Conglomerado en dos Fases” da la opción al usuario de elegir el número de clúster que desea construir, o bien, calcula por defecto el mejor número de clusters. En el caso de una agrupación automática, en nuestro caso, el programa elige tres clusters, valor que aporta un Criterio Bayesiano de Schwarz (BIC) inferior, como se muestra en la Tabla 32.

**Tabla 32.** Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos E\_POS

Número de conglomerados	Criterio bayesiano de Schwarz (BIC)	Cambio en BIC(a)	Razón de cambios en BIC(b)	Razón de medidas de distancia(c)
1	412,168			
2	330,394	-81,774	1,000	1,811
3	305,222	-25,172	,308	2,653
4	323,551	18,330	-,224	1,018
5	342,349	18,797	-,230	1,095
6	363,397	21,048	-,257	1,830
7	395,148	31,751	-,388	1,027
8	427,237	32,090	-,392	1,132
9	460,789	33,551	-,410	1,129
10	495,610	34,821	-,426	1,286
11	532,613	37,004	-,453	1,304
12	571,397	38,784	-,474	1,063
13	610,530	39,132	-,479	1,132
14	650,306	39,776	-,486	1,000
15	690,082	39,776	-,486	1,000

a Los cambios proceden del número anterior de conglomerados de la tabla.

b Las razones de los cambios están relacionadas con el cambio para la solución de los dos conglomerados.

c Las razones de las medidas de la distancia se basan en el número actual de conglomerados frente al número de conglomerados anterior

Fijados el mejor número de clúster, se ejecuta para estas mismas variables, el módulo de clasificación de K-medias, para obtener, por un lado, los valores iniciales de las variables



con las que se ejecuta el módulo (Tabla 33), así como la pertenencia de cada estudiante al conglomerado en el que queda mejor ubicado (Tabla 34).

En la Tabla 33 se muestra que el conglomerado 1 es el de más rendimiento, seguido del 2 y del 3. También se observa que TEM\_B es la única variable que no discrimina bien entre conglomerados, a diferencia de las restantes.

En la Tabla 34 se contabiliza el número de estudiantes que pertenecen a cada conglomerado, de modo que hay 3 alumnos en el conglomerado 1, 13 en el conglomerado 2 y 15 en el conglomerado 3. Los mejores representantes de los mismos son los que tienen distancias menores a los centros de dichos conglomerados (por ejemplo, el estudiante 27 sería el mejor representante del conglomerado 2).

**Tabla 33.** Centros iniciales de los conglomerados en E\_POS

	Conglomerado		
	1	2	3
AGA_B	3	2	1
PIN_B	4	3	2
AMA_B	4	3	2
AMP_B	6	4	3
VER_B	4	3	2
TEM_B	3	3	2
ALP_B	4	3	2
SUMA_B	28	21	14

**Tabla 34.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E\_POS (variable CLUSTER)

Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia	Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia
1	2	1,909	16	3	,998
2	2	,936	17	3	,998
3	2	1,909	18	2	1,221
4	2	1,909	19	3	,998
5	3	1,123	20	1	1,247
6	2	1,741	21	1	2,494
7	3	2,620	22	3	,998
8	3	2,620	23	3	,772
9	2	1,221	24	2	2,820
10	3	2,175	25	2	2,243
11	3	,929	26	3	2,112
12	3	1,289	27	2	,644
13	3	,772	28	2	1,088
14	2	2,737	29	1	1,247
15	3	,772	30	2	1,650
			31	3	,772

Como consecuencia de este análisis, se introducen en la matriz de datos E\_POS dos nuevas variables denominadas respectivamente:

- CLUSTER creada automáticamente por el programa estadístico y cuyos valores se muestran en la Tabla 34, y

- CLUSTER\_B en la que se adjudica un orden lógico a los valores de los conglomerados, de modo que en esta variable, el valor 1 indica que el estudiante pertenece al conglomerado de menor rendimiento y 3 al de mayor.

La recodificación realizada para la obtención de CLUSTER\_B a partir de CLUSTER es la siguiente:

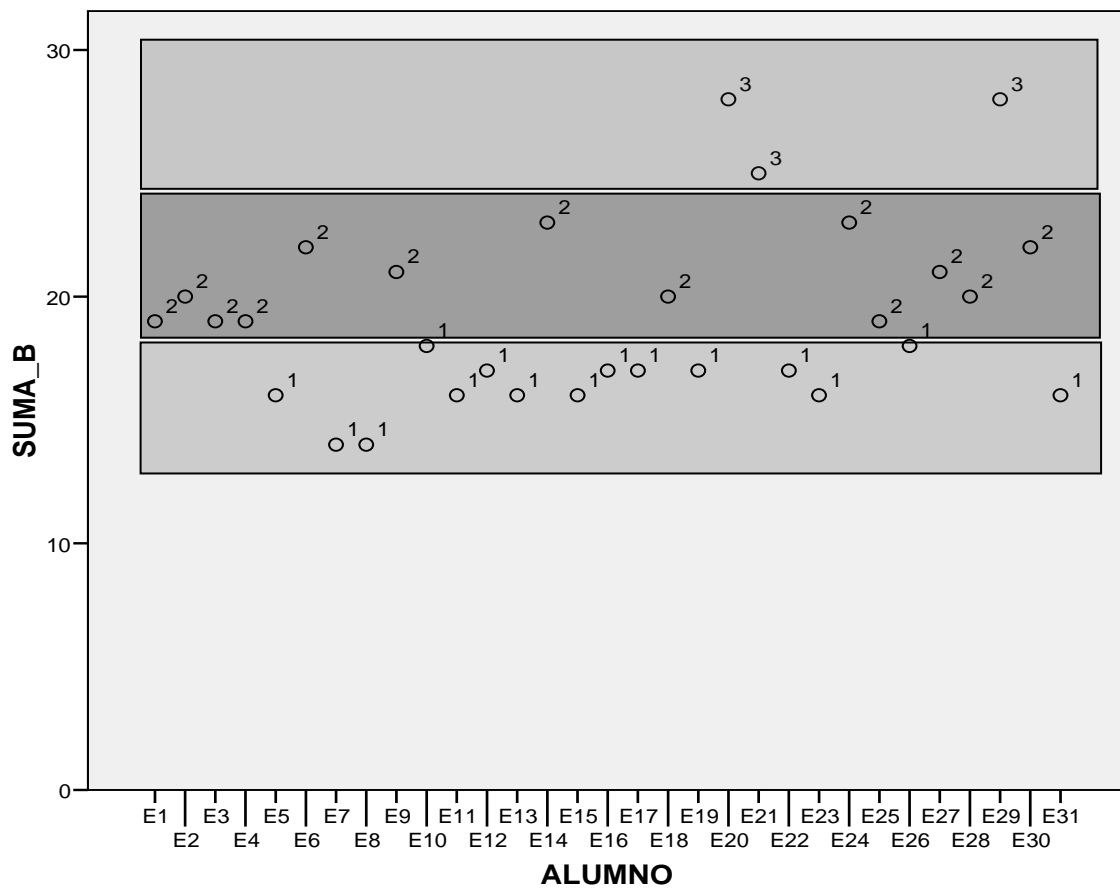
CLUSTER	CLUSTER_B
1	3
2	2
3	1

Los valores de la variable CLUSTER\_B se muestran en la Tabla 35.

**Tabla 35.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E\_POS (variable CLUSTER\_B)

Estudiante	Conglomerado (CLUSTER_B)	Distancia	Estudiante	Conglomerado (CLUSTER_B)	Distancia
1	2	1,909	16	1	,998
2	2	,936	17	1	,998
3	2	1,909	18	2	1,221
4	2	1,909	19	1	,998
5	1	1,123	20	3	1,247
6	2	1,741	21	3	2,494
7	1	2,620	22	1	,998
8	1	2,620	23	1	,772
9	2	1,221	24	2	2,820
10	1	2,175	25	2	2,243
11	1	,929	26	1	2,112
12	1	1,289	27	2	,644
13	1	,772	28	2	1,088
14	2	2,737	29	3	1,247
15	1	,772	30	2	1,650
			31	1	,772

En la Figura 27 se muestra la representación de la variable SUMA\_B de cada estudiante con indicación de su conglomerado. En ella se puede observar que los intervalos adoptados por dicha variable en cada conglomerado son distintos, de modo que para los respectivos conglomerados 1, 2 y 3 adquiere valores comprendidos en los intervalos [14, 18] , [19, 23] y [25, 28].



**Figura 27.** Representación cartesiana de la variable SUMA\_B de los estudiantes de 12-13 años *después* de la intervención. Asociación por conglomerados

### 4.2.3 Análisis de correspondencias múltiples

Las variables consideradas para la evaluación de los estudiantes de 12-13 años después de la intervención didáctica, recogidas en la Tabla 16, son, con las únicas excepciones de EDAD y SEXO, variables categoriales ordinales. Sus categorías, al igual que las homólogas del estudio E\_PRE, han sido definidas por criterios de analogías y diferencias de respuestas y posteriormente jerarquizadas siguiendo criterios intuitivos.

La técnica de análisis de datos que resulta adecuada para resolver problemas donde juegan un papel importante las variables categóricas, es el análisis de correspondencias múltiples (ACM). Sus consideraciones son de carácter geométrico, está dentro de las técnicas descriptivas de la estadística, y permite el paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, de lo heterogéneo a una construcción de orden estructural (Cornejo, 1988, citado en Benarroch, 1998b).

En concreto, interesa conocer:

- Cómo se relacionan los distintos valores o categorías de dichas variables.

- Qué variables están bien construidas o, por el contrario, cuáles tienen inversiones o lagunas en los órdenes categoriales.
- Cómo modificar los módulos categoriales para que sean verdaderamente representativos de la evolución cognitiva de los sujetos y no de los esquemas de partida de los investigadores.

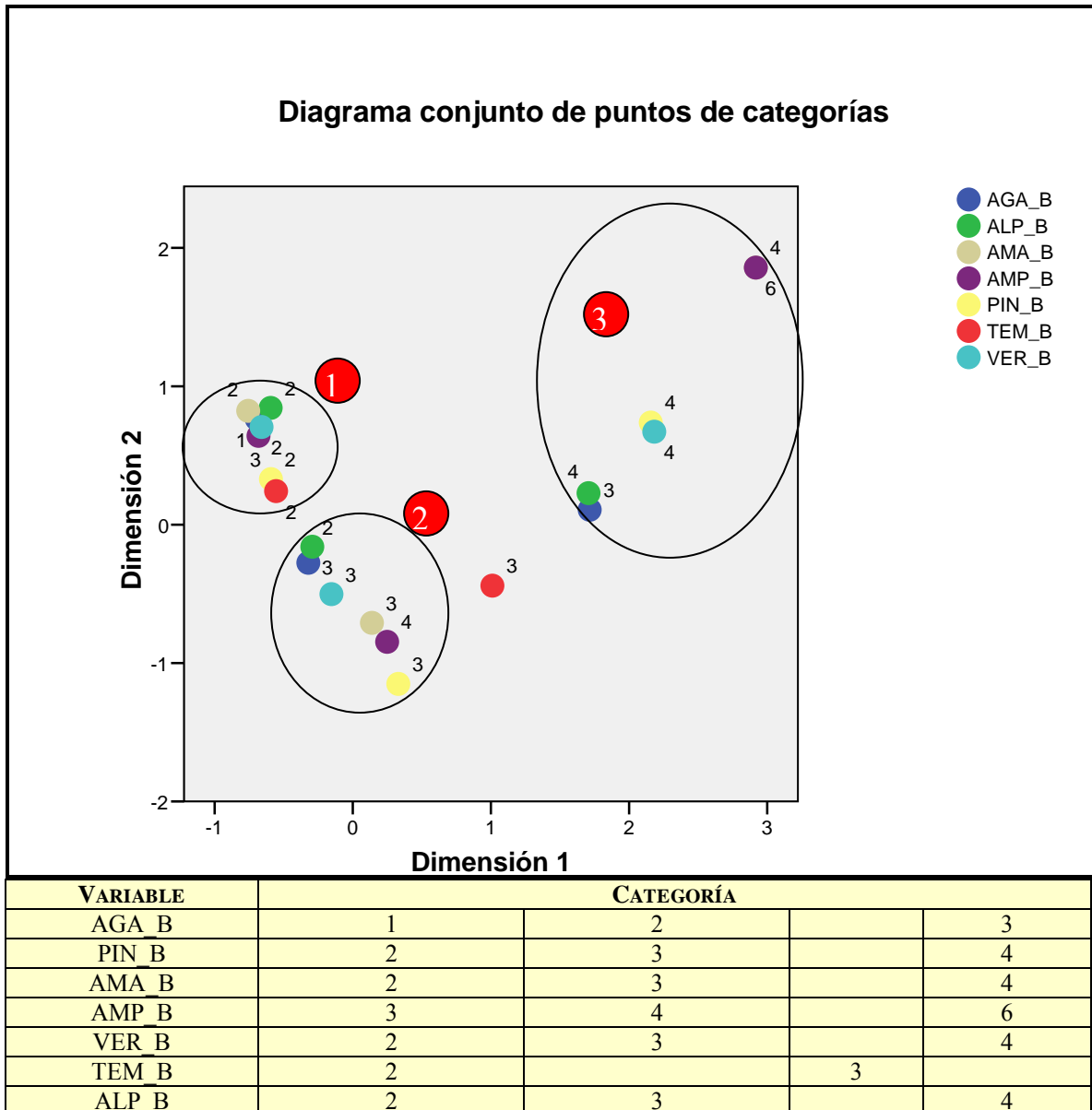
Para realizar el ACM, se aplica el módulo “Escalamiento óptimo” (Analizar, Reducción de datos, Escalamiento óptimo). En él, se definen como variables de análisis todas las que han resultado significativas en el análisis de variables realizado previamente (esto es, AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B y ALP\_B. La primera salida del ACM es un resumen de la fiabilidad del análisis a través de la estimación del coeficiente del Alfa de Cronbach (ver Tabla 36). El valor obtenido en la Tabla 36 indica que el cuestionario tiene una fiabilidad alta (Alfa de Cronbach promedio= 0,864) y mayor que el obtenido en el análisis de E\_PRE (0,742).

**Tabla 36.** Resumen del modelo utilizado en el ACM (E\_POS)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
	Total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza	Total (Autovalores)
<b>1</b>	,934	5,006	,715	71,519
<b>2</b>	,735	2,702	,386	38,606
<b>Total</b>		7,709	1,101	
<b>Media</b>	,864(a)	3,854	,551	55,062

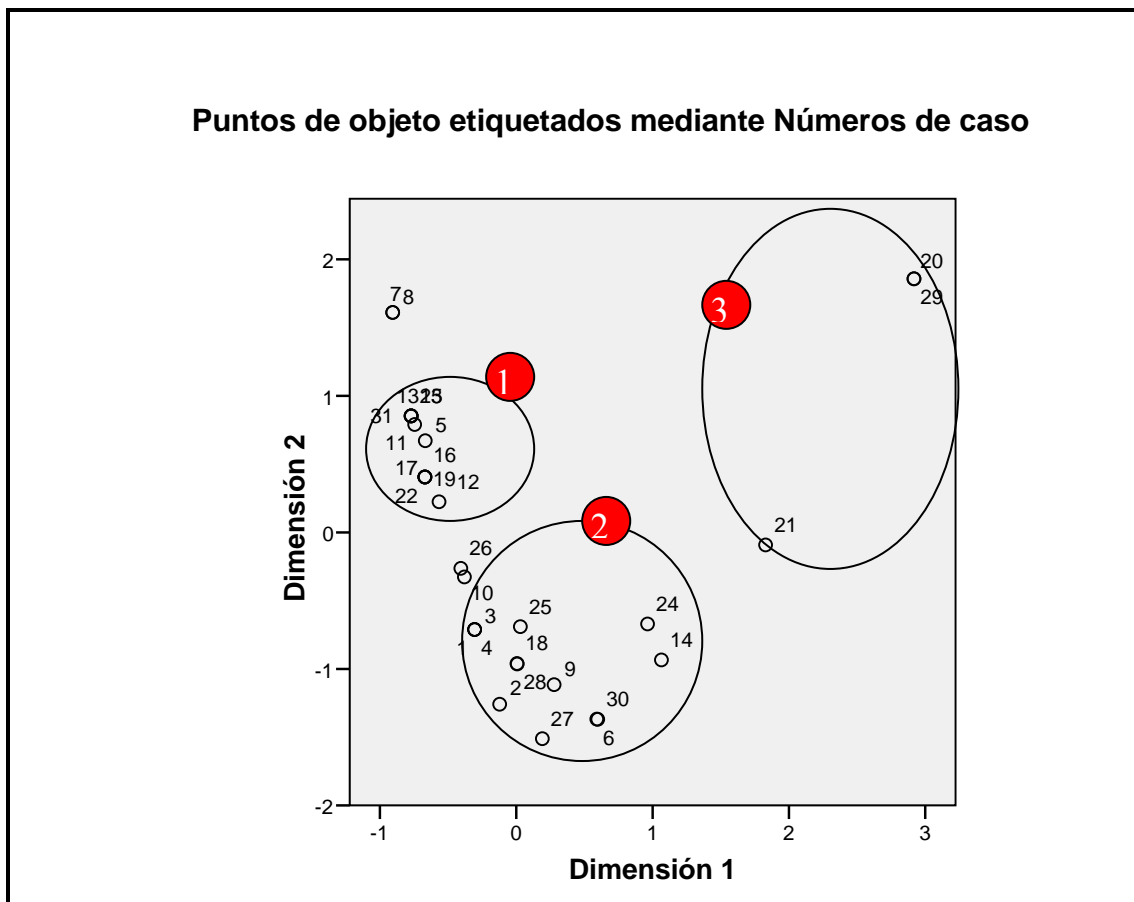
a El Alfa de Cronbach Promedio está basado en los autovalores promedio.

El programa también presenta la opción de proporcionar un gráfico con la disposición espacial de las categorías de todas las variables usadas en el análisis (Figura 28). Este gráfico es muy interesante para comparar el comportamiento relativo de las respectivas categorías de las variables. En este caso, nos permite corroborar el alto paralelismo existente entre las respectivas categorías de las variables. Esto es, no hay inversiones entre categorías y, aunque unas variables son más discriminatorias que otras, todas ellas lo hacen. La variable cuyo comportamiento es más divergente respecto a las demás es TEM\_B, que es dicotómica en este análisis, con valores categoriales 2 y 3. Si bien su categoría 2 sí correlaciona bien con las más bajas de las restantes, la categoría 3 se queda fuera de las zonas más densas categoriales (mostradas en la Figura 28 mediante círculos). En la zona inferior de la Figura 28 se muestra, mediante una tabla, las categorías que quedan encerradas en cada una de las zonas más pobladas del mismo.



**Figura 28.** Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de E\_POS

En el espacio gráfico definido por este ACM se le puede solicitar al programa que nos proporcione un gráfico con los puntos de objetos (estudiantes, en nuestro caso) etiquetados mediante el número de caso, lo que se muestra en la Figura 29.



**Figura 29.** Análisis de correspondencia múltiple (E-POS). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas (AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B)

#### 4.2.4 Identificación de los niveles explicativos finales de los estudiantes

La ubicación de los estudiantes en este espacio gráfico es muy significativa para nuestro estudio, dado que éste ha sido construido por la correspondencia entre las categorías de las variables más significativas de la matriz de datos. Si se le adjudica a cada estudiante el valor definido por su posición en este espacio gráfico, se obtienen los valores de la Tabla 37 en el que se ha llamado “nivel explicativo posterior” (variable NIVEL\_POS) al nuevo valor asignado.

**Tabla 37.** Nivel explicativo final de los estudiantes de 12-13 años, obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM

Sujeto	NIVEL_POS	Sujeto	NIVEL_POS	Sujeto	NIVEL_POS
E1	2	E11	1	E21	3
E2	2	E12	1	E22	1
E3	2	E13	1	E23	1
E4	2	E14	2	E24	2
E5	1	E15	1	E25	2
E6	2	E16	1	E26	2
E7	1	E17	1	E27	2
E8	1	E18	2	E28	2
E9	2	E19	1	E29	3
E10	2	E20	3	E30	2
				E31	1

Puesto que la variable ‘nivel explicativo’ clasifica a los estudiantes en tres grupos, es factible comparar sus valores con los obtenidos en el análisis cluster o de agrupamiento de sujetos (Tabla 35). Dicha comparación se muestra en la Tabla 38, en la que se manifiesta una coincidencia entre los valores de ambas variables para todos los estudiantes, con las únicas excepciones de E10 y E26.

**Tabla 38.** Comparación de los valores de las variables ‘NIVEL\_POS’ y ‘CLUSTER\_B’ para estudiantes de 12-13 años

Sujeto	NIVEL_POS	CLUSTER_B	Sujeto	NIVEL_POS	CLUSTER_B	Sujeto	NIVEL_POS	CLUSTER_B
E1	2	2	E11	1	1	E21	3	3
E2	2	2	E12	1	1	E22	1	1
E3	2	2	E13	1	1	E23	1	1
E4	2	2	E14	2	2	E24	2	2
E5	1	1	E15	1	1	E25	2	2
E6	2	2	E16	1	1	E26	2	1
E7	1	1	E17	1	1	E27	2	2
E8	1	1	E18	2	2	E28	2	2
E9	2	2	E19	1	1	E29	3	3
E10	2	1	E20	3	3	E30	2	2
						E31	1	1

Las diferencias para los estudiantes 26 y 10 quizás en este caso haya que resolverla a favor de la variable “CLUSTER\_B” dada la mala ubicación que estos estudiantes adquieren en el espacio gráfico definido por las mayores densidades categoriales (ver en la Figura 29 que los casos 10 y 26 no quedan bien integrados en ninguno de los círculos dibujados). No obstante, se mantienen en la base de datos E\_POS ambas variables para no tomar decisiones apresuradas que pudieran ser perjudiciales en los estudios de aprendizaje.

En consecuencia, la matriz de datos de los estudiantes de 12-13 años tras la intervención didáctica (E\_POS) queda implementada con las siguientes variables:

1. La variable SUMA\_B, calculada a partir de los valores de las variables más significativas cuya identificación ha sido posible gracias al análisis de variables realizado.
2. La variable CLUSTER que define el grupo asignado a cada estudiante por el análisis de conglomerados realizado. Esta variable es creada automáticamente por el Programa Estadístico al ejecutar el módulo de Conglomerado de K medias (ver sus valores en la Tabla 34)
3. La variable CLUSTER\_B que es una transformada de la anterior, en la que se han invertido los valores numéricos de modo que en esta variable, el valor 1 indica el grupo de menos rendimiento y 3 el de más rendimiento (ver sus valores en la Tabla 35).
4. La variable NIVEL\_POS, obtenida a partir de la ubicación de los estudiantes en el espacio bidimensional estructurado por las variables más significativas de la matriz de datos E\_POS. Sus valores se muestran en la Tabla 37.

### 4.3 RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES DE 12-13 AÑOS

Para analizar el grado de aprendizaje experimentado por los estudiantes de 12-13 años durante la intervención didáctica, realizaremos dos tipos de análisis: uno relacionado con el resultado acumulado a través de todas las variables del cuestionario de evaluación y otro relacionado con los niveles explicativos, que, como se ha dicho con anterioridad, han sido contruidos a partir de las variables más significativas del estudio.

Según el marco teórico de este estudio, las respuestas de los estudiantes son dependientes de esquemas generales y de esquemas específicos, los cuales interrelacionan entre sí, junto a los elementos figurativos, para generar las respuestas obtenidas. La hipótesis que subyace al diferenciar entre aprendizaje global y aprendizaje en niveles explicativos, es que el primero esté bastante más que el segundo, asociado a los elementos figurativos y no tanto a los verdaderos esquemas de conocimiento de los aprendices.

#### 4.3.1 Resultados de aprendizaje a partir del rendimiento acumulado en la entrevista

Para realizar este estudio, se introducen tres nuevas variables en la matriz de datos (formada ahora por la suma de las matrices E\_PRE y E\_POS). Estas son:

- RAE\_A: Resultado Acumulado de la Entrevista **antes** de la intervención didáctica. Es la suma aritmética de los valores de todas las variables categoriales ordinales de la matriz de datos E\_PRE.



- RAE\_B: Resultado Acumulado de la Entrevista **después** de la intervención didáctica. Es la suma aritmética de los valores de todas las variables categoriales ordinales de la matriz de datos E\_POS.
- GANANCIA\_RAE: Obtenida por diferencia entre RAE\_B y RAE\_A, representa el cambio en el Rendimiento Acumulado de la Entrevista.

Los estadísticos descriptivos para estas variables (Tabla 39) y la prueba T de Student para muestras relacionadas (Tabla 40) indican que el grupo de estudiantes ha experimentado un aprendizaje neto positivo, ya que la diferencia de medias entre RAE\_A y RAE\_B es significativa al 99% de confianza. Este aprendizaje, medido con la variable GANANCIA\_RAE oscila entre 12 y 35 puntos (ver mínimo y máximo de esta variable en la tercera fila de la Tabla 39) y su valor medio es de 20,81.

**Tabla 39.** Rendimientos acumulados de la entrevista (RAE) antes y después de la intervención educativa para estudiantes de 12-13 años

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
RAE_A	31	20	37	27,06	4,049
RAE_B	31	41	61	47,87	4,870
Ganancia_RAE	31	12	35	20,81	4,936
N válido (según lista)	31				

**Tabla 40.** Prueba T de medias entre RAE\_A y RAE\_B para muestras relacionadas (estudiantes de 12-13 años)

	Diferencias relacionadas				
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
				Superior	Inferior
RAE_B - RAE_A	-20,806	4,936	,886	-22,617	-18,996

T= -23,471; Grado de significación: 0,000

A continuación, se analizan estas ganancias de RAE en función del nivel inicial de los estudiantes (variable NIVEL\_PRE).

- ❶ Para los 11 alumnos con menor nivel inicial (NIVEL\_PRE=1), se obtiene una ganancia media de 22 puntos, fuertemente significativa.

**Tabla 41.** Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de 12-13 años

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
RAE_A	23,73	11	2,328	,702
RAE_B	45,73	11	3,409	1,028

**Tabla 42.** Prueba de muestras relacionadas para el grupo inferior de 12-13 años

	Diferencias relacionadas				
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
				Superior	Inferior
<b>RAE_B - RAE_A</b>	22,000	2,569	,775	-23,726	-20,274

T= -28,402; Grado de significación: 0,000

- ② Para los 13 alumnos con nivel inicial intermedio (NIVEL\_PRE=2), la ganancia media no difiere mucho de los anteriores y es también fuertemente significativa.

**Tabla 43.** Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de 12-13 años

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
<b>RAE_A</b>	26,92	13	2,178	,604
<b>RAE_B</b>	49,00	13	5,642	1,565

**Tabla 44.** Prueba de muestras relacionadas para el grupo medio de 12-13 años

	Diferencias relacionadas				
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
				Superior	Inferior
<b>RAE_B - RAE_A</b>	22,077	5,993	1,662	-25,698	-18,456

T= -13,283; Grado de significación: 0,000

- ③ Para los 7 alumnos con nivel inicial superior (NIVEL\_PRE=3), la diferencia de medias baja un poco (16,571), aunque sigue siendo altamente significativa.

**Tabla 45.** Estadísticos de muestras relacionadas para el grupo superior de 12-13 años

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
<b>RAE_A</b>	32,57	7	2,760	1,043
<b>RAE_B</b>	49,14	7	4,741	1,792

**Tabla 46.** Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de 12-13 años

	Diferencias relacionadas				
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
				Superior	Inferior
<b>RAE_B - RAE_A</b>	16,571	3,457	1,307	-19,769	-13,374

T= -12,682; Grado de significación: 0,000

A la vista de los resultados parciales anteriores, se puede concluir que la diferencia de medias entre los Rendimientos Acumulados de la Entrevista antes y después de la intervención didáctica es significativa, y que por lo tanto, ha habido aprendizaje. No obstante, éste es ligeramente inferior a medida que el nivel inicial es superior, como se comprueba al comparar los valores de la T de Student entre grupos de estudiantes que pertenecen a distintos niveles.

### 4.3.2 Resultados de aprendizaje a partir de los niveles de esquemas explicativos

Para poder comparar los niveles explicativos alcanzados por los estudiantes antes y después de la intervención didáctica (variables NIVEL\_PRE y NIVEL\_POS), se deben previamente redimensionar en un nuevo espacio bidimensional construido mediante un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) de componentes principales que incluya las variables anteriores y posteriores conjuntamente.

La matriz de correlaciones de las variables más significativas encontradas antes y después de la intervención didáctica, según los dos apartados anteriores desarrollados en este mismo capítulo, se muestra en la Tabla 47. El rectángulo sombreado en gris recoge las correlaciones entre las variables que pertenecen a distintos momentos del proceso de aprendizaje. En él se muestra que únicamente la variable AMA\_A guarda una correlación significativa con las variables obtenidas tras la intervención AMA\_B, AMP\_B, VER\_B y ALP\_B. Por tanto, éstas serán las variables con las que se construirá el ACM que estamos buscando.

**Tabla 47.** Matriz de correlaciones entre variables anteriores y posteriores a la intervención didáctica

	AMA_A	AMP_A	VER_A	ALP_A	ACP_A	AAN_A	APO_A	AGA_B	PIN_B	AMA_B	AMP_B	VER_B	TEM_B	ALP_B
AMA_A	1,000													
AMP_A	,718(**)	1,000												
VER_A	,588(**)	,665(**)	1,000											
ALP_A	,178	,198	,376(*)	1,000										
ACP_A	,051	,095	,197	,739(**)	1,000									
AAN_A	,209	-,020	,252	,340	,482(**)	1,000								
APO_A	,403(*)	,132	,232	,559(**)	,618(**)	,530(**)	1,000							
AGA_B	,387(*)	,375(*)	,269	,062	-,054	-,025	,029	1,000						
PIN_B	,562(*)	,328	,248	,059	,035	,201	,323	,702(**)	1,000					
AMA_B	,689(**)	,288	,247	,190	-,101	,097	,376(*)	,422(*)	,655(**)	1,000				
AMP_B	,603(**)	,395(*)	,360(*)	,171	-,174	-,003	,200	,582(**)	,653(**)	,854(**)	1,000			
VER_B	,510(**)	,472(**)	,317	,041	-,062	,124	,221	,555(**)	,567(**)	,548(**)	,560(**)	1,000		
TEM_B	,335	,089	,014	,004	-,012	,074	,149	,650(**)	,809(**)	,601(**)	,579(**)	,496(**)	1,000	
ALP_B	,482(**)	,454(*)	,208	,423(*)	,325	,246	,457(**)	,514(**)	,507(**)	,481(**)	,473(**)	,636(**)	,315	1,000

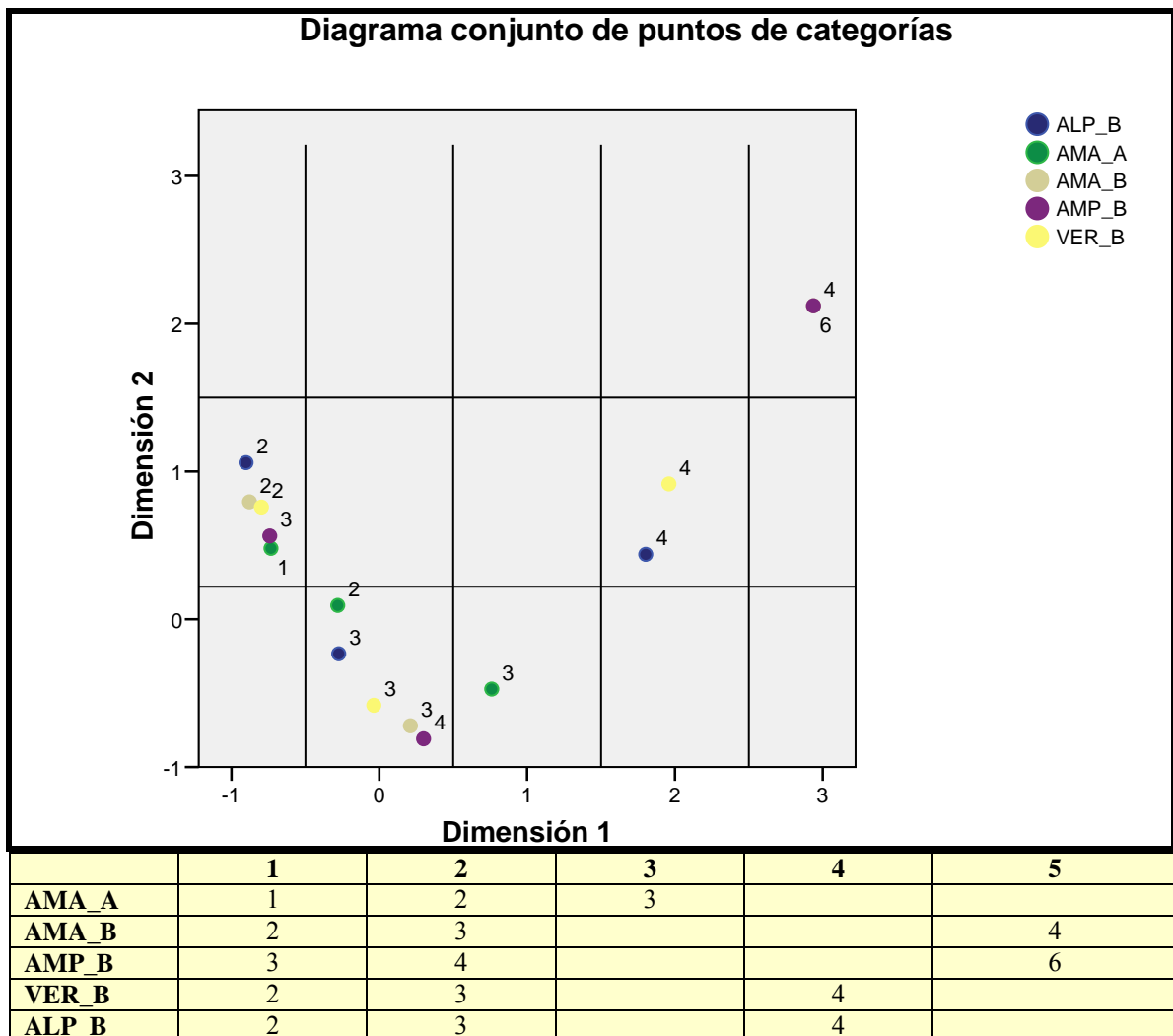
Si se realiza un análisis de correspondencias múltiples con las variables AMA\_A, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B y ALP\_B, el módulo SPSS genera, como resumen del modelo, la Tabla 48, que muestra la alta fiabilidad del espacio gráfico generado con las dos dimensiones del mismo.

**Tabla 48.** Resumen del modelo del ACM para estudiantes de 12-13 años (Matrices E\_PRE y E\_POS)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
	Total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza	Total (Autovalores)
1	,897	3,540	,708	70,793
2	,733	2,416	,483	48,323
<b>Total</b>		5,956	1,191	
<b>Media</b>	,830(a)	2,978	,596	59,558

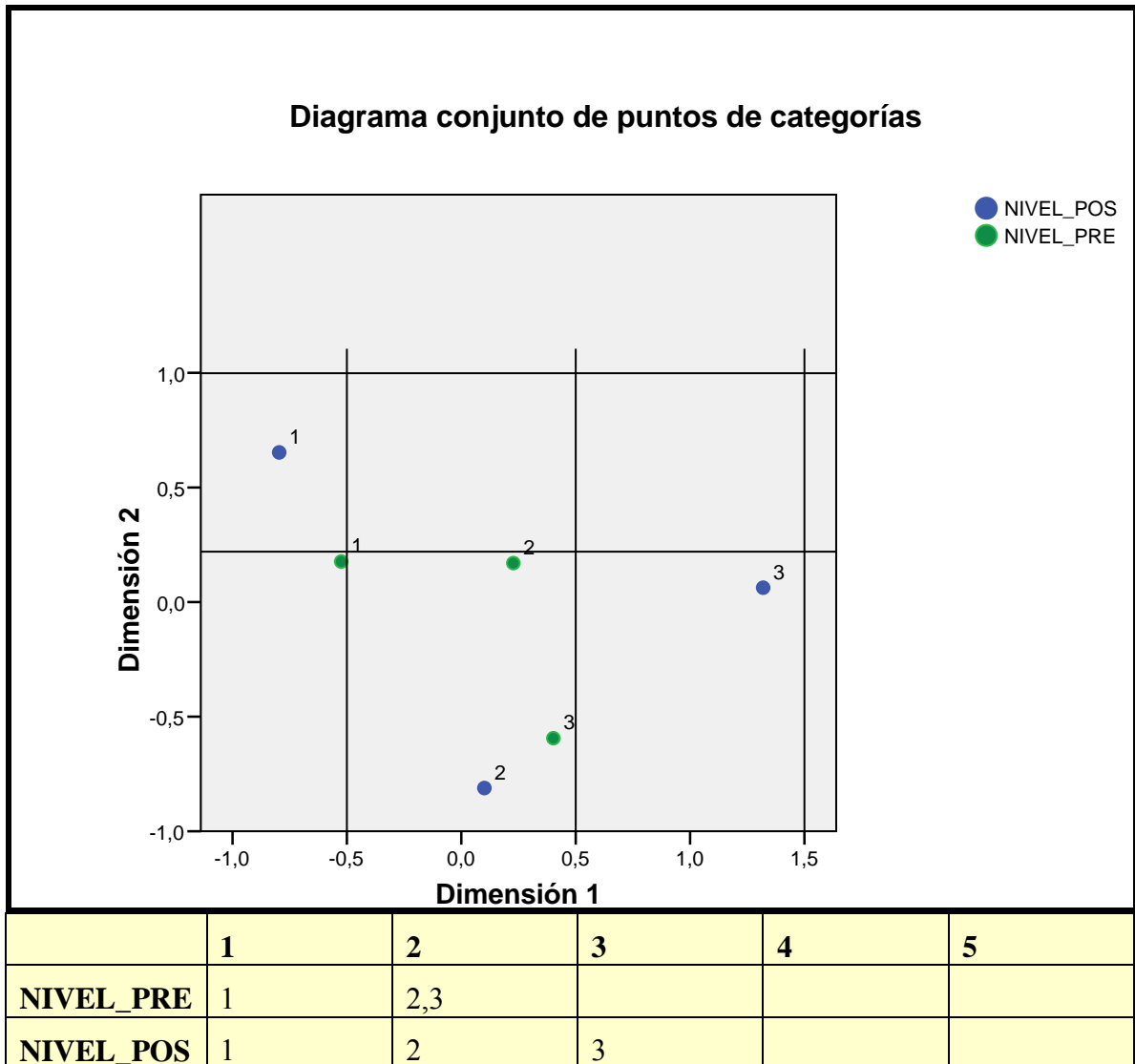
a El Alfa de Cronbach Promedio está basado en los autovalores promedio.

Pidiéndole al módulo un gráfico de variables conjuntas, éste responde con la Figura 30, en la que se identifican cinco rectángulos definidos por líneas horizontales y verticales que dividen el espacio bidimensional generado. Las categorías de cada una de las variables que



**Figura 30.** Análisis de correspondencias múltiples (E\_PRE\_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables más significativas (AMA\_A, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B y ALP\_B)

Si en este espacio gráfico se proyectan las variables que representan los niveles explicativos de los estudiantes antes y después de la intervención didáctica (NIVEL\_PRE y NIVEL\_POS), se obtiene la Figura 31, la cual, segmentada mediante las mismas líneas horizontales y verticales utilizadas en la Figura 30, permite la recodificación de las mismas, tal y como se recoge en la parte inferior de este último gráfico. Sustituyendo los valores iniciales de estas variables por los sugeridos por la ubicación en el espacio gráfico de los mismos, se alcanzan unas nuevas variables denominadas NIVEL\_PRE\_TRANSFORMADO (NIVEL\_PRE\_T) y NIVEL\_POS\_TRANSFORMADO (NIVEL\_POS\_T) cuyos valores se muestran en la tabla 49.



**Figura 31.** Análisis de correspondencias múltiples (E\_PRE\_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables NIVEL\_POS y NIVEL\_PRE en el espacio definido por las variables más significativas (AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B).

**Tabla 49.** Valores de las variables NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T para estudiantes de 12-13 años

Sujeto	NIVEL_PRE_T	NIVEL_POS_T	Sujeto	NIVEL_PRE_T	NIVEL_POS_T	Sujeto	NIVEL_PRE_T	NIVEL_POS_T
E1	2	2	E11	2	1	E21	2	3
E2	2	2	E12	2	1	E22	2	1
E3	2	2	E13	2	1	E23	1	1
E4	1	2	E14	2	2	E24	1	2
E5	2	1	E15	2	1	E25	1	2
E6	2	2	E16	1	1	E26	1	2
E7	1	1	E17	1	1	E27	2	2
E8	1	1	E18	2	2	E28	1	2
E9	2	2	E19	1	1	E29	2	3
E10	2	2	E20	2	3	E30	2	2
						E31	2	1

A la vista de estas nuevas variables, se puede concluir que:

- Ningún estudiante adopta un nivel superior a 2 antes de la intervención didáctica
- Sólo 3 estudiantes adoptan el nivel 3 tras la intervención didáctica.
- Ningún estudiante supera el nivel 3 de esquemas explicativos, ni siquiera después de la intervención didáctica.

La Tabla 50 de contingencia NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T permite describir los progresos en términos de niveles explicativos.

**Tabla 50.** Tabla de contingencia NIVEL\_PRE\_T \* NIVEL\_POS\_T para estudiantes de 12-13 años

		NIVEL_POS_T			Total
		1	2	3	
NIVEL_PRE_T	1	6	5	0	11
	2	7	10	3	20
Total		13	15	3	31

En ella, se lee que hay 11 casos que tienen un nivel de entrada 1, cuyos niveles finales pueden ser:

- nivel 1 (estudiantes 7, 8, 16, 17, 19, 23). Total: 6
- nivel 2 (estudiantes 4, 24, 25, 26, 28). Total: 5

Y hay 20 casos que tienen un nivel de entrada 2, cuyos niveles finales pueden ser:

- nivel 1 (estudiante 5, 11, 12, 13, 15, 22, 31). Total: 7
- nivel 2 (estudiantes 1, 2, 3, 6, 9, 10, 14, 18, 27, 30). Total: 10
- nivel 3 (estudiantes 20, 21, 29). Total: 3

Desde la perspectiva de los niveles explicativos, el progreso en el aprendizaje no resulta tan sencillo como se vio desde la perspectiva anterior. De hecho, 7 alumnos experimentan un retroceso en su nivel explicativo, 16 permanecen en el que estaban y sólo 8 de 31 (25%) experimentan un progreso de nivel explicativo gracias a la intervención didáctica. Los

valores medios de NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T son respectivamente 1,65 y 1,68, lo que indica la limitación del progreso global. Este progreso no les lleva en ningún caso a superar el nivel explicativo 3 en la construcción del conocimiento sobre la naturaleza corpuscular de la materia.





*CAPÍTULO* 5

**RESULTADOS II:  
APRENDIZAJE DE LOS  
ESTUDIANTES  
UNIVERSITARIOS**



En este capítulo se va a afrontar el estudio del aprendizaje experimentado por los estudiantes universitarios tras la intervención didáctica realizada. Para ello, del mismo modo que el anterior, el capítulo se estructura en tres apartados. En el primero, se realizará la identificación de los niveles iniciales o previos a la intervención; en el segundo la de los niveles finales o posteriores a la misma; y, por último, en el tercer apartado, se analiza el aprendizaje experimentado por estos estudiantes, distinguiendo entre aprendizaje de competencias y de contenidos específicos, y asociando el primero al cambio de nivel de esquemas explicativos puestos en juego por el estudiante.

Para el tratamiento estadístico de los datos se ha usado el mismo paquete SPSS 15.0, utilizado para los estudiantes de 12-13 años. En el caso de los estudiantes universitarios, las fuentes de los datos para este capítulo son las matrices U\_PRE y U\_POS, mostradas en las Tablas 17 y 18 del apartado 3.5. de este trabajo.

Cabe advertir que desde los primeros análisis exploratorios, un estudiante en la matriz de datos (U30) mostró un comportamiento muy anómalo respecto a los restantes, por lo que se decidió eliminar de la misma. La muestra universitaria queda reducida a 29 estudiantes.

<b>5.1</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES INICIALES DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS (MATRIZ U-PRE)</b>
------------	---

Para el análisis de los niveles iniciales de los estudiantes universitarios, la fuente de datos es la matriz U\_PRE (Tabla 17, apartado 3.5.). En ella, además de las variables personales EDAD y SEXO, aparecen 15 variables que representan el comportamiento de estos estudiantes ante cada ítem o conjunto de ítems con un propósito común establecido (lo que ha sido identificado como módulo categorial) en la prueba de evaluación administrada antes de la intervención didáctica. Estas variables son: AGA\_A, PIN\_A, AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, TEM\_A, ALA\_A, PAL\_A, ALP\_A, ACA\_A, ACP\_A, PAI\_A, AAN\_A, APO\_A y GCO\_A.

Estas 15 variables son de naturaleza categorial, pues su construcción depende del número de grupos de categorías que se han establecido en las mismas, basándonos generalmente en criterios de analogías y diferencias. Por lo tanto, la distancia entre categorías no obedece a ningún tipo de métrica, como pudiera ser la distancia euclidiana. Por ejemplo, mientras que en el módulo categorial que determina la variable PIN\_A se han establecido 3 grupos de categorías, en otro módulo, como el que define a la variable GCO\_A, se han establecido 6 categorías, por lo que no se pueden equiparar los sujetos posicionados en el grupo categórico 2 de PIN\_A con los del grupo categórico 2 de GCO\_A.

Por tanto, son variables categoriales ordinales todas las consideradas en esta matriz excepto EDAD y SEXO.

Para llegar a identificar los niveles explicativos iniciales de los estudiantes, se realizará un estudio exploratorio que incluye los siguientes apartados:

- Análisis estadístico de variables
- Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster.
- Análisis de correspondencias múltiples
- Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

### 5.1.1 Análisis estadístico de variables

Algunos de los aspectos que merecen respuesta en un análisis estadístico de variables son:

- ¿Hay relación entre las distintas variables y, si así fuera el caso, cómo es esa relación?
- ¿Cuáles son las variables que mejor sintetizan la información latente en la matriz de datos?
- ¿Cuáles son las variables más representativas de los esquemas explicativos de los alumnos sobre la NCM?

Para responder a estas cuestiones, se han utilizado dos análisis complementarios: el de correspondencias entre variables y el análisis factorial.

Los objetivos de estas técnicas son diferentes, pues mientras que la primera permite conocer la relación entre las distintas variables, la segunda tiene su sentido cuando existe esta relación, postulando la existencia de factores subyacentes o construcciones factoriales que explican los valores que aparecen en la matriz de correlaciones entre las variables. Por tanto, son complementarias pues un análisis factorial parte de la matriz de correlaciones para la extracción factorial.

#### A. Análisis de correlaciones en U\_PRE

La matriz de correlaciones bivariadas que se muestra en la Tabla 51, se ha obtenido seleccionando el coeficiente Rho de Spearman, dado que las variables consideradas son categoriales ordinales. Se podría decir que es la versión no paramétrica del coeficiente de correlación de Pearson basado en los rangos de las categorías más que en los mismos valores de las mismas.

**Tabla 51.** Matriz de correlaciones U\_PRE (Universitarios antes de la intervención)

	EDAD	SEXO	AGA_A	PIN_A	AMA_A	AMP_A	VER_A	TEM_A	ALA_A	PAL_A	ALP_A	ACA_A	ACP_A	PAI_A	AAN_A	APO_A	GCO_A
<b>EDAD</b>	1,000																
<b>SEXO</b>	-,195	1,000															
<b>AGA_A</b>	,200	-,601(**)	1,000														
<b>PIN_A</b>	,133	-,074	,407(*)	1,000													
<b>AMA_A</b>	-,382(*)	,090	,209	,133	1,000												
<b>AMP_A</b>	-,198	,141	,278	,283	,751(**)	1,000											
<b>VER_A</b>	-,417(*)	,125	,123	,170	,595(**)	,418(*)	1,000										
<b>TEM_A</b>	,001	,012	,025	,284	,241	,141	,428(*)	1,000									
<b>ALA_A</b>	-,052	,206	,128	,352	,360	,364(*)	,293	,301	1,000								
<b>PAL_A</b>	-,039	,141	,146	,112	,450(*)	,393(*)	,459(*)	,146	,553(**)	1,000							
<b>ALP_A</b>	-,084	,336	-,146	,393(*)	,224	,099	,175	,083	,593(**)	,381(*)	1,000						
<b>ACA_A</b>	-,110	-,067	,245	,012	,295	,287	,529(**)	,245	,496(**)	,598(**)	,096	1,000					
<b>ACP_A</b>	-,075	,317	-,107	,288	,186	,038	,084	-,107	,451(*)	,405(*)	,886(**)	,070	1,000				
<b>PAI</b>	-,035	,192	-,030	,124	,137	,328	,174	,015	,135	-,105	,105	,368(*)	,077	1,000			
<b>AAN_A</b>	,187	,157	,017	,365(*)	,201	,251	,285	,160	,574(**)	,447(*)	,577(**)	,350	,520(**)	,366(*)	1,000		
<b>APO_A</b>	,235	,075	-,005	,203	,101	,124	,239	,083	,408(*)	,406(*)	,406(*)	,361	,440(*)	,227	,834(**)	1,000	
<b>GCO_A</b>	-,152	,237	-,075	,383(*)	,189	,161	,188	-,069	,480(**)	,247	,624(**)	,039	,536(**)	,047	,378(*)	,285	1,000

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

En la tabla mencionada, se han señalado las variables que correlacionan al nivel de 95% de confianza y las que lo hacen al nivel del 99%. Un análisis detallado de la misma indica que:

- Las variables AMA\_A, AMP\_A y VER\_A tienen correlaciones altas entre sí que se mueven en el intervalo [0.42, 0.75]
- Lo mismo les ocurre a las variables ALA\_A, PAL\_A, ALP\_A, ACP\_A, AAN\_A, APO\_A y GCO\_A significativas al menos al 95% de confianza.

Hay otras parejas de correlaciones altamente significativas, como [SEXO; AGA\_A] y [VER\_A; ACA\_A]. El mayor número de correlaciones entre variables, respecto al encontrado para los estudiantes de 12-13 años, podría tener una primera lectura indicativa de que los esquemas explicativos de los estudiantes universitarios están más estructurados, incluso antes de la intervención educativa.

#### *B. Análisis factorial de variables en U\_PRE*

En este caso, buscamos transformar el espacio de los datos definidos por las 17 variables en un nuevo espacio formado por un número bastante menor de factores, de tal forma que éstos expliquen la mayor parte de la varianza (Caridad, 1989; en Benarroch, 1998b). La técnica aplicada será el análisis factorial de componentes principales, cuya característica es la de no asumir previamente ninguna estructura de los datos.

Si se realiza el análisis factorial de componentes principales con todas las variables, se obtienen los resultados recogidos en la Tabla 52. En ella, se puede ver que el programa estadístico selecciona cinco factores, por ser los que explican un grado de varianza de los datos mayor a la unidad. En conjunto, estos cinco factores explican el 76,230% de los datos y el primer factor sólo explica casi el 37% (exactamente el 36,525 %).

Vale la pena comentar que en esa misma instancia, en el caso de los estudiantes más jóvenes (Tabla 20), el programa estadístico seleccionó seis componentes en lugar de cinco para explicar un porcentaje similar de la varianza. Además, el primer factor, que es el que resume mejor la información contenida en la matriz de datos original, es en este caso de los jóvenes universitarios, más significativo que en el de los jóvenes de 12-13 años (36,525% varianza frente a 27,944%).

Pero lo más importante de este análisis es la posibilidad de interpretar el significado de los factores extraídos analizando la naturaleza de las variables que presentan unos pesos factoriales elevados en cada uno de ellos. Los pesos factoriales de las variables respecto a los factores construidos en este análisis pueden verse en la Tabla 53.

**Tabla 52.** Análisis factorial de U\_PRE. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	6,209	36,525	36,525	6,209	36,525	36,525
2	2,354	13,845	50,370	2,354	13,845	50,370
3	1,801	10,596	60,967	1,801	10,596	60,967
4	1,367	8,040	69,007	1,367	8,040	69,007
5	1,228	7,224	76,230	1,228	7,224	76,230

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla 53.** Análisis factorial de U\_PRE. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos

	Componente				
	1	2	3	4	5
EDAD	-,204	,613	,445	,195	-,231
SEXO	,304	-,735	-,151	,234	,053
AGA_A	,100	,841	,230	-,301	,009
PIN_A	,358	,226	,516	-,206	,593
AMA_A	,758	,059	-,340	-,231	-,045
AMP_A	,749	,210	-,236	,198	,090
VER_A	,693	,106	-,471	-,229	,095
TEM_A	,279	,148	-,288	-,170	,594
ALA_A	,853	,006	,059	-,058	,028
PAL_A	,759	,105	-,178	-,273	-,370
ALP_A	,721	-,375	,420	-,086	,031
ACA_A	,597	,418	-,415	,211	-,095
ACP_A	,776	-,304	,263	-,124	-,243
PAI_A	,292	,187	-,073	,816	,330
AAN_A	,824	,081	,276	,261	-,110
APO_A	,682	,126	,277	,279	-,261
GCO_A	,480	-,350	,417	-,101	,229

Método de extracción: Análisis de componentes principales. 5 componentes extraídos

Atendiendo únicamente al componente 1, que como se ha dicho explica por sí solo casi el 37% de la varianza, las variables que presentan pesos factoriales altos en el mismo son AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, ALA\_A, PAL\_A, ALP\_A, ACA\_A, ACP\_A, AAN\_A y APO\_A, que coinciden bastante con las que tenían altas interrelaciones en la matriz de correlaciones (Tabla 51). Por tanto, es posible concluir que este grupo de variables son las más significativas para extraer los niveles explicativos de los estudiantes universitarios antes de la intervención educativa. Dado que constituyen las variables más significativas, se construye la variable SUMA\_A a partir de la suma aritmética de sus valores y se introduce dicha variable en la matriz de datos original de estos estudiantes (U\_PRE).

### 5.1.2 Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster

El programa estadístico “Análisis de Conglomerado en dos Fases” da la opción al usuario de elegir el número de clúster que desea construir, o bien, calcula por defecto el mejor número de clusters. En el caso de una agrupación automática, en nuestro caso el programa elige tres clusters, valor que aporta un Criterio Bayesiano de Schwarz (BIC) inferior, como se muestra en la Tabla 54.

**Tabla 54.** Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos U\_PRE

Número de conglomerados	Criterio bayesiano de Schwarz (BIC)	Cambio en BIC(a)	Razón de cambios en BIC(b)	Razón de medidas de distancia(c)
1	442,230			
2	404,959	-37,271	1,000	1,348
3	392,097	-12,862	,345	2,197
4	417,427	25,329	-,680	1,020
5	443,367	25,940	-,696	1,488
6	479,574	36,208	-,971	1,098
7	517,662	38,088	-1,022	1,296
8	560,123	42,461	-1,139	1,056
9	603,366	43,243	-1,160	1,002
10	646,640	43,274	-1,161	1,211
11	692,348	45,708	-1,226	1,378
12	741,219	48,872	-1,311	1,000
13	790,091	48,872	-1,311	1,000
14	838,963	48,872	-1,311	1,606
15	890,992	52,029	-1,396	1,024

a Los cambios proceden del número anterior de conglomerados de la tabla.

b Las razones de los cambios están relacionadas con el cambio para la solución de los dos conglomerados.

c Las razones de las medidas de la distancia se basan en el número actual de conglomerados frente al número de conglomerados anterior.

Por tanto, los estudiantes universitarios, antes de la intervención didáctica, pueden quedar agrupados en 3 clusters. Para conocer las características de los mismos, se ejecuta el Análisis de Conglomerado de K-medias, con las variables más significativas y SUMA\_A. Este análisis nos proporciona los valores centrales iniciales de los conglomerados en las variables del estudio, como se muestra en la Tabla 55.



**Tabla 55.** Centros iniciales de los conglomerados en U\_PRE

	Conglomerado		
	1	2	3
AMA_A	3	4	4
AMP_A	1	4	4
VER_A	4	5	4
ALA_A	3	4	4
PAL_A	2	2	2
ALP_A	3	4	3
ACA_A	1	2	2
ACP_A	3	4	3
AAN_A	3	5	3
APO_A	3	5	3
SUMA_A	26,00	39,00	32,00

De ella, se extrae que el conglomerado 2 es el formado por los alumnos de mejor rendimiento; le sigue el conglomerado 3 y, por último el número 1.

Se puede solicitar al programa que nos aporte la información del conglomerado en el que queda mejor ubicado cada estudiante, y el resultado de esta solicitud se muestra en la Tabla 56, en la que se contabilizan dos alumnos en el conglomerado 1, once en el 2 y dieciséis en el 3. En esta tabla también se muestra la distancia de cada caso o estudiante al centro del conglomerado, que es una medida inversa del grado en que el estudiante queda representado por su conglomerado. Así, los estudiantes 15 y 25 son buenos representantes del conglomerado 2, el 9 es el mejor representante del 3, y en el conglomerado 1 los dos estudiantes están igualmente representados.

**Tabla 56.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes E\_PRE (variable CLUSTER)

Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia	Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia
1	3	1,128	16	3	2,350
2	2	1,710	17	2	1,710
3	3	1,378	18	2	2,260
4	2	1,135	19	3	1,589
5	3	2,213	20	2	1,710
6	1	1,732	21	3	1,234
7	3	2,377	22	2	2,004
8	3	1,234	23	3	1,378
9	3	,879	24	3	1,234
10	3	1,702	25	2	,962
11	1	1,732	26	3	3,376
12	2	1,213	27	2	2,300
13	3	1,589	28	3	1,234
14	3	1,508	29	2	2,453
15	2	,962			

Como consecuencia de este análisis, se introducen en la matriz de datos U\_PRE dos nuevas variables denominadas respectivamente CLUSTER creada automáticamente por el programa estadístico y cuyos valores se muestran en la Tabla 56 y CLUSTER\_A en la que se adjudica un orden lógico a los valores de los conglomerados, de modo que en esta última variable, 1 sea el grupo de menor rendimiento y 3 el de mayor.

La recodificación realizada para la obtención de CLUSTER\_A a partir de CLUSTER es la siguiente:

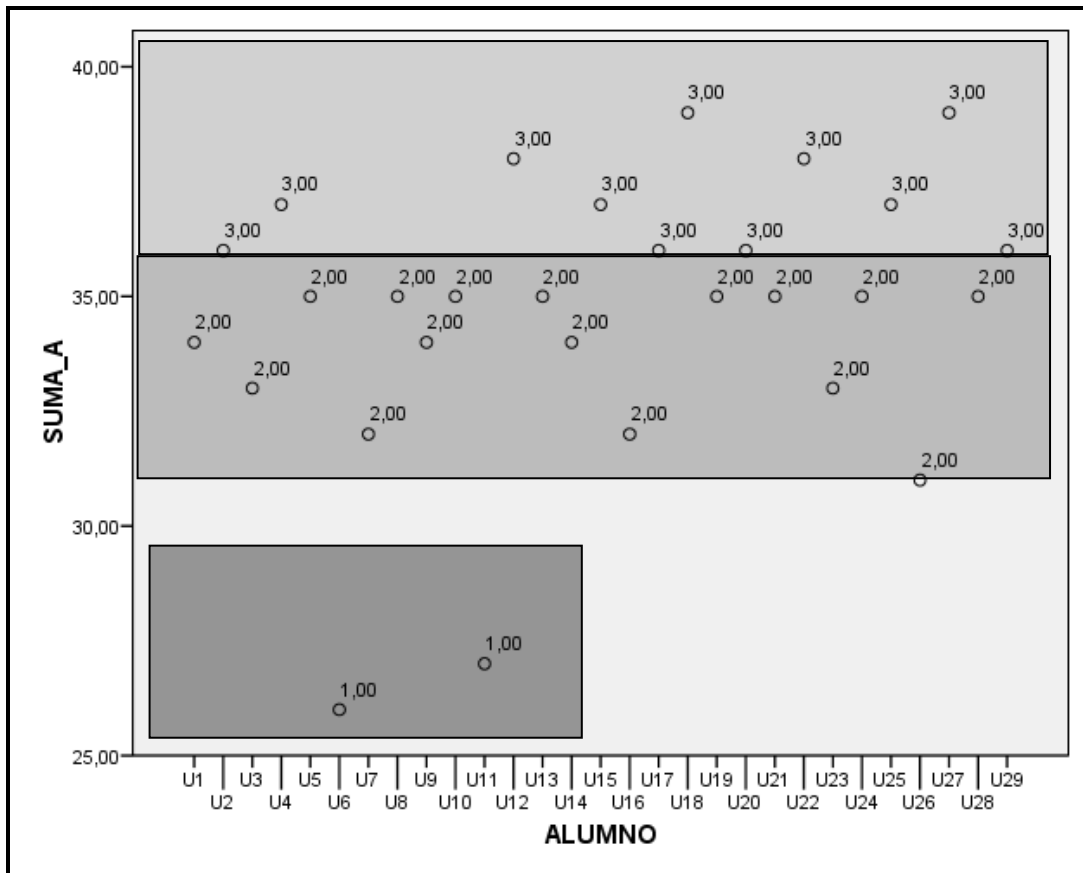
CLUSTER	CLUSTER_A
1	1
3	2
2	3

Los valores de la variable CLUSTER\_2 se muestran en la Tabla 57.

**Tabla 57.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes U\_PRE (variable CLUSTER\_A)

Número de caso	Conglomerado (CLUSTER_A)	Distancia	Número de caso	Conglomerado (CLUSTER_A)	Distancia
1	2	1,128	16	2	2,350
2	3	1,710	17	3	1,710
3	2	1,378	18	3	2,260
4	3	1,135	19	2	1,589
5	2	2,213	20	3	1,710
6	1	1,732	21	2	1,234
7	2	2,377	22	3	2,004
8	2	1,234	23	2	1,378
9	2	,879	24	2	1,234
10	2	1,702	25	3	,962
11	1	1,732	26	2	3,376
12	3	1,213	27	3	2,300
13	2	1,589	28	2	1,234
14	2	1,508	29	3	2,453
15	3	,962			

En la Figura 32 se muestra la representación de la variable SUMA\_A de cada estudiante con indicación de su conglomerado. En él se puede observar que los intervalos adoptados por dicha variable en cada conglomerado son distintos, de modo que para los respectivos conglomerados 1, 2 y 3 adquiere valores comprendidos en los intervalos [26, 27] , [31, 35] y [36, 39] de SUMA\_A.



**Figura 32.** Representación cartesiana de la variable SUMA\_A de los estudiantes universitarios *antes* de la intervención. Asociación por conglomerados

### 5.1.3 Análisis de correspondencias múltiples

La identificación del comportamiento cognitivo de los sujetos y/o grupos de sujetos durante la entrevista, conduce a la necesidad de profundizar en las relaciones de dependencia que se establecen entre las variables categóricas definidas anteriormente.

En concreto, interesa conocer:

- Cómo se relacionan los distintos valores o categorías de dichas variables.
- Qué variables están bien construidas o, por el contrario, cuáles tienen inversiones o lagunas en los órdenes categoriales.
- Cómo modificar los módulos categoriales para que sean verdaderamente representativos de la evolución cognitiva de los sujetos y no de los esquemas de partida de la entrevistadora.

La técnica de análisis de datos que resulta adecuada para resolver problemas donde juegan un papel importante las variables categóricas, es el análisis de correspondencias múltiples (ACM). Sus consideraciones son de carácter geométrico, está dentro de las

técnicas descriptivas de la estadística, y permite el paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, de lo heterogéneo a una construcción de orden estructural (Cornejo, 1988, citado en Benarroch, 1998b).

El ACM permite estudiar una población de individuos descritos por varias variables cualitativas (o categóricas). Los valores posibles que toman las variables categóricas, se denominan modalidades de la variable.

Una de las aplicaciones más corrientes del ACM es el tratamiento del conjunto de respuestas a una encuesta. En nuestro caso, cada variable construida inductivamente de la entrevista constituye una variable categórica cuyas modalidades son las agrupaciones de respuestas propuestas, llamadas en esta investigación categorías empíricas.

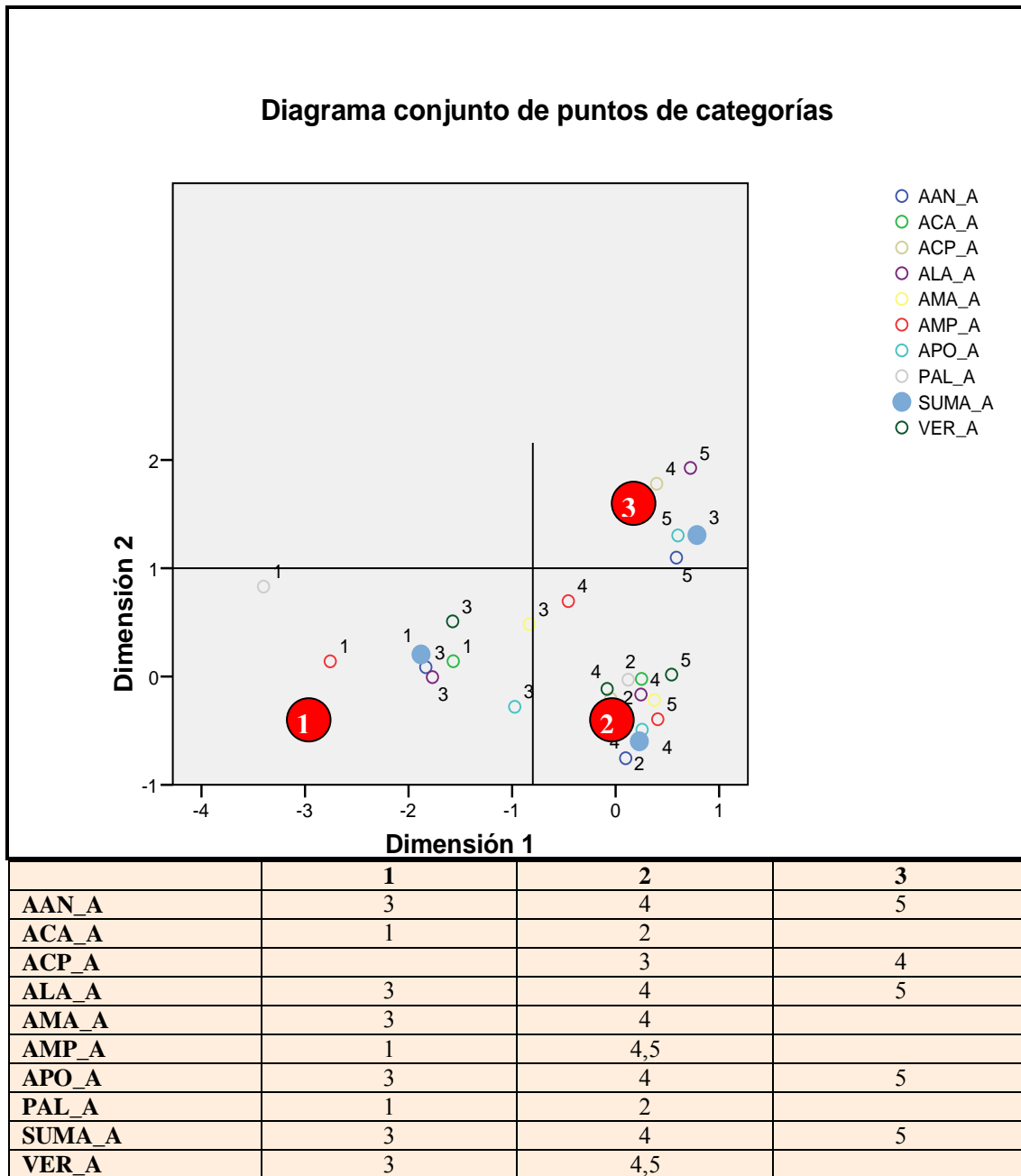
En el SPSS, cuando se quiere realizar un ACM con varias variables, hay que utilizar el módulo “Escalamiento óptimo” (Analizar, Reducción de datos, Escalamiento óptimo). En él, se definen como variables de análisis todas las que han resultado significativas en el análisis de variables realizado previamente (esto es, SUMA\_A, AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, ALA\_A, PAL\_A, ALP\_A, ACA\_A, ACP\_A, AAN\_A y APO\_A). Haciéndolo así, el ACM ofrece como resumen un estudio de la fiabilidad del análisis a través de la estimación del coeficiente del Alfa de Cronbach (ver Tabla 58). Considerando que en el ámbito educativo suele ser aceptable un coeficiente de fiabilidad de 0,60 o superior, el valor obtenido en la tabla 43 indica que el cuestionario tiene una fiabilidad alta (Alfa de Cronbach promedio= 0,802). Así mismo, el Alfa de Cronbach proporciona información sobre las relaciones entre elementos individuales de la escala, es decir, entre las modalidades de cada escala.

**Tabla 58.** Resumen del modelo utilizado en el ACM (U\_PRE)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
		Inercia	% de la varianza	Total (Autovalores)
1	,848	4,216	,422	42,157
2	,736	2,962	,296	29,622
<b>Total</b>		7,178	,718	
<b>Media</b>	,802(a)	3,589	,359	35,889

a El Alfa de Cronbach Promedio está basado en los autovalores promedio.

El programa presenta la opción de proporcionar un gráfico con todas las variables usadas en el análisis (Figura 33). Este gráfico es muy interesante para comparar el comportamiento relativo de las respectivas categorías de las variables. Por ejemplo, nos permite comprobar que la variable AMP\_A no discrimina bien a los estudiantes, puesto que sus categorías 1 y 2 caen dentro del segundo espacio, mientras que carece de categoría en el tercero. Lo mismo le pasa a VER\_A.

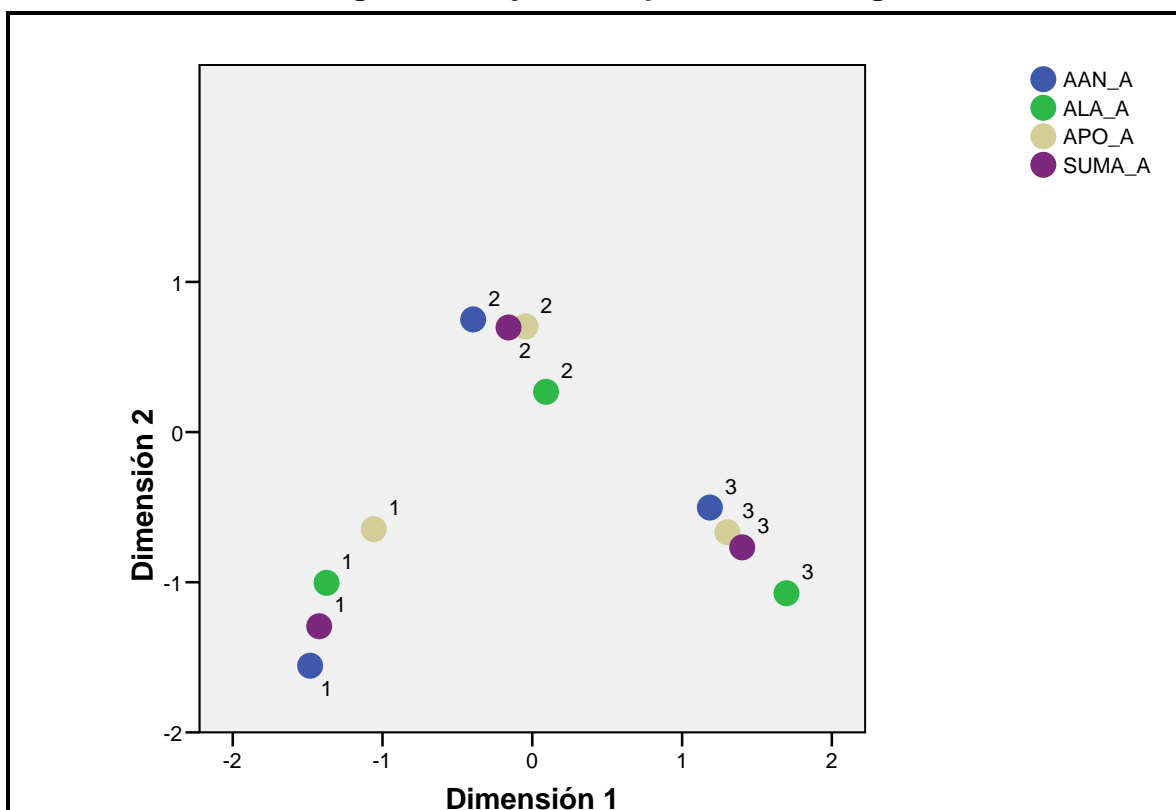


**Figura 33.** Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de U\_PRE

La comparación de las categorías que se ubican en cada uno de los círculos definidos el espacio bidimensional nos lleva a concluir que, si bien la variable SUMA\_A se ha construido a partir de las todas las variables más significativas, su comportamiento muestra un paralelismo mayor con el conjunto formado únicamente por AAN\_A, ALA\_A y APO\_A.

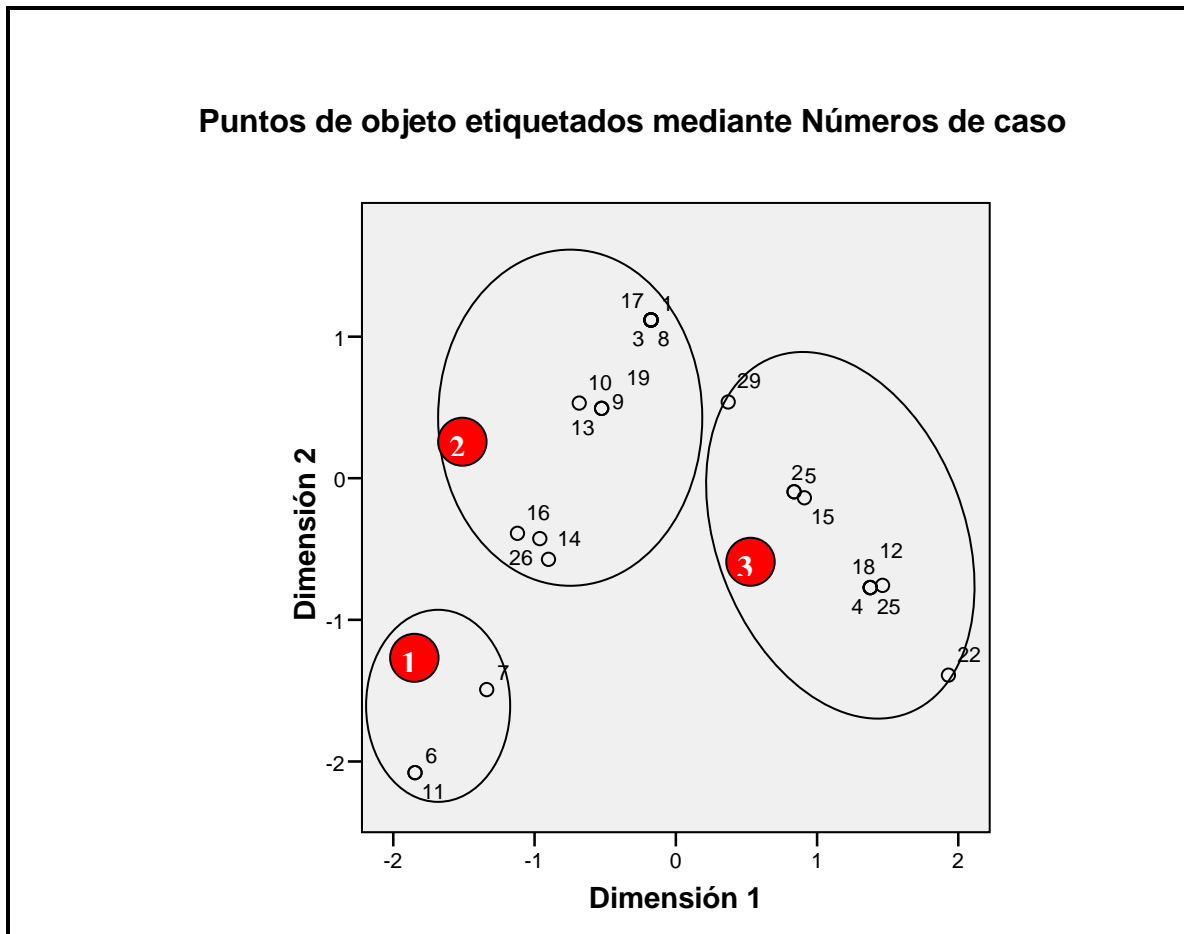
Un nuevo análisis de correspondencias con estas variables con comportamiento más homogéneo muestra, como se ve en la Figura 34, la alta coincidencia espacial de las categorías de las mismas y las de la variable SUMA\_A.

Diagrama conjunto de puntos de categorías



**Figura 34.** Análisis de correspondencia múltiple (MCA) realizado únicamente con las variables cuyas categorías se corresponden mejor.

Asimismo, el programa permite la solicitud de un gráfico con los puntos de objetos (estudiantes, en nuestro caso) etiquetados mediante el número de caso, como se muestra en la Figura 35.



**Figura 35.** Análisis de correspondencia múltiple (U-PRE) que muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas y homogéneas (AAN\_A, ALA\_A, APO\_A, SUMA\_A).

#### 5.1.4 Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

La ubicación de los estudiantes en este espacio gráfico es muy significativa para nuestro estudio, dado que éste ha sido construido por la correspondencia entre las categorías de las variables más determinantes y homogéneas de la matriz de datos. Si se le adjudica a cada estudiante el valor definido por su posición en este espacio gráfico, se obtienen los valores de la Tabla 59 en el que se ha llamado ‘NIVEL\_PRE’ de etiqueta ‘nivel explicativo previo’ al nuevo valor asignado.

**Tabla 59.** Nivel explicativo previo ('NIVEL\_PRE') de los estudiantes universitarios obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM

Sujeto	NIVEL_PRE	Sujeto	NIVEL_PRE	Sujeto	NIVEL_PRE
U1	2	U11	1	U21	2
U2	3	U12	3	U22	3
U3	2	U13	2	U23	2
U4	3	U14	2	U24	2
U5	3	U15	3	U25	3
U6	1	U16	2	U26	2
U7	1	U17	2	U27	3
U8	2	U18	3	U28	2
U9	2	U19	2	U29	3
U10	2	U20	2		

Si se comparan los valores adjudicados a los estudiantes en la variable 'nivel explicativo' definidos en la Tabla 59 con los obtenidos en el análisis cluster o de agrupamiento de sujetos en la vertiente ordenada (Tabla 57), se manifiesta una coincidencia en todos los estudiantes, salvo en E5, E7, E17 y E20 (ver la comparación en la Tabla 60).

**Tabla 60.** Comparación de los valores de las variables 'NIVEL\_PRE' y 'CLUSTER\_A' para universitarios

Sujeto	NIVEL_PRE	Cluster_A	Sujeto	NIVEL_PRE	Cluster_A	Sujeto	NIVEL_PRE	Cluster_A
U1	2	2	U11	1	1	U21	2	2
U2	3	3	U12	3	3	U22	3	3
U3	2	2	U13	2	2	U23	2	2
U4	3	3	U14	2	2	U24	2	2
U5	3	2	U15	3	3	U25	3	3
U6	1	1	U16	2	2	U26	2	2
U7	1	2	U17	2	3	U27	3	3
U8	2	2	U18	3	3	U28	2	2
U9	2	2	U19	2	2	U29	3	3
U10	2	2	U20	2	3			

Evidentemente, esta coincidencia está manifestando tanto la bondad de los datos como la de los análisis realizados. Las diferencias en el caso de los estudiantes 5, 7, 17 y 20 pensamos que hay que resolverla a favor de la variable "nivel explicativo" que está construida únicamente a partir de las variables que mejor recogen el comportamiento homogéneo de los estudiantes (AAN\_A, ALA\_A, APO\_A y SUMA\_A)

En consecuencia, la matriz de datos original U\_PRE de los estudiantes universitarios queda implementada con las siguientes variables:

1. La variable SUMA\_A, calculada a partir de los valores de las variables más significativas cuya identificación ha sido posible gracias al análisis de variables realizado.



2. La variable CLUSTER que define el grupo asignado a cada estudiante por el análisis de conglomerados realizado. Esta variable es creada automáticamente por el Programa Estadístico al ejecutar el módulo de Conglomerado de K medias (ver sus valores en la Tabla 56)
3. La variable CLUSTER\_A que es una transformada de la anterior, en la que se han invertido los valores numéricos de modo que en ella 1 indica el grupo de menos rendimiento y 3 el de más rendimiento (ver sus valores en la Tabla 57).
4. La variable NIVEL\_PRE, obtenida a partir de la ubicación de los estudiantes en el espacio bidimensional estructurado por las variables cuyas categorías se comportan de modo más homogéneo entre sí y con la variable SUMA\_A. Sus valores se muestran en la Tabla 59.

Insistimos, como ya hiciéramos con los estudiantes de 12-13 años, en que la práctica coincidencia de las variables CLUSTER\_A y NIVEL\_PRE a pesar de los distintos módulos estadísticos que han conducido a su construcción, es una prueba palpable de la bondad de los análisis realizados. Como se ha dicho, pensamos que la segunda es más significativa que la primera, pero se mantendrán ambas en la matriz de datos para evitar tomar decisiones apresuradas que podrían tener efectos negativos en los estudios de aprendizaje que se realizarán más adelante.

<b>5.2</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE LOS NIVELES FINALES DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS (MATRIZ U_POS)</b>
------------	---

La matriz de datos que recoge el comportamiento de los estudiantes universitarios frente a la prueba de evaluación tras la intervención didáctica es U\_POS, y se expone en la Tabla 18, al final del Capítulo 3. En ella, además de las variables personales EDAD y SEXO, aparecen 15 variables que representan el comportamiento de estos estudiantes ante cada ítem o conjunto de ítems con un propósito común (lo que ha sido identificado como módulo categorial). Estas variables son: AGA\_B, PIN\_B, AMA\_B, AMP\_B, VER\_B, TEM\_B, ALA\_B, PAL\_B, ALP\_B, ACA\_B, ACP\_B, PAI\_B, AAN\_B, APO\_B y GCO\_B. Tienen las mismas características categoriales ordinales que sus homónimas obtenidas antes de la intervención.

Para llegar a identificar los niveles explicativos finales de los estudiantes, se realizará un estudio exploratorio fundamentado en los mismos módulos estadísticos y con las mismas explicaciones que el usado en la identificación de los niveles iniciales, y, por tanto, incluye:

- Análisis estadístico de variables
- Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster.
- Análisis de correspondencias múltiples
- Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

De nuevo, advertir que el comportamiento anómalo ya detectado para el estudiante U30 en la fase previa a la intervención, se manifiesta también en esta fase posterior, por lo que tuvo que ser eliminado para poder indagar en la estructura del resto de los datos.

### 5.2.1 Análisis estadístico de variables

Recordamos que los objetivos de este análisis son, para este nuevo conjunto de variables, responder a las cuestiones:

- ¿Hay relación entre las distintas variables y, si así fuera el caso, cómo es esa relación?
- ¿Cuáles son las variables que mejor sintetizan la información latente en la matriz de datos?
- ¿Cuáles son las variables más representativas de los esquemas explicativos de los alumnos sobre la NCM?

Para ello, se aplican el análisis de correspondencias entre variables y el análisis factorial.

#### A. Análisis de correlaciones en U\_POS

La matriz de correlaciones bivariadas que se muestra en la Tabla 61, se ha obtenido seleccionando el coeficiente Rho de Spearman, dado que las variables consideradas son categoriales ordinales. A la vista de ella, interesa destacar:

**Tabla 61.** Matriz de correlaciones de U\_POS

	EDAD	SEXO	AGA_B	PIN_B	AMA_B	AMP_B	VER_B	TEM_B	ALP_B	ACP_B	AAN_B	APO_B	GCO_B
EDAD	1,000												
SEXO	-,195	1,000											
AGA_B	,041	-,035	1,000										
PIN_B	-,017	,315	,307	1,000									
AMA_B	-,251	,308	,342	,333	1,000								
AMP_B	-,149	,280	,178	,297	,333	1,000							
VER_B	-,079	,173	,254	,455(*)	,219	,466(**)	1,000						
TEM_B	,069	,294	,262	,640(**)	,257	,503(**)	,685(**)	1,000					
ALP_B	,013	,353	,370(*)	,756(**)	,392(*)	,431(*)	,577(**)	,688(**)	1,000				
ACP_B	,004	,326	,249	,657(**)	,209	,162	,481(**)	,537(**)	,563(**)	1,000			
AAN_B	,288	,024	,423(*)	,353	,294	,335	,347	,625(**)	,677(**)	,327	1,000		
APO_B	,101	,032	,232	,405(*)	,189	,140	,406(*)	,605(**)	,690(**)	,260	,644(**)	1,000	
GCO_B	,108	,324	,282	,531(**)	,205	,223	,231	,340	,582(**)	,396(*)	,342	,500(**)	1,000

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

- Las variables AMA\_B, ALA\_B, PAL\_B, ACA\_B y PAI\_B no aparecen en la matriz por la falta de varianza que tienen estas variables.
- Las variables TEM\_B, ALP\_B, AAN\_B y APO\_B guardan entre ellas correlaciones altamente significativas al 99% de confianza que oscilan en el intervalo [0,605; 0,690]. Les llamaremos el “grupo fuerte”.

- Las variables PIN\_B, VER\_B y ACP\_B correlacionan bien con las dos primeras del grupo fuerte pero no con las dos últimas.
- La variable GCO\_B correlaciona bien con ALP\_B y con APO\_B pero no con las otras dos.

Estas correlaciones entre variables en U\_POS, comparadas con las encontradas antes de la intervención educativa (U\_PRE), sugieren una estructura de datos más interrelacionada pero también más compleja.

#### B. Análisis factorial de variables en U\_POS

Con la técnica del análisis factorial por el método de componentes principales aplicada a la matriz U\_POS, se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 62. En ella, se puede comprobar que los factores seleccionados por el programa estadístico son tres, por ser los que explican un grado de varianza de los datos mayor a la unidad. En conjunto, estos tres factores explican el 70,377% de los datos y sólo el primero casi el 50% (exactamente 49,284%).

**Tabla 62.** Análisis Factorial de U\_POS. Varianza total explicada

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,928	49,284	49,284	4,928	49,284	49,284
2	1,101	11,009	60,293	1,101	11,009	60,293
3	1,008	10,084	70,377	1,008	10,084	70,377

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

**Tabla 63.** Análisis factorial de U\_POS. Pesos factoriales de las variables en cada uno de los componentes extraídos.

	Componente		
	1	2	3
AGA_B	,359	-,188	,614
PIN_B	,764	-,278	-,311
AMP_B	,497	,638	,053
VER_B	,689	,397	-,246
TEM_B	,846	,285	-,137
ALP_B	,906	-,140	-,002
ACP_B	,692	-,253	-,406
AAN_B	,712	,175	,480
APO_B	,762	-,108	,231
GCO_B	,624	-,466	,066

Método de extracción: Análisis de componentes principales. 3 componentes extraídos

Atendiendo a variables que tienen mayores pesos factoriales en el primer factor, éstas son PIN\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B, ACP\_B, AAN\_B, APO\_B y GCO\_B (ver tabla 63). Coinciden con el grupo con correlaciones mayores según la matriz de la Tabla 61.

Dado que el primer factor recoge bastante más varianza que el segundo, se puede concluir que las variables que mejor lo saturan son las más significativas del mismo. En consecuencia, se construye la variable SUMA\_B a partir de la suma aritmética de sus valores y se introduce dicha variable en la matriz de datos original de estos estudiantes (U\_POS).

### 5.2.2 Agrupamiento de sujetos por sus comportamientos semejantes. Análisis clúster

El análisis de cluster es una herramienta exploratoria diseñada para mostrar grupos (o clusters) dentro de un conjunto de datos que, de otra manera no podrían ser visibles. El algoritmo empleado por este procedimiento tiene varias características que lo diferencian de las técnicas tradicionales:

- La habilidad para crear clusters basados en variables categóricos y continuos.
- Selección automática del número de clusters.
- Habilidad para analizar grandes archivos de datos eficientemente

El programa estadístico “Análisis de Conglomerado en dos Fases” da la opción al usuario de elegir el número de clúster que desea construir, o bien, calcula por defecto el mejor número de clusters. En el caso de una agrupación automática con las variables más significativas (PIN\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B, ACP\_B, AAN\_B, APO\_B y GCO\_B) y SUMA\_B, el programa elige tres clusters, valor que aporta un Criterio Bayesiano de Schwarz (BIC) inferior, como se muestra en la Tabla 64.

**Tabla 64.** Análisis de conglomerado en dos fases realizado sobre las variables más significativas de la matriz de datos U\_POS

Número de conglomerados	Criterio bayesiano de Schwarz (BIC)	Cambio en BIC(a)	Razón de cambios en BIC(b)	Razón de medidas de distancia(c)
1	569,047			
2	510,555	-58,491	1,000	1,907
3	509,502	2,947	-,050	1,404
4	535,947	22,446	-,384	1,092
5	562,466	26,518	-,453	1,378
6	601,101	38,635	-,661	1,488
7	650,250	49,149	-,840	1,163
8	702,420	52,171	-,892	1,060
9	755,635	53,215	-,910	1,071
10	810,004	54,368	-,930	1,205
11	867,154	57,150	-,977	1,130
12	925,865	58,711	-1,004	1,187
13	986,466	60,602	-1,036	1,276
14	1049,255	62,789	-1,073	1,341
15	1114,058	64,803	-1,108	1,026

a Los cambios proceden del número anterior de conglomerados de la tabla.

b Las razones de los cambios están relacionadas con el cambio para la solución de los dos conglomerados.

Fijados el mejor número de clúster, se ejecuta para estas mismas variables, el módulo de clasificación de K-medias, para obtener, por un lado, los centros iniciales de los conglomerados (Tabla 65), así como la pertenencia de cada estudiante al conglomerado en el que queda mejor ubicado (Tabla 66).

En la Tabla 65 se muestra que el conglomerado 1 es el de menor rendimiento, y le siguen el 2 y el 3. Por tanto, ya están ordenados en orden creciente de rendimiento por el propio programa estadístico. No obstante, a la variable creada por el propio programa la denominamos, por analogía con los restantes análisis, CLUSTER\_B.

En la Tabla 66 se pueden contar el número de estudiantes que pertenecen a cada conglomerado, de modo que hay 3 alumnos en el conglomerado 1, 22 en el segundo y 4 en el tercero. Los mejores representantes de los mismos son los que tienen distancias menores a los centros de dichos conglomerados (por ejemplo, el estudiante 7 sería el mejor representante del conglomerado 1, el 20 del conglomerado 2, y el 22 el mejor del conglomerado 3).

**Tabla 65.** Centros iniciales de los conglomerados en U\_POS

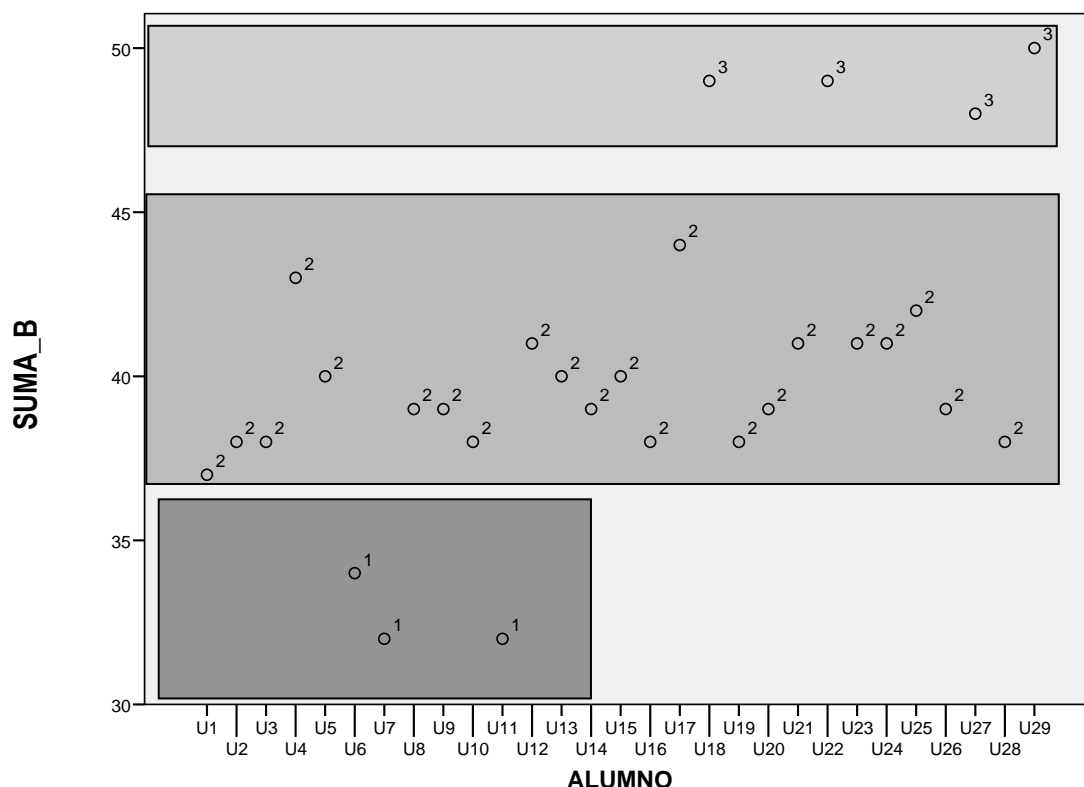
	Conglomerado		
	1	2	3
PIN_B	2	3	4
VER_B	4	6	6
TEM_B	4	6	6
ALP_B	4	5	6
ACP_B	4	4	6
AAN_B	4	6	6
APO_B	5	6	8
GCO_B	5	5	8
SUMA_B	32	41	50

**Tabla 66.** Pertenencia a los conglomerados de los estudiantes U\_POS (variable CLUSTER\_B)

Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia	Número de caso	Conglomerado (CLUSTER)	Distancia
1	2	3,335	16	2	2,222
2	2	2,437	17	2	4,837
3	2	2,342	18	3	,354
4	2	4,060	19	2	2,074
5	2	1,547	20	2	1,014
6	1	1,700	21	2	2,492
7	1	,943	22	3	,354
8	2	1,218	23	2	2,160
9	2	2,181	24	2	2,074
10	2	2,181	25	2	3,035
11	1	1,247	26	2	1,487
12	2	2,160	27	3	1,275
13	2	1,576	28	2	2,492
14	2	1,866	29	3	1,275
15	2	1,359			

Como consecuencia de este análisis, se introducen en la matriz de datos U\_POS una nueva variable denominada CLUSTER\_B que, en este caso coincide con CLUSTER creada automáticamente por el programa estadístico y cuyos valores se muestran en la Tabla 66.

En la Figura 36 se muestra la representación de la variable SUMA\_B de cada estudiante con indicación de su conglomerado. En ella se puede observar que los intervalos adoptados por dicha variable en cada conglomerado son excluyentes, de modo que para los respectivos conglomerados 1, 2 y 3 adquiere valores comprendidos en los intervalos [32, 34], [37, 44] y [48, 50].



**Figura 36.** Representación cartesiana de la variable SUMA\_B de los estudiantes universitarios *después* de la intervención. Asociación por conglomerados

### 5.2.3 Análisis de correspondencias múltiples

Las variables consideradas para la evaluación de los estudiantes de 12-13 años después de la intervención didáctica, recogidas en la tabla 46, son, con las únicas excepciones de EDAD y SEXO, variables categoriales ordinales. Sus categorías, al igual que las homólogas del estudio U\_PRE, han sido definidas por criterios de analogías y diferencias de respuestas y posteriormente jerarquizadas siguiendo criterios intuitivos.

La técnica de análisis de datos que resulta adecuada para resolver problemas donde juegan un papel importante las variables categóricas, es el análisis de correspondencias múltiples (ACM). Sus consideraciones son de carácter geométrico, está dentro de las técnicas descriptivas de la estadística, y permite el paso de lo cualitativo a lo cuantitativo, de lo heterogéneo a una construcción de orden estructural (Cornejo, 1988, citado en Benarroch, 1998b).

En concreto, interesa conocer:

- Cómo se relacionan los distintos valores o categorías de dichas variables.
- Qué variables están bien construidas o, por el contrario, cuáles tienen inversiones o lagunas en los órdenes categoriales.
- Cómo modificar los módulos categoriales para que sean verdaderamente representativos de la evolución cognitiva de los sujetos y no de los esquemas de partida de los investigadores.

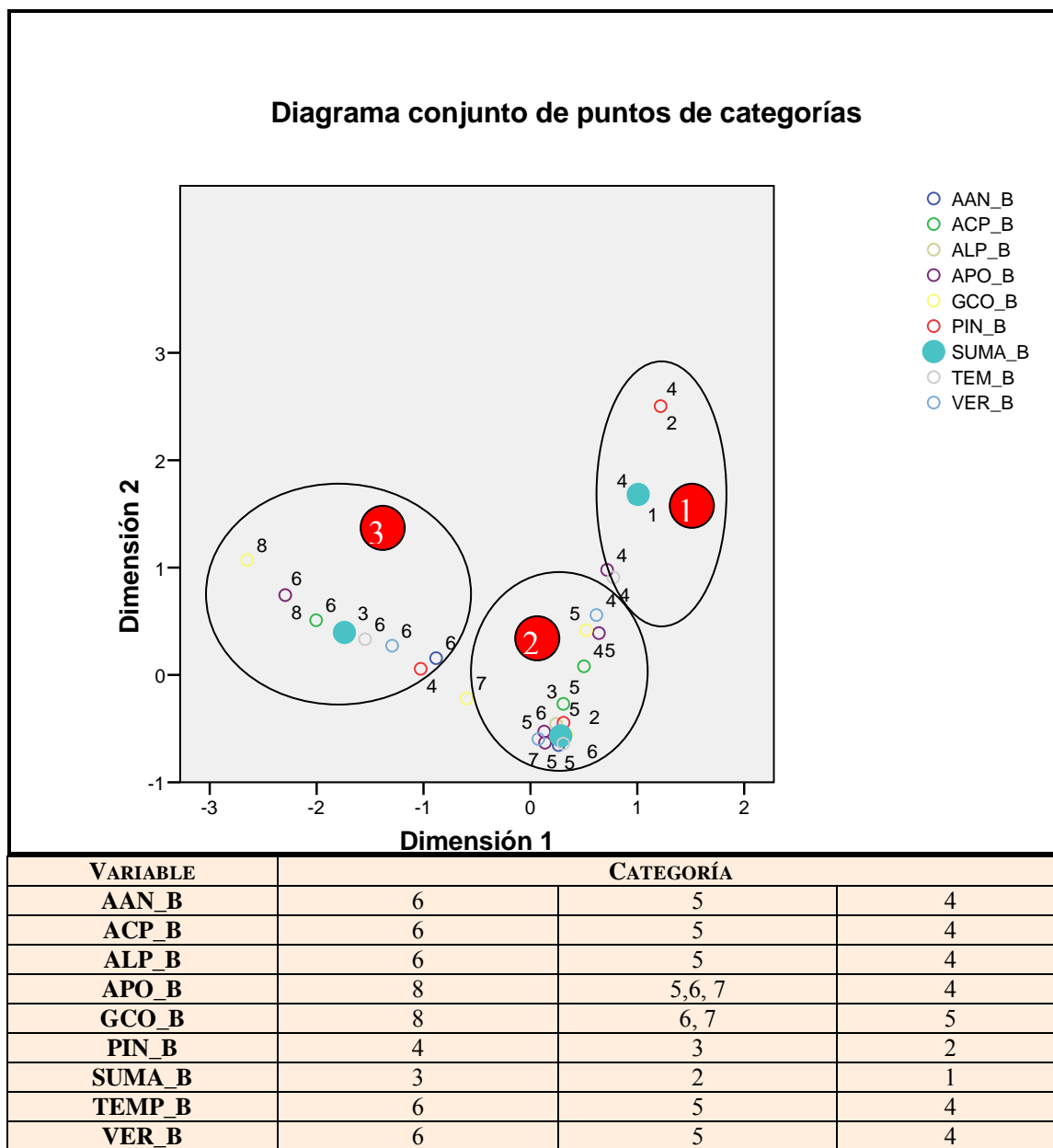
Para realizar el ACM, se aplica el módulo “Escalamiento óptimo” (Analizar, Reducción de datos, Escalamiento óptimo). En él, se definen como variables de análisis todas las que han resultado significativas en el análisis de variables realizado previamente (esto es, PIN\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B, ACP\_B, AAN\_B, APO\_B y GCO\_B). La primera salida del ACM es un resumen de la fiabilidad del análisis a través de la estimación del coeficiente del Alfa de Cronbach (ver Tabla 67). El valor obtenido en la Tabla 67 indica que el cuestionario tiene una fiabilidad alta (Alfa de Cronbach promedio= 0,886) y mayor que el obtenido en el análisis de U\_PRE (0,802).

**Tabla 67.** Resumen del modelo utilizado en el ACM (U\_POS)

Dimensión	Alfa de Cronbach	Varianza explicada		
		Inercia	% de la varianza	Total (Autovalores)
1	,926	5,279	,660	65,983
2	,828	3,630	,454	45,370
Total		8,908	1,114	
Media	,886(a)	4,454	,557	55,676

a El Alfa de Cronbach Promedio está basado en los autovalores promedio.

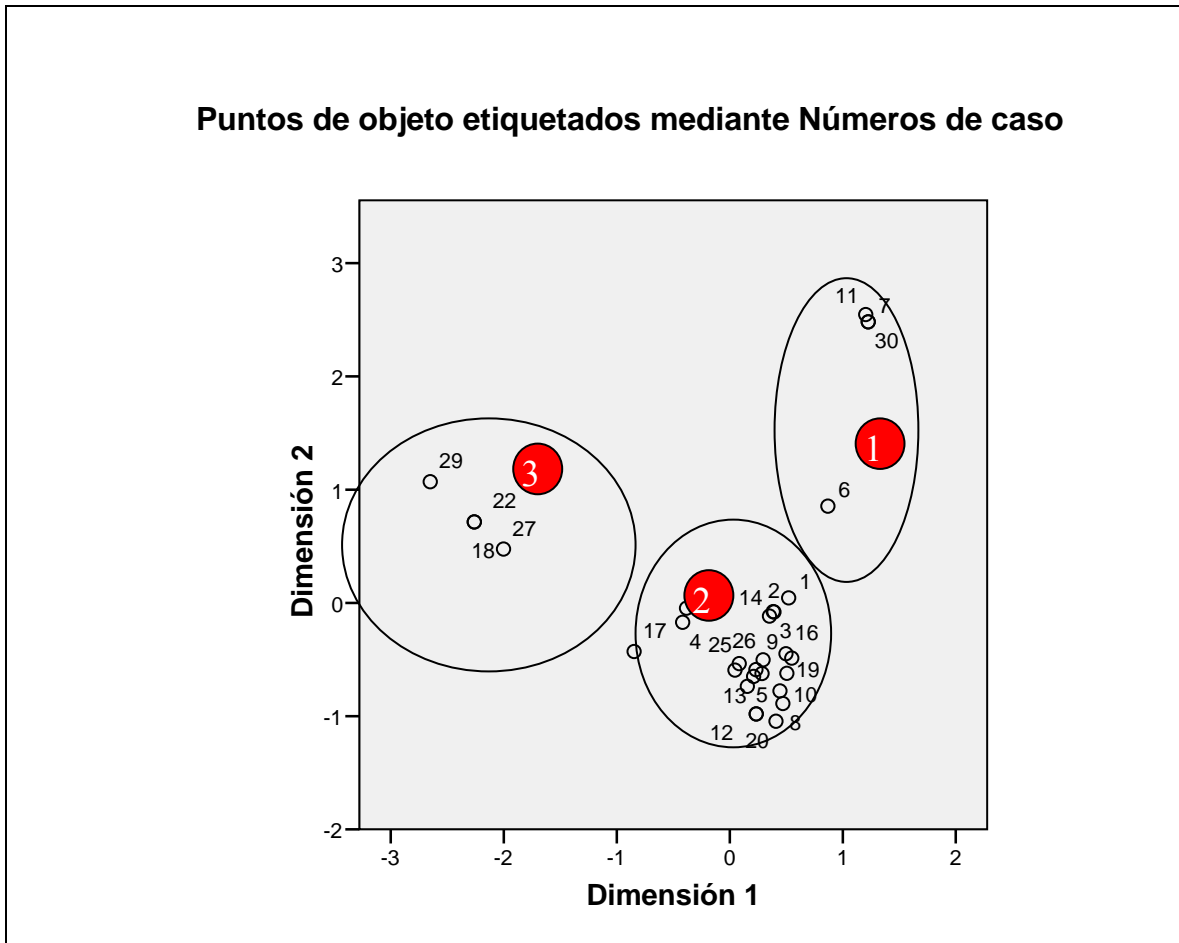
El programa también presenta la opción de proporcionar un gráfico con la disposición espacial de las categorías de todas las variables usadas en el análisis (Figura 37). Este gráfico es muy interesante para comparar el comportamiento relativo de las respectivas categorías de las variables. En este caso, nos permite corroborar el alto paralelismo existente entre las respectivas categorías de las variables. Esto es, no hay inversiones entre categorías y, aunque unas variables son más discriminatorias que otras, todas ellas lo hacen. En la parte inferior de la Figura 37 se muestra una tabla en la que se aclaran las categorías que quedan encerradas en cada una de las zonas más pobladas del mismo.



**Figura 37.** Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas de U\_POS

En el espacio gráfico definido por este ACM se le puede solicitar al programa que nos proporcione otro gráfico con los puntos de objetos (estudiantes, en nuestro caso) etiquetados mediante el número de caso, lo que se muestra en la Figura 38.





**Figura 38.** Análisis de correspondencias múltiples (U\_POS). Se muestra la ubicación de los estudiantes en el espacio definido por las variables más significativas (PIN\_B, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B, ACP\_B, AAN\_B, APO\_B y GCO\_B)

#### 5.2.4 Identificación de los niveles explicativos iniciales de los estudiantes

La ubicación de los estudiantes en este espacio gráfico es muy significativa para nuestro estudio, dado que éste ha sido construido por la correspondencia entre las categorías de las variables más significativas de la matriz de datos. Si se le adjudica a cada estudiante el valor definido por su posición en este espacio gráfico, se obtienen los valores de la Tabla 68 en el que se ha llamado ‘NIVEL\_POS’ de etiqueta ‘nivel explicativo posterior’ al nuevo valor asignado.

**Tabla 68.** Nivel explicativo final de los universitarios, obtenido a partir de su ubicación espacial en el ACM

Sujeto	NIVEL_POS	Sujeto	NIVEL_POS	Sujeto	NIVEL_POS
U1	2	U11	1	U21	2
U2	2	U12	2	U22	3
U3	2	U13	2	U23	2
U4	2	U14	2	U24	2
U5	2	U15	2	U25	2
U6	1	U16	2	U26	2
U7	1	U17	2	U27	3
U8	2	U18	3	U28	2
U9	2	U19	2	U29	3
U10	2	U20	2		

Puesto que la variable ‘nivel explicativo’ clasifica a los estudiantes en tres grupos, es factible comparar sus valores con los obtenidos en el análisis cluster o de agrupamiento de sujetos (Tabla 66). Dicha comparación se muestra en la Tabla 69, en la que se manifiesta una coincidencia entre los valores de ambas variables para todos los estudiantes, sin ninguna excepción.

**Tabla 69.** Comparación de los valores de las variables ‘NIVEL\_POS’ y ‘CLUSTER\_B’ para universitarios

Sujeto	NIVEL_POS	CLUSTER_B	Sujeto	NIVEL_POS	CLUSTER_B	Sujeto	NIVEL_POS	CLUSTER_B
U1	2	2	U11	1	1	U21	2	2
U2	2	2	U12	2	2	U22	3	3
U3	2	2	U13	2	2	U23	2	2
U4	2	2	U14	2	2	U24	2	2
U5	2	2	U15	2	2	U25	2	2
U6	1	1	U16	2	2	U26	2	2
U7	1	1	U17	2	2	U27	3	3
U8	2	2	U18	3	3	U28	2	2
U9	2	2	U19	2	2	U29	3	3
U10	2	2	U20	2	2			

Evidentemente, esta coincidencia está manifestando tanto la bondad de los datos como la de los análisis realizados.

En consecuencia, la matriz de datos original de los estudiantes universitarios (U\_POS) queda implementada con las siguientes variables:

1. La variable SUMA\_B, calculada a partir de los valores de las variables más significativas cuya identificación ha sido posible gracias al análisis de variables realizado.
2. La variable CLUSTER\_B que define el grupo asignado a cada estudiante por el análisis de conglomerados realizado. Esta variable es creada automáticamente por el Programa Estadístico al ejecutar el Módulo de Conglomerado de K medias (ver sus valores en la Tabla 66).

3. La variable NIVEL\_POS, obtenida a partir de la ubicación de los estudiantes en el espacio bidimensional estructurado por las variables más significativas de la matriz de datos U\_POS. Sus valores se muestran en la Tabla 68 y son coincidentes con los de CLUSTER\_B (ver Tabla 69).

### 5.3 RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Para analizar el grado de aprendizaje experimentado por los estudiantes universitarios durante la intervención didáctica, realizaremos dos tipos de análisis: uno relacionado con el resultado acumulado a través de todas las variables del cuestionario de evaluación y otro relacionado con los niveles explicativos, que, como se ha dicho con anterioridad, han sido construidos a partir de las variables más significativas del estudio.

Según el marco teórico de este estudio, las respuestas de los estudiantes son dependientes de esquemas generales y de esquemas específicos, los cuales interrelacionan entre sí, junto a los elementos figurativos, para generar las respuestas obtenidas. La hipótesis que subyace al diferenciar entre aprendizaje global y aprendizaje en niveles explicativos, es que el primero esté bastante más que el segundo, asociado a los elementos figurativos y no tanto a los verdaderos esquemas de conocimiento de los aprendices.

#### 5.3.1 Resultados de aprendizaje a partir del rendimiento acumulado en la entrevista

Para realizar este estudio, se introducen tres nuevas variables en la matriz de datos (formada ahora por la suma de las matrices U\_PRE y U\_POS). Estas son:

- RAE\_A: Resultado Acumulado de la Entrevista **antes** de la intervención didáctica. Es la suma aritmética de los valores de todas las variables categoriales ordinales de la matriz de datos U\_PRE.
- RAE\_B: Resultado Acumulado de la Entrevista **después** de la intervención didáctica. Es la suma aritmética de los valores de todas las variables categoriales ordinales de la matriz de datos U\_POS.
- GANANCIA\_RAE: Aprendizaje experimentado durante la intervención didáctica referido a todos los ítems involucrados en la prueba de evaluación. Se calcula por diferencia entre RAE\_B y RAE\_A.

Los estadísticos descriptivos para estas variables (Tabla 70) y la prueba T de Student para muestras relacionadas (Tabla 71) indican que el grupo de estudiantes ha experimentado un aprendizaje neto positivo, ya que la diferencia de medias entre RAE\_A y RAE\_B es significativa al 99% de confianza. Este aprendizaje, medido con la variable GANANCIA\_RAE oscila entre 12 y 24 puntos (ver mínimo y máximo de esta variable en la tercera fila de la Tabla 70).

**Tabla 70.** Rendimientos acumulados de la entrevista (RAE) antes y después de la intervención educativa para estudiantes universitarios

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
RAE_A	29	37	59	49,76	4,718
RAE_B	29	57	77	67,21	5,010
GANANCIA_RAE	29	12	24	17,45	2,772
N válido (según lista)	29				

**Tabla 71.** Prueba T de medias entre RAE\_A y RAE\_B para muestras relacionadas (estudiantes universitarios)

		Diferencias relacionadas				
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Superior	Inferior
Par 1	RAE_A - RAE_B	-17,448	2,772	,515	-18,503	-16,394

T= -33,895; Grado de significación: 0,000

Si se analizan estas ganancias en función del nivel inicial de los estudiantes:

- Para los 3 alumnos con menor nivel inicial (NIVEL\_PRE=1), se obtiene una ganancia media de 17 puntos, fuertemente significativa.

**Tabla 72.** Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de universitarios

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
RAE_A	40,67	3	4,041	2,333
RAE_B	57,67	3	,577	,333

**Tabla 73.** Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo inferior de universitarios

		Diferencias relacionadas				
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Superior	Inferior
Par 1	RAE_A - RAE_B	-17,000	4,000	2,309	-26,937	-7,063

T= -7,361; Grado de significación: 0,000

- Para los 16 alumnos con nivel inicial intermedio (NIVEL\_PRE=2), se obtiene una ganancia media de 17 puntos, también significativa.

**Tabla 74.** Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de universitarios

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
RAE_A	49,00	16	2,852	,713
RAE_B	66,38	16	1,893	,473

**Tabla 75.** Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo medio de universitarios

		Diferencias relacionadas				
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Superior	Inferior
Par 1	RAE_A - RAE_B	-17,375	2,187	,547	-18,540	-16,210

T= -31,777; Grado de significación: 0,000

- Finalmente, para los 10 alumnos con nivel inicial superior (NIVEL\_PRE=3), la ganancia media es similar a la de los grupos inferiores y también es fuertemente significativa.

**Tabla 76.** Estadísticos de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de universitarios

	Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
RAE_A	53,70	10	2,497	,790
RAE_B	71,40	10	4,575	1,447

**Tabla 77.** Prueba de muestras relacionadas(a) para el grupo superior de universitarios

		Diferencias relacionadas				
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
					Superior	Inferior
Par 1	RAE_A - RAE_B	-17,700	3,498	1,106	-20,202	-15,198

T= -16,003; Grado de significación: 0,000

A la vista de los resultados parciales anteriores, se puede concluir que la diferencia de medias entre los Rendimientos Acumulados de la Entrevista antes y después de la intervención didáctica es significativa, y que por lo tanto, ha habido aprendizaje. No obstante, éste *no* es diferente según el nivel de partida, como se encontró para los estudiantes de 12-13 años.

### **5.3.2 Resultados de aprendizaje a partir de los niveles de esquemas explicativos**

Para poder comparar los niveles explicativos alcanzados por los estudiantes antes y después de la intervención didáctica (variables NIVEL\_PRE y NIVEL\_POS), se deben previamente redimensionar en un nuevo espacio bidimensional construido mediante un Análisis de Correspondencias Múltiples (ACM) de componentes principales que incluya las variables anteriores y posteriores conjuntamente.

La matriz de correlaciones de las variables más significativas encontradas antes y después de la intervención didáctica, según los dos apartados anteriores desarrollados en este mismo capítulo, se muestra en la Tabla 78. Se trata de variables que pertenecen a distintos momentos del proceso de aprendizaje. El alto número de correlaciones altamente significativas entre variables respecto a las obtenidas para los preadolescentes e 12-13 años (Tabla 47) indica de entrada un sistema de respuestas más coherente por parte de los universitarios. En la Tabla 78, destacan las correlaciones entre: ALA\_A, ALP\_A, AAN\_A, APO\_A, ALP\_B, APO\_B y AAN\_B. Por tanto, éstas serán las variables con las que se construirá el ACM que estamos buscando.

**Tabla 78.** Matriz de correlaciones entre variables anteriores y posteriores a la intervención didáctica

	AGA_A	PIN_A	AMA_A	AMP_A	VER_A	TEM_A	ALA_A	PAL_A	ALP_A	ACA_A	ACP_A	PAI_A	AAN_A	APO_A	GCO_A	AGA_B
<b>AGA_B</b>	,343	,307	,271	,293	,468(**)	,175	,413(*)	,378(*)	,279	,353	,231	,038	,531(**)	,609(**)	,325	1,000
<b>PIN_B</b>	,179	,605(**)	,380(*)	,394(*)	,366(*)	,254	,541(**)	,479(**)	,620(**)	,267	,554(**)	,288	,456(*)	,258	,589(**)	,307
<b>AMA_B</b>	,102	,078	,378(*)	,347	,342	,102	,421(*)	,695(**)	,480(**)	,415(*)	,527(**)	-,073	,340	,334	,172	,342
<b>AMP_B</b>	-,038	,129	,525(**)	,744(**)	,339	,008	,500(**)	,454(*)	,321	,293	,267	,248	,339	,235	,348	,178
<b>VER_B</b>	,015	,243	,344	,242	,472(**)	,169	,415(*)	,316	,504(**)	,289	,416(*)	,463(*)	,445(*)	,248	,446(*)	,254
<b>TEM_B</b>	,029	,366(*)	,485(**)	,399(*)	,403(*)	,300	,591(**)	,370(*)	,606(**)	,366(*)	,532(**)	,541(**)	,554(**)	,400(*)	,315	,262
<b>ALP_B</b>	-,043	,483(**)	,235	,234	,289	,001	,605(**)	,564(**)	,864(**)	,210	,762(**)	,223	,685(**)	,508(**)	,638(**)	,370(*)
<b>ACP_B</b>	-,135	,535(**)	,184	,177	,212	,329	,284	,092	,627(**)	,123	,544(**)	,441(*)	,498(**)	,361	,545(**)	,249
<b>AAN_B</b>	,149	,365(*)	,080	,144	,038	,040	,563(**)	,423(*)	,559(**)	,339	,498(**)	,230	,749(**)	,622(**)	,289	,423(*)
<b>APO_B</b>	-,056	,328	,138	-,002	,189	,032	,540(**)	,360	,616(**)	,284	,532(**)	,291	,689(**)	,621(**)	,295	,232
<b>GCO_B</b>	-,077	,340	,167	,189	,034	-,131	,546(**)	,295	,524(**)	,038	,474(**)	,113	,454(*)	,404(*)	,751(**)	,282

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Si se realiza un análisis de correspondencias múltiples con las variables ALA\_A, ALP\_A, AAN\_A, APO\_A, ALP\_B, APO\_B y AAN\_B, el módulo SPSS genera, como resumen del modelo, la Tabla 79, que muestra la alta fiabilidad del espacio gráfico generado con las dos dimensiones del mismo.

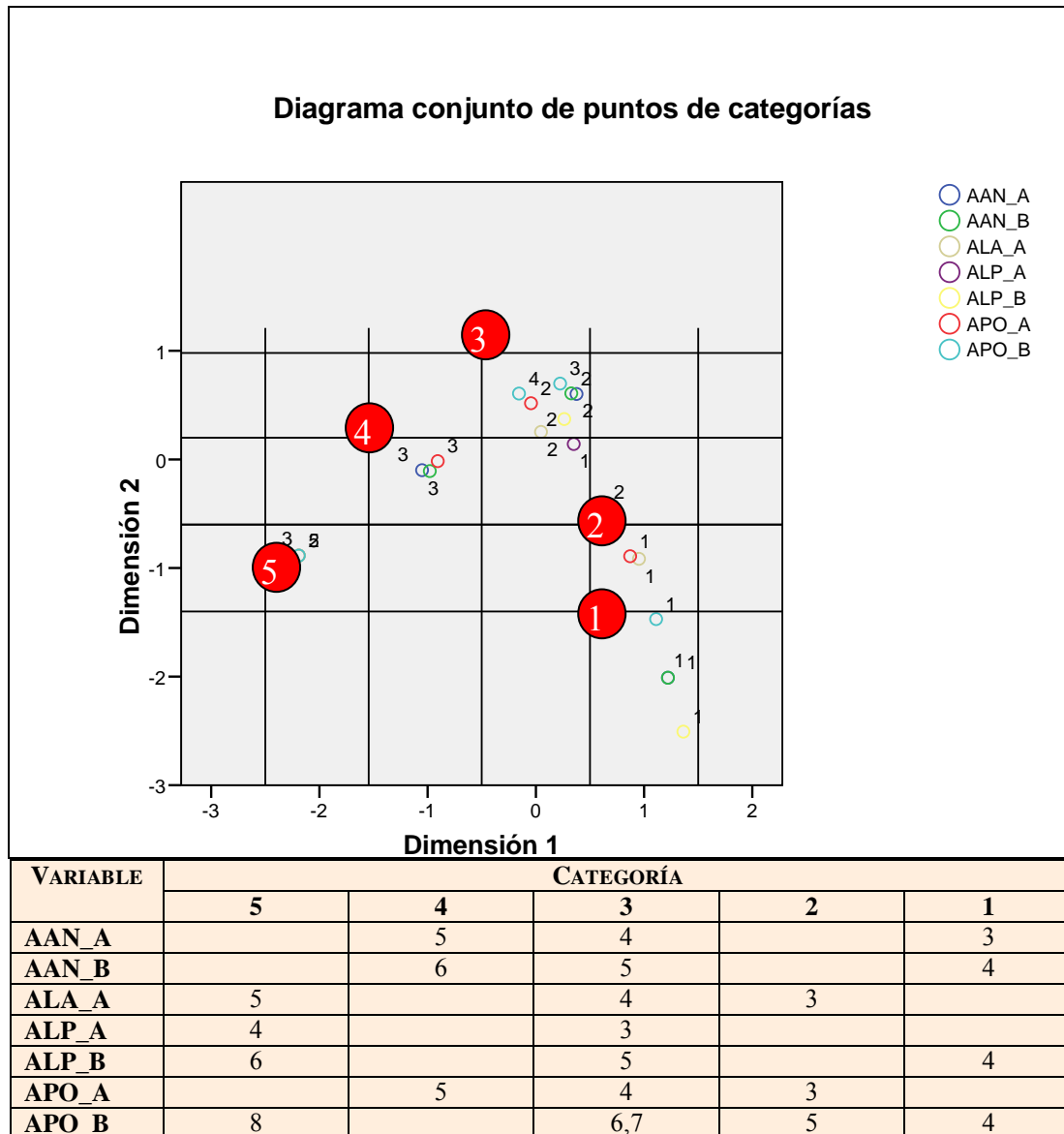
**Tabla 79.** Resumen del modelo del ACM para estudiantes universitarios (Matrices U\_PRE y U\_POS)

Dimensión	Alfa de Cronbach		Varianza explicada	
	Total (Autovalores)	Inercia	% de la varianza	Total (Autovalores)
1	,918	4,695	,671	67,076
2	,825	3,416	,488	48,806
<b>Total</b>		8,112	1,159	
<b>Media</b>	,879(a)	4,056	,579	57,941

a El Alfa de Cronbach Promedio está basado en los autovalores promedio

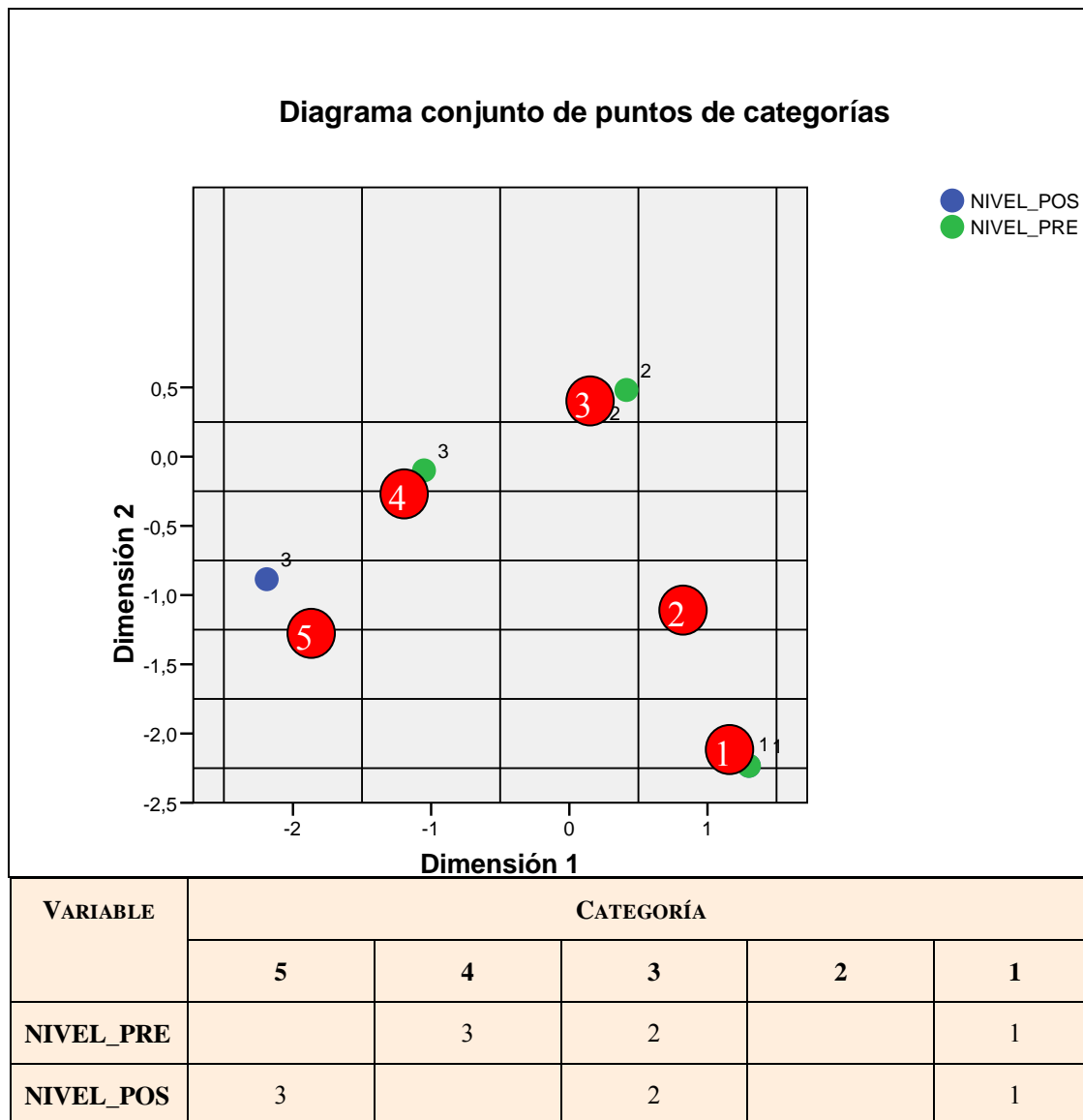
Pidiéndole al módulo un gráfico de variables conjuntas, éste responde con la Figura 39, en la que se identifican cinco rectángulos definidos por líneas horizontales y verticales que dividen el espacio bidimensional generado. Las categorías de cada una de las variables que caen dentro de cada rectángulo se recogen en la parte inferior de la Figura.





**Figura 39.** Análisis de correspondencias múltiples (U\_PRE\_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables más significativas (ALA\_A, ALP\_A, AAN\_A, APO\_A, ALP\_B, APO\_B y AAN\_B)

Si en este espacio gráfico se proyectan las variables que representan los niveles explicativos de los estudiantes antes y después de la intervención didáctica (NIVEL\_PRE y NIVEL\_POS), se obtiene la Figura 40, la cual, segmentada mediante las mismas líneas horizontales y verticales utilizadas en la Figura 39, permite la recodificación de las mismas, tal y como se recoge en la parte inferior de la misma.



**Figura 40.** Análisis de correspondencias múltiples (U\_PRE\_POS). Se muestra la ubicación de las categorías de las variables NIVEL\_POS y NIVEL\_PRE en el espacio definido por las variables más significativas (ALA\_A, ALP\_A, AAN\_A, APO\_A, ALP\_B, APO\_B y AAN\_B)

Sustituyendo los valores iniciales de estas variables por los sugeridos por la ubicación en el espacio gráfico de los mismos, se alcanzan unas nuevas variables denominadas ‘nivel\_previo\_transformado’ (NIVEL\_PRE\_T) y ‘nivel\_posterior\_transformado’ (NIVEL\_POS\_T) cuyos valores se muestran en la Tabla 80.

**Tabla 80.** Valores de las variables NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T para universitarios

Sujeto	NIVEL_PRE_T	NIVEL_POS_T	Sujeto	NIVEL_PRE_T	NIVEL_POS_T	Sujeto	NIVEL_PRE_T	NIVEL_POS_T
U1	3	3	U11	3	1	U21	3	3
U2	4	3	U12	4	3	U22	4	5
U3	3	3	U13	3	3	U23	3	3
U4	4	3	U14	3	3	U24	3	3
U5	4	3	U15	4	3	U25	4	3
U6	1	1	U16	3	3	U26	3	3
U7	1	1	U17	3	3	U27	4	5
U8	3	3	U18	4	5	U28	3	3
U9	3	3	U19	3	3	U29	4	5
U10	3	3	U20	3	3			

A la vista de estas nuevas variables, se puede analizar el aprendizaje, en términos de ganancia de nivel explicativo. Para ello, presentamos la tabla de contingencia entre ambas variables, que se muestra en la Tabla 81.

**Tabla 81.** Tabla de contingencia NIVEL\_PRE\_T \* NIVEL\_POS\_T para universitarios

	NIVEL_POS_T			Total
	1	3	5	
NIVEL_PRE_T	1	2	0	2
	3	1	16	17
	4	0	6	10
Total	3	22	4	29

En ella, se puede concluir que:

- Los 2 estudiantes que tienen nivel inicial 1, permanecen en el mismo nivel al final de la intervención didáctica (estudiantes U6 y U7).
- De los 17 estudiantes cuyo nivel inicial es 3, sus niveles finales pueden ser:
  - Nivel 1 (estudiante U11).
  - Nivel 3 (16 estudiantes: U1, U3, U8, U9, U10, U13, U14, U16, U17, U19, U20, U21, U23, U24, U26 y U28).
- De los 10 estudiantes cuyo nivel inicial es 4, sus niveles finales pueden ser:
  - Nivel 3 (6 estudiantes: U2, U4, U5, U12, U15 y U25).
  - Nivel 5 (4 estudiantes: U18, U22, U27 y U29).

Por tanto, desde la perspectiva de los niveles explicativos, el progreso en el aprendizaje no resulta tan evidente como se vio desde la perspectiva de la variable RAE. De hecho, 18 alumnos permanecen en el mismo nivel inicial, y sólo 4 estudiantes (34,5%) experimentan un progreso de nivel explicativo gracias a la intervención didáctica. Lo más llamativo es que 7 estudiantes sufren un retroceso de nivel. Conviene llamar la atención sobre el hecho de que sólo 4 estudiantes alcanzan el nivel 5 de la progresión de de las explicaciones en términos corpusculares. Estos resultados serán comentados más adelante y se analizará si son compatibles con el marco teórico de referencia sobre el aprendizaje.



*CAPÍTULO*

6

***RESULTADOS III:  
COMPARACIÓN DE  
RESULTADOS DE  
APRENDIZAJE DE ENTRE  
ESTUDIANTES DE 12-13  
AÑOS Y UNIVERSITARIOS***



En este capítulo, se va a afrontar la comparación de los resultados del aprendizaje experimentado por los estudiantes de 12-13 años y los universitarios. Para ello, se partirá de la matriz de datos formada por la fusión de los archivos E\_PRE, E\_POS, U\_PRE y U\_POS que están expuestas al final del capítulo 3, en las Tablas 15, 16, 17 y 18 respectivamente. Además, se incorporan en este análisis las variables que se han ido generando del estudio de aprendizaje realizado en los últimos apartados de los capítulos precedentes, que son las siguientes:

Variables asociadas al rendimiento inicial:

- SUMA\_A
- CLUSTER\_A
- NIVEL\_PRE\_T
- RAE\_A

Variables asociadas al rendimiento final:

- SUMA\_B
- CLUSTER\_B
- NIVEL\_POS\_T
- RAE\_B

Variables asociadas a la modificación del rendimiento tras la intervención educativa:

- GANANCIA\_RAE

De este modo, la matriz de partida para este apartado está formada por un total de 44 variables y 60 estudiantes (31 de 12-13 años y 29 universitarios). Los datos descriptivos de las variables involucradas para cada grupo de estudiantes se muestran en la Tabla 82, en la que la única variable que no aparece registrada es 'ALUMNO' (variable nominal)

**Tabla 82.** Estadísticos descriptivos de las variables de entrada en el estudio comparativo

Estudiantes						Universitarios					
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.		N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
EDAD	31	12,0	15,0	12,39	,667	EDAD	29	17,0	36,0	20,76	4,35
SEXO	31	1	2	1,58	,502	SEXO	29	1	2	1,76	,435
AGA_A	31	1	2	1,06	,250	AGA_A	29	2	4	2,38	,728
PIN_A	31	1	1	1,00	,000	PIN_A	29	1	3	2,21	,559
AMA_A	31	1	3	2,03	,948	AMA_A	29	3	4	3,69	,471
AMP_A	31	1	4	1,97	,983	AMP_A	29	1	5	4,52	,829
VER_A	31	1	3	1,39	,667	VER_A	29	3	5	4,28	,649
TEM_A	31	1	1	1,00	,000	TEM_A	29	2	5	2,59	1,09
ALA_A	31	1	4	3,61	,667	ALA_A	29	3	5	3,93	,458
PAL_A	31	1	2	1,94	,250	PAL_A	29	1	2	1,97	,186
ALP_A	31	1	3	1,90	,790	ALP_A	29	3	4	3,14	,351
ACA_A	31	1	2	1,58	,502	ACA_A	29	1	2	1,86	,351
ACP_A	31	1	4	1,74	,893	ACP_A	29	3	4	3,10	,310
PAI	31	1	4	3,10	1,08	PAI	29	2	4	3,83	,468
AAN_A	31	1	3	1,74	,855	AAN_A	29	3	5	4,21	,675
APO_A	31	1	3	1,71	,693	APO_A	29	3	5	3,97	,731
GCO_A	31	1	2	1,29	,461	GCO_A	29	1	6	4,10	1,29
SUMA_A	31	6	18	11,10	3,506	SUMA_A	29	26	39	34,66	3,00
CLUSTER_A	31	1	3	1,90	,746	CLUSTER_A	29	2	3	2,41	,501
NIVEL_PRE_T	31	1	2	1,65	,486	NIVEL_PRE_T	29	1	4	3,21	,774
RAE_A	31	20	37	27,06	4,049	RAE_A	29	37	59	49,76	4,72
AGA_B	31	1	3	2,00	,632	AGA_B	29	2	4	3,55	,572
PIN_B	31	2	4	2,52	,724	PIN_B	29	2	4	3,24	,577
AMA_B	31	2	4	2,71	,588	AMA_B	29	4	4	4,00	,000
AMP_B	31	3	6	3,68	,791	AMP_B	29	3	6	5,41	,733
VER_B	31	2	4	2,84	,638	VER_B	29	4	6	4,86	,743
TEM_B	31	2	3	2,35	,486	TEM_B	29	4	6	5,00	,707
ALA_B	31	3	5	4,94	,359	ALA_B	29	5	5	5,00	,000
PAL_B	31	1	2	1,97	,180	PAL_B	29	2	2	2,00	,000
ALP_B	31	2	4	3,06	,512	ALP_B	29	4	6	5,07	,458
ACA_B	31	1	2	1,94	,250	ACA_B	29	2	2	2,00	,000
ACP_B	31	2	4	3,10	,597	ACP_B	29	4	6	4,79	,726
PAI_B	31	4	5	4,71	,461	PAI_B	29	5	5	5,00	,000
AAN_B	31	3	5	3,39	,558	AAN_B	29	4	6	5,21	,675
APO_B	31	3	5	3,71	,643	APO_B	29	4	8	6,03	1,15
GCO_B	31	3	6	4,97	,752	GCO_B	29	5	8	6,03	,944
SUMA_B	31	14	28	19,16	3,579	SUMA_B	29	32	50	40,24	4,469
CLUSTER_B	31	1	2	1,23	,425	CLUSTER_B	29	1	3	2,03	,499
NIVEL_POS_T	31	1	3	1,68	,653	NIVEL_POS_T	29	1	5	3,07	,998
RAE_B	31	41	61	47,87	4,870	RAE_B	29	57	77	67,21	5,010
GANANCIA_RAE	31	12	35	20,81	4,936	GANANCIA_RAE	29	12	24	17,45	2,772



Los descriptivos mostrados en esta Tabla 82 son explícitos en mostrar que el rendimiento de los estudiantes universitarios es muy superior, incluso desde antes de la intervención didáctica, al de los de 12-13 años, como parece evidente dadas las diferencias de edad consideradas. Esto se puede comprobar al comparar RAE\_A en los dos grupos; en los estudiantes de 12-13 años, adquiere un valor comprendido en el intervalo [20, 37], mientras que en los universitarios se mueve en el intervalo [37, 59]. Del mismo modo, RAE\_B para los estudiantes de 12-13 años oscila entre [41, 61] y para los universitarios entre [57, 77].

Si bien esta variable admite esta comparación al estar referida en ambos grupos al total de categorías, en cambio, no son susceptibles de comparación SUMA\_A, SUMA\_B, CLUSTER\_A, CLUSTER\_B, NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T, ya que todas ellas han sido construidas utilizando referencias asociadas a las matrices de datos respectivas. Así, mientras que SUMA\_A en el caso de los estudiantes de 12-13 años fue construida a partir de las variables AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, ALP\_A, ACP\_A, AAN\_A y APO\_A, en los universitarios procede del conjunto de variables AMA\_A, AMP\_A, VER\_A, ALA\_A, PAL\_A, ALP\_A, ACA\_A, ACP\_A, AAN\_A y APO\_A, conjunto que difiere del primero en la presencia adicional de tres variables más. Razonamientos similares afectan a las restantes variables no comparables entre grupos de estudiantes.

Concretamente, el conjunto de variables utilizadas para construir NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T, se muestra en la Tabla 83. Se comprueba que son conjuntos disyuntos (la única variable común es ALP\_B) y por tanto se duda a priori de que los valores de dichas variables se puedan equiparar entre sí.

**Tabla 83.** Variables involucradas en la construcción de NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T

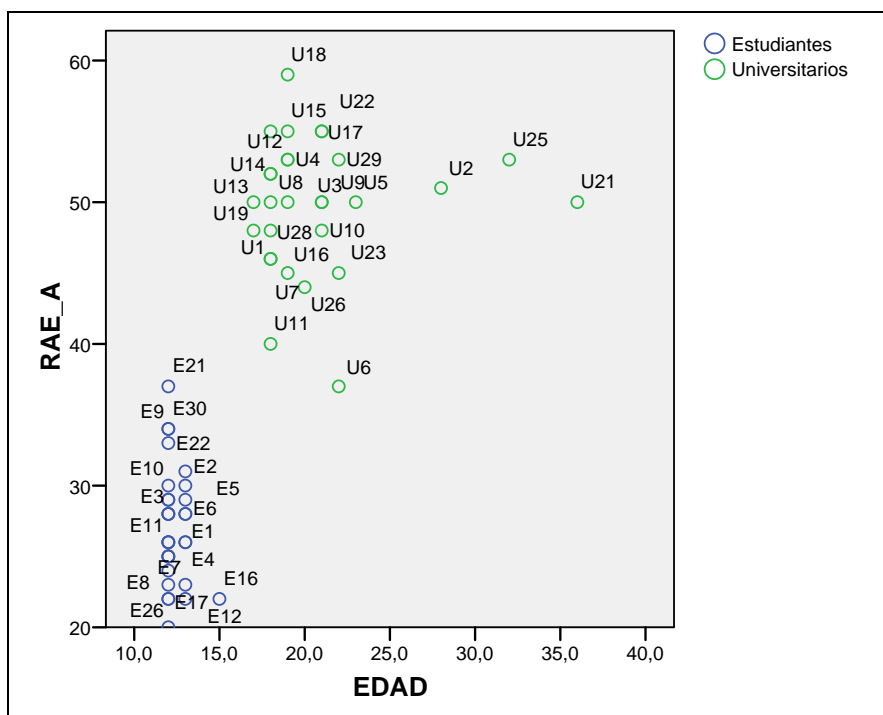
Estudiantes de 12-13 años	AMA_A, AMA_B, AMP_B, VER_B y ALP_B
Universitarios	AAN_A, AAN_B, ALA_A, ALP_A, ALP_B, APO_A, APO_B

En consecuencia, se requiere un redimensionamiento de estas variables en el nuevo espacio definido por el conjunto total de estudiantes y variables. Dicho de otro modo, se debe hacer un nuevo análisis estadístico multivariable que permita la recodificación de estas dos variables en otras nuevas que puedan ser comparadas entre sí.

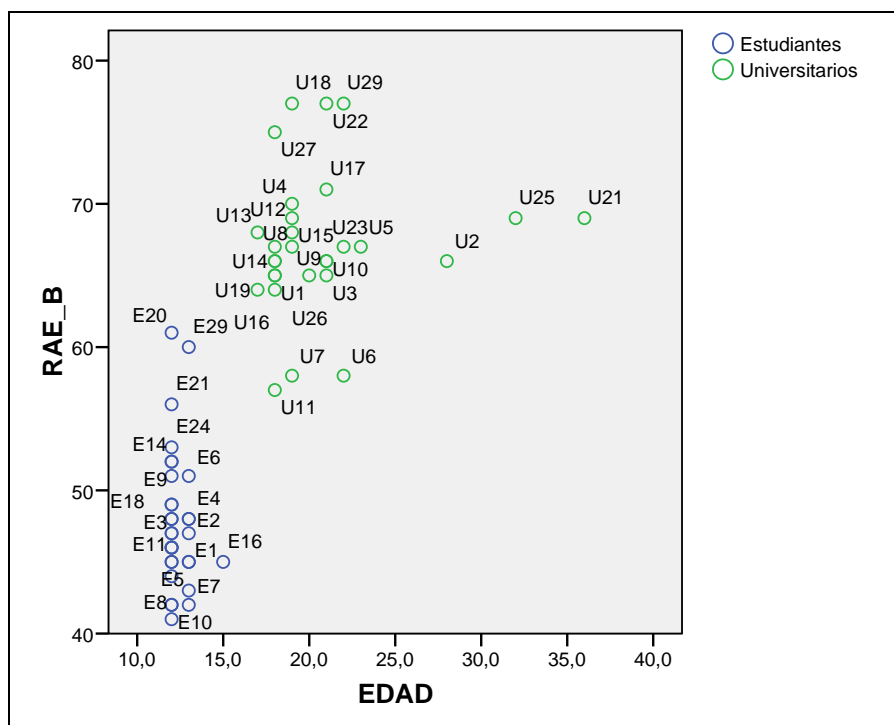
Realizadas estas aclaraciones, el capítulo se estructurará en tres apartados: en primer lugar, se estudiará el aprendizaje en términos de ganancia de Resultados Acumulados de la Entrevista (RAE); a continuación, en términos de ganancia de Nivel Explicativo (NIVEL) para lo cual, según se acaba de explicar, se requerirá previamente la recodificación de las variables NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T; el último apartado se dedicará al aprendizaje de competencias.

**6.1 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE CONSIDERADO COMO GANANCIA DE RAE**

Como se ha señalado en el apartado anterior, los Resultados Acumulados de la Entrevista son muy discriminativos entre grupos de estudiantes tanto si los referimos a los valores obtenidos antes de la intervención educativa como a los posteriores a la misma. Esto se observa gráficamente, en las Figuras 41 y 42 donde se representan RAE\_A y RAE\_B respectivamente, frente a la edad de los estudiantes.



**Figura 41.** Representación de RAE\_A frente a la EDAD



**Figura 42.** Representación de RAE\_B frente a la EDAD

De hecho, si se representa RAE\_B frente a RAE\_A, se obtiene casi una línea recta (ver Figura 43) que indica la dependencia casi lineal del resultado acumulado de la entrevista después de la intervención educativa de los resultados previos. Asimismo, la ecuación de ajuste de esta línea recta es  $RAE_A + 20$ , con lo cual este gráfico nos está indicando la similitud entre las ganancias de RAE entre estudiantes y universitarios (aproximadamente 20 unidades). Más exactamente, la media de las ganancias de RAE de los estudiantes de 12-13 años es ligeramente superior (20,81) a la media de las ganancias de RAE de los Universitarios (17,45) según indica la última fila de la tabla 67.

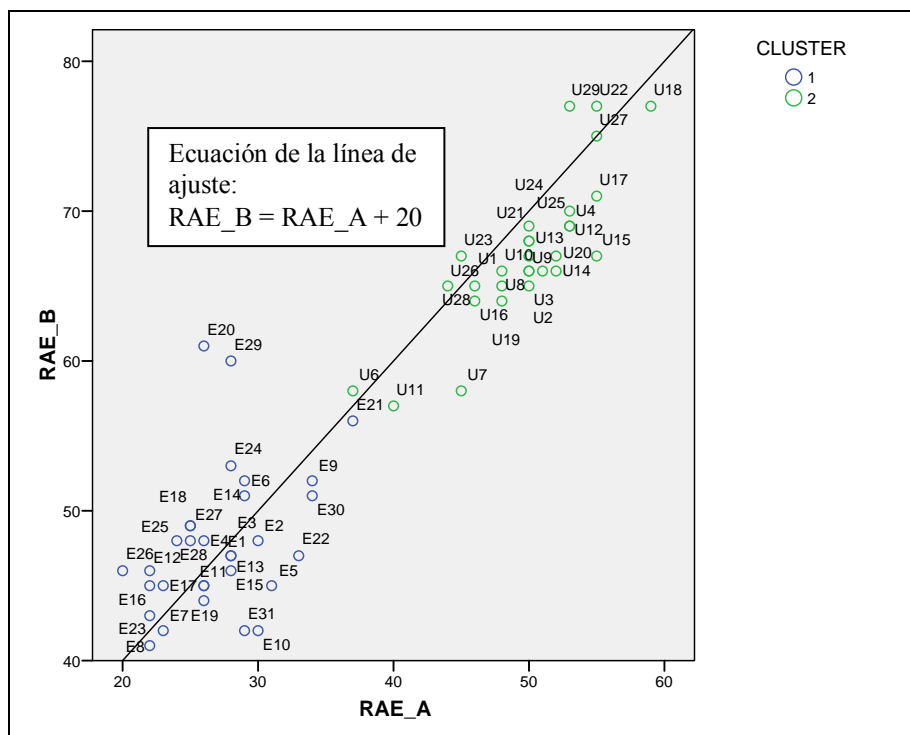


Figura 43. Representación de RAE\_B frente a RAE\_A

¿Son estadísticamente significativas las diferencias entre las medias de GANANCIA\_RAE entre ambos grupos? Para responder a esta pregunta, comparamos la GANANCIA\_RAE de ambos grupos mediante la prueba T para muestras independientes. En la Tabla 84 se muestran los resultados obtenidos. Se observa que la probabilidad asociada al estadístico Levene es  $<0,05$  luego debemos suponer varianzas distintas para esta variable entre ambos grupos de estudiantes. Después de asumir las varianzas distintas, observamos el estadístico t con su nivel de significación bilateral, este valor nos informa sobre el grado de compatibilidad entre la hipótesis de igualdad de medias y la diferencia entre medias poblacionales observadas; en nuestro caso es menor que 0,05 y la conclusión es que las medias de la variable GANANCIA\_RAE entre ambos grupos son distintas. El hecho de que los límites de intervalo de confianza para la diferencias no incluyan el valor 0 indica también que podemos rechazar la hipótesis de igualdad de medias. Se concluye que la GANANCIA\_RAE para los estudiantes de 12-13 años es estadísticamente superior a la que experimentan los estudiantes Universitarios.

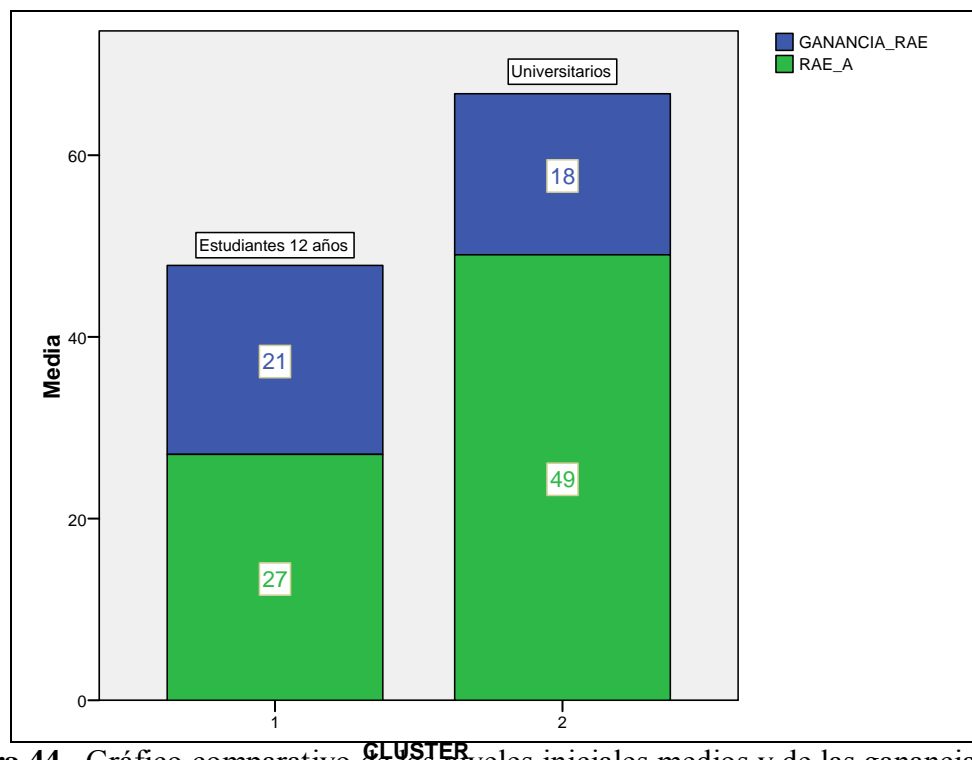
**Tabla 84.** Prueba T para la igualdad de medias de la variable GANANCIA\_RAE entre ambos grupos de estudiantes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bil)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	5,761	,020	-3,219	58	,002	-3,358	1,043	-5,447	-1,270
No se han asumido varianzas iguales			-3,276	47,818	,002	-3,358	1,025	-5,419	-1,297

En la Figura 44 se muestran los valores medios del conocimiento inicial (medido con RAE\_A) y del aprendizaje (medido con la GANANCIA\_RAE) para los dos grupos de estudiantes. Como se puede observar, el estado inicial de los alumnos universitarios es significativamente superior al estado inicial de los estudiantes de 12 años. Este estatus inicial tan diferente hace que, a pesar de que el progreso medio experimentado en los universitarios sea inferior, su estatus final sea significativamente superior al de los estudiantes de 12 años. Es factible concluir que en términos de RAE, la experiencia ha sido positiva para el avance cognoscitivo de ambos grupos y mejor para los estudiantes de 12-13 años.

Sin embargo, los valores medios no dan una imagen detallada acerca del aprendizaje. Si se comparan los valores medios de las varianzas de las mismas variables, vemos que éstas son muy superiores entre los estudiantes de 12 años respecto a la de los universitarios. Esto es, la dispersión en el aprendizaje es mayor entre los más jóvenes respecto a los mayores.

Las preguntas que interesan responder son ¿de qué depende este avance? ¿cuáles son los factores que influyen en que unos y otros avancen de modo desigual? ¿depende de la edad? ¿de su nivel previo? ¿de sus características personales-perceptivas u otras? En las investigaciones sobre DCE estas preguntas son fundamentales para saber diseñar estrategias que favorezcan el aprendizaje.



**Figura 44.** Gráfico comparativo de los niveles iniciales medios y de las ganancias RAE de los estudiantes y universitarios

Del análisis realizado hasta aquí, se puede afirmar:

1. Al tener RAE\_B una dependencia casi lineal de RAE\_A, se puede afirmar que lo que más influye en los rendimientos finales de los estudiantes es su nivel de conocimientos previos.
2. Al ser la GANANCIA\_RAE estadísticamente superior para los estudiantes más jóvenes, se puede afirmar que la intervención didáctica es más eficaz a estas edades respecto a los universitarios.
3. Al ser la varianza de GANANCIA\_RAE estadísticamente superior para los estudiantes más jóvenes, se puede afirmar que el aprendizaje en esas edades presenta una dispersión mayor que el de los universitarios.

## 6.2 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE CONSIDERADO COMO GANANCIA DE NIVEL EXPLICATIVO

Este estudio, de carácter exploratorio, va a partir de la matriz de correlaciones de todas las variables anteriores y posteriores a la intervención didáctica, considerando conjuntamente todos los estudiantes de la investigación. Esta matriz de correlaciones se muestra en la Tabla 85 en la que se destacan, por ser numéricamente inferiores,

únicamente los valores no significativos. Éstos pertenecen mayoritariamente a las variables SEXO, ALA\_A, PAL\_A, PAI\_A, ACA\_A, ALA\_B, PAL\_B, PAI\_B Y ACA\_B. De hecho, si se eliminan estas variables del análisis, la matriz de correlaciones resultante muestra que todos los valores son significativos al 99% de confianza.

**Tabla 85.** Correlaciones entre las variables cuando se consideran conjuntamente todos los estudiantes

	EDAD	SEXO	AGA_A	PIN_A	AMA_A	AMP_A	VER_A	TEM_A	ALA_A	PAL_A	ALP_A	ACA_A	ACP_A	PAI_A	AAN_A	APO_A
EDAD	1,000															
SEXO	.090	1,000														
AGA_A	.837(**)	.037	1,000													
PIN_A	.810(**)	.168	.863(**)	1,000												
AMA_A	.668(**)	.118	.774(**)	.732(**)	1,000											
AMP_A	.705(**)	.149	.804(**)	.797(**)	.887(**)	1,000										
VER_A	.734(**)	.137	.836(**)	.824(**)	.857(**)	.861(**)	1,000									
TEM_A	.855(**)	.178	.873(**)	.884(**)	.781(**)	.815(**)	.893(**)	1,000								
ALA_A	.260(*)	.229	.240	.299(*)	.223	.344(**)	.264(*)	.303(*)	1,000							
PAL_A	.145	.162	.097	.072	.124	.093	.105	.083	.426(**)	1,000						
ALP_A	.633(**)	.157	.670(**)	.712(**)	.647(**)	.664(**)	.733(**)	.717(**)	.268(*)	-.029	1,000					
ACA_A	.242	.026	.371(**)	.267(*)	.369(**)	.366(**)	.430(**)	.333(**)	.210	.365(**)	.269(*)	1,000				
ACP_A	.647(**)	.207	.666(**)	.683(**)	.624(**)	.630(**)	.687(**)	.687(**)	.300(*)	.107	.919(**)	.230	1,000			
PAI_A	.323(*)	.394(**)	.337(**)	.380(**)	.248	.361(**)	.321(*)	.369(**)	.348(**)	.025	.094	.237	.122	1,000		
AAN_A	.778(**)	.148	.819(**)	.827(**)	.724(**)	.758(**)	.817(**)	.831(**)	.251	.109	.768(**)	.310(*)	.771(**)	.308(*)	1,000	
APO_A	.795(**)	.101	.785(**)	.802(**)	.745(**)	.751(**)	.810(**)	.825(**)	.174	.079	.783(**)	.380(**)	.799(**)	.255(*)	.910(**)	1,000
GCO_A	.733(**)	.219	.786(**)	.830(**)	.678(**)	.760(**)	.809(**)	.821(**)	.306(*)	.060	.742(**)	.247	.730(**)	.333(**)	.830(**)	.794(**)
AGA_B	.725(**)	.211	.830(**)	.782(**)	.732(**)	.766(**)	.801(**)	.792(**)	.250	.168	.639(**)	.461(**)	.590(**)	.312(*)	.758(**)	.776(**)
PIN_B	.439(**)	.255(*)	.594(**)	.586(**)	.634(**)	.575(**)	.558(**)	.512(**)	.196	.278(*)	.476(**)	.456(**)	.440(**)	.212	.569(**)	.542(**)
AMA_B	.789(**)	.139	.864(**)	.802(**)	.831(**)	.780(**)	.811(**)	.854(**)	.075	.027	.679(**)	.349(**)	.620(**)	.265(*)	.788(**)	.818(**)
AMP_B	.650(**)	.131	.746(**)	.705(**)	.806(**)	.822(**)	.738(**)	.725(**)	.206	.096	.591(**)	.416(**)	.499(**)	.353(**)	.726(**)	.716(**)
VER_B	.735(**)	.215	.831(**)	.800(**)	.798(**)	.811(**)	.842(**)	.832(**)	.250	.152	.677(**)	.370(**)	.634(**)	.385(**)	.803(**)	.780(**)
TEM_B	.786(**)	.300(*)	.845(**)	.852(**)	.807(**)	.805(**)	.832(**)	.884(**)	.299(*)	.162	.719(**)	.451(**)	.689(**)	.410(**)	.832(**)	.817(**)
ALA_B	.150	.184	.128	.113	.012	.035	.039	.121	.287(**)	.567(**)	.108	.207	.083	-.084	.008	-.023
PAL_B	.150	.184	.128	.113	.012	.035	.039	.121	.287(*)	.567(**)	.108	.207	.083	-.084	.008	-.023
ALP_B	.825(**)	.180	.867(**)	.879(**)	.798(**)	.826(**)	.847(**)	.870(**)	.286(*)	.148	.818(**)	.354(**)	.775(**)	.269(*)	.872(**)	.872(**)
ACA_B	.132	.066	.183	.162	.017	.149	.134	.172	.163	.383(**)	.021	.295(*)	.106	.037	.063	.033
ACP_B	.736(**)	.243	.753(**)	.827(**)	.743(**)	.783(**)	.781(**)	.825(**)	.279(*)	.062	.837(**)	.300(*)	.816(**)	.268(*)	.803(**)	.817(**)
PAI_B	.278(*)	.594(**)	.414(**)	.366(**)	.289(*)	.284(*)	.305(*)	.390(**)	.110	-.096	.249	.047	.255(*)	.588(**)	.341(**)	.287(*)
AAN_B	.759(**)	.106	.807(**)	.814(**)	.683(**)	.737(**)	.767(**)	.801(**)	.258(*)	.119	.711(**)	.319(*)	.696(**)	.300(*)	.939(**)	.843(**)
APO_B	.771(**)	.080	.772(**)	.778(**)	.752(**)	.717(**)	.761(**)	.792(**)	.285(*)	.190	.636(**)	.355(**)	.612(**)	.289(*)	.851(**)	.829(**)
GCO_B	.510(**)	.210	.514(**)	.558(**)	.503(**)	.542(**)	.481(**)	.484(**)	.362(**)	.239	.463(**)	.219	.424(**)	.200	.546(**)	.547(**)

\*\* La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

\* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

	GCO_A	AGA_B	PIN_B	AMA_B	AMP_B	VER_B	TEM_B	ALA_B	PAL_B	ALP_B	ACA_B	ACP_B	PAI_B	AAN_B	APO_B	GCO_B
GCO_A	1,000															
AGA_B	.763(**)	1,000														
PIN_B	.518(**)	.686(**)	1,000													
AMA_B	.723(**)	.819(**)	.672(**)	1,000												
AMP_B	.652(**)	.759(**)	.684(**)	.876(**)	1,000											
VER_B	.814(**)	.815(**)	.680(**)	.866(**)	.830(**)	1,000										
TEM_B	.795(**)	.835(**)	.727(**)	.881(**)	.828(**)	.899(**)	1,000									
ALA_B	.020	.212	.158	.083	.054	.093	.155	1,000								
PAL_B	.020	.212	.158	.083	.054	.093	.155	1,000(**)	1,000							
ALP_B	.842(**)	.832(**)	.687(**)	.889(**)	.811(**)	.905(**)	.902(**)	.124	.124	1,000						
ACA_B	.117	.302(*)	.225	.118	.164	.207	.221	.701(**)	.701(**)	.177	1,000					
ACP_B	.804(**)	.762(**)	.634(**)	.796(**)	.698(**)	.838(**)	.827(**)	.125	.125	.892(**)	.072	1,000				
PAI_B	.376(**)	.428(**)	.304(*)	.395(**)	.348(**)	.374(**)	.458(**)	-.055	-.055	.314(*)	-.078	.297(*)	1,000			
AAN_B	.797(**)	.749(**)	.579(**)	.795(**)	.755(**)	.785(**)	.846(**)	.023	.023	.850(**)	.128	.747(**)	.314(*)	1,000		
APO_B	.707(**)	.713(**)	.623(**)	.838(**)	.752(**)	.783(**)	.834(**)	.069	.069	.855(**)	.099	.711(**)	.265(*)	.861(**)	1,000	
GCO_B	.642(**)	.602(**)	.603(**)	.565(**)	.575(**)	.567(**)	.569(**)	.239	.239	.665(**)	.230	.584(**)	.201	.521(**)	.608(**)	1,000

Asimismo, si se realiza un análisis factorial con las variables resultantes de eliminar las anteriores (Tabla 86), el programa elige dos componentes únicamente y tan solo el primero recoge casi el 72% de la varianza (exactamente el 71,988%). Luego el sistema formado por las variables anteriores y posteriores y todos los estudiantes es muy coherente. En la Tabla 87, se muestra que este componente 1 está bien saturado por todas las variables consideradas, pero destacan con pesos factoriales mayores a 0,90 las siguientes: VER\_A, AAN\_A, APO\_A, VER\_B, TEM\_B, ALP\_B, ACP\_B y AAN\_B. Luego estas son las que se considerarán para transformar los niveles explicativos previos y posteriores de la muestra investigada.

**Tabla 86.** Análisis factorial con las variables más significativas cuando se consideran conjuntamente todos los estudiantes

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	16,557	71,988	71,988	16,557	71,988	71,988
2	1,122	4,877	76,866	1,122	4,877	76,866

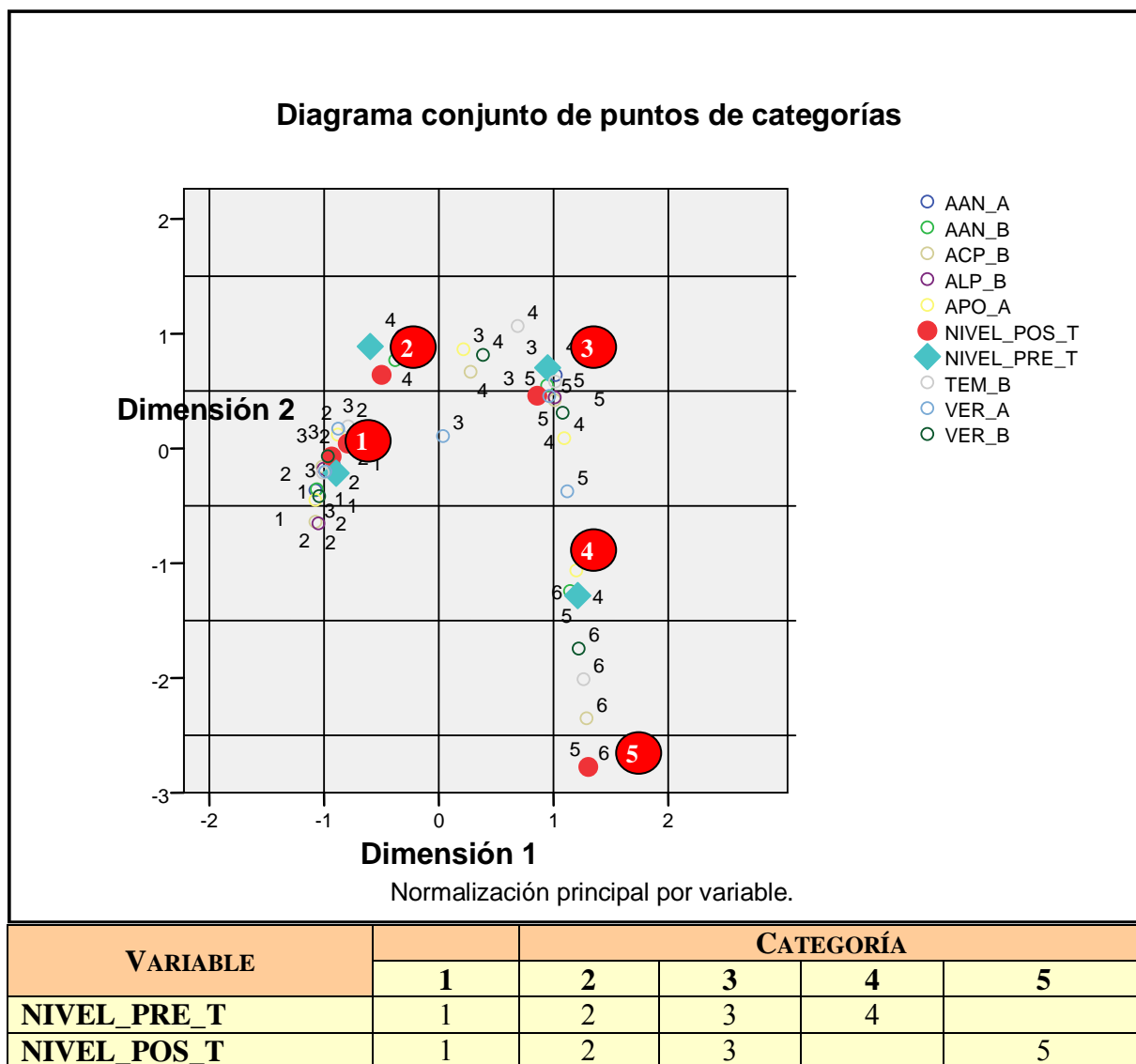
**Tabla 87.** Análisis factorial con las variables más significativas cuando se consideran conjuntamente todos los estudiantes. Matriz de componentes

	Componente	
	1	2
EDAD	,788	-,109
AGA_A	,787	,028
PIN_A	,878	-,050
AMA_A	,834	,231
AMP_A	,869	,127
VER_A	<b>,915</b>	-,027
TEM_A	,733	-,038
ALP_A	,792	-,421
ACP_A	,763	-,521
AAN_A	<b>,910</b>	-,199
APO_A	<b>,906</b>	-,209
GCO_A	,865	-,102
AGA_B	,863	,188
PIN_B	,689	,454
AMA_B	,880	,220
AMP_B	,847	,328
VER_B	<b>,906</b>	,141
TEM_B	<b>,951</b>	,060
ALP_B	<b>,964</b>	-,016
ACP_B	<b>,891</b>	-,130
AAN_B	<b>,893</b>	-,113
APO_B	,865	,022
GCO_B	,640	,201

Método de extracción: Análisis de componentes principales.  
a 2 componentes extraídos



Un análisis de correspondencias múltiple realizado con estas variables más significativas se muestra en la Figura 45. Sobre él, se observa también la proyección de las variables NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T, con el objetivo de redimensionarlas en este nuevo espacio gráfico. La tabla inferior a la Figura 45 muestra la posición que las categorías de estas variables ocupan en los espacios más poblados del ACM. Si se sustituyen los valores de estas categorías por la posición que adoptan en este espacio gráfico, del modo que se indica en la parte inferior esta Figura, se crean dos nuevas variables que llamaremos NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT, cuyos nuevos valores se muestran en la Tabla 88.



**Figura 45.** Análisis de correspondencias múltiples realizado con las variables más significativas del sistema conjunto y proyección sobre el mismo de las variables NIVEL\_POS\_T y NIVEL\_PRE\_T

**Tabla 88.** Valores de las nuevas variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT

ALUMNO	NIVE_PRE_TT	NIVEL_POS_TT	ALUMNO	NIVE_PRE_TT	NIVEL_POS_TT
E1	2	2	U1	3	3
E2	2	2	U2	4	3
E3	2	2	U3	3	3
E4	1	2	U4	4	3
E5	2	1	U5	4	3
E6	2	2	U6	1	1
E7	1	1	U7	1	1
E8	1	1	U8	3	3
E9	2	2	U9	3	3
E10	2	2	U10	3	3
E11	2	1	U11	3	1
E12	2	1	U12	4	3
E13	2	1	U13	3	3
E14	2	2	U14	3	3
E15	2	1	U15	4	3
E16	1	1	U16	3	3
E17	1	1	U17	3	3
E18	2	2	U18	4	5
E19	1	1	U19	3	3
E20	2	3	U20	3	3
E21	2	3	U21	3	3
E22	2	1	U22	4	5
E23	1	1	U23	3	3
E24	1	2	U24	3	3
E25	1	2	U25	4	3
E26	1	2	U26	3	3
E27	2	2	U27	4	5
E28	1	2	U28	3	3
E29	2	3	U29	4	5
E30	2	2			
E31	2	1			

Obsérvese que los valores de las nuevas variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT coinciden exactamente con los de las originales NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_POS\_T, lo que es una muestra de la bondad de los análisis que se están realizando.

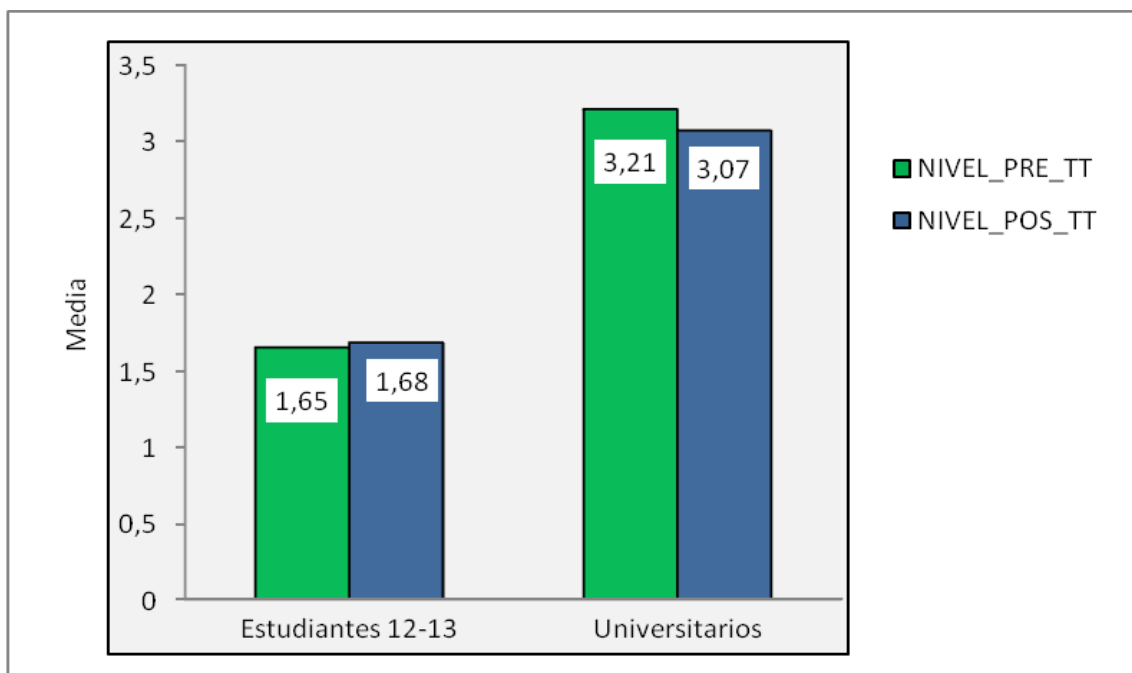
En las Tablas 89 y 90 se resumen los descriptivos de estas variables, respectivamente para ambos grupos de estudiantes. Se ha añadido además en cada una de ellas, la variable GANANCIA\_NIVEL, calculada a partir de las diferencias entre NIVEL\_POS\_TT y NIVEL\_PRE\_TT. Los resultados de estas tablas se han graficado en la Figura 46.

**Tabla 89.** Estadísticos descriptivos de los niveles explicativos PRE y POS para estudiantes de 12-13 años

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
NIVEL_PRE_TT	31	1	2	1,65	,486
NIVEL_POS_TT	31	1	3	1,68	,653
GANANCIA_NIVEL	31	-1,00	1,00	0,0323	0,70635
N válido (según lista)	31				

**Tabla 90.** Estadísticos descriptivos de los niveles explicativos PRE y POS para universitarios

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
NIVEL_PRE_TT	29	1	4	3,21	,774
NIVEL_POS_TT	29	1	5	3,07	,998
GANANCIA_NIVEL	29	-2,00	1,00	-,1379	,69303
N válido (según lista)	29				



**Figura 46.** Gráfico comparativo de los valores medios de los niveles explicativos de ambos grupos de estudiantes antes y después de la intervención didáctica.

A la vista de las tablas 89 y 90 y de la Figura 46, conviene destacar:

a) La media de GANANCIA\_NIVEL de los estudiantes de 12-13 años es ligeramente positiva y la de los estudiantes universitarios es ligeramente negativa. Esto es, la mejora de los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años es muy ligera, y en el caso de los universitarios incluso hay un retroceso.

b) Sería interesante saber si las diferencias entre las medias de GANANCIA\_NIVEL de ambos grupos son significativas o no, del mismo modo que se hizo con GANANCIA\_RAE en el apartado anterior. En la Tabla 91 se muestra el resultado de ejecutar en el SPSS el módulo de la prueba T para muestras independientes. En este caso la probabilidad asociada al estadístico Levene es  $>0,05$  y debemos suponer varianzas iguales para esta variable entre ambos grupos de estudiantes. Observamos que para varianzas iguales, el nivel de significación del estadístico t es mayor que 0,05 y la conclusión es que las medias de la variable GANANCIA\_NIVEL entre ambos grupos no son estadísticamente diferentes. El hecho de que los límites de intervalo de confianza para la diferencias incluyan el valor 0 indica también que podemos aceptar la hipótesis de igualdad de medias.

**Tabla 91.** Prueba T para muestras independientes de GANANCIA\_NIVEL entre ambos grupos de estudiantes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bil)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
Se han asumido varianzas iguales	,013	,910	,941	58	,351	,17019	,18083	-,19178	,53215
No se han asumido varianzas iguales			,942	57,862	,350	,17019	,18071	-,19156	,53194

c) Se puede afirmar que globalmente no hay aprendizaje en ninguno de los grupos, entendido éste como cambio de nivel de esquema explicativo.

Concluyendo, si se considera el aprendizaje en términos de “progresos” de niveles explicativos, el panorama resulta mucho más sombrío que si se mide en términos de avances en los Rendimientos Acumulados en la Entrevista, visto en el apartado 6.1. En este caso, los “progresos de nivel explicativo” experimentados por ambos grupos son prácticamente nulos. Concretamente:

- A nivel cuantitativo. Para los estudiantes de 12-13 años es muy pequeño y para los universitarios incluso es ligeramente negativo. Estadísticamente no hay diferencias.
- A nivel cualitativo. Los estudiantes de 12-13 años no superan en ningún caso el valor 3 de niveles explicativos, lo que podría indicar una barrera importante en su evolución cognoscitiva. En cambio, los estudiantes universitarios superan este nivel, incluso desde antes de la intervención didáctica, pero sólo 4 estudiantes consiguen alcanzar el nivel 5 de la progresión cognoscitiva.

Se puede concluir que la secuencia didáctica ha sido casi ineficaz para movilizar niveles de esquemas explicativos en ambos grupos de estudiantes. Los estudiantes de 12-13 años partían de niveles cuyos valores eran 1 ó 2 fundamentalmente (Media=1,65; Desv.típ=0,486) y finalizan globalmente manteniendo dichos valores tras la

intervención didáctica (Media=1,68; Desv.típ.=0,653). Los universitarios tienen al comienzo niveles 3, 4 ó 5 (Media=3,21; Desv.típ=0,774) y finalizan manteniendo dichos niveles (Media=3,07; Desv.típ=0,998).

La cuestión que suscita estos datos es ¿a qué se debe la dificultad de mejorar el nivel de esquemas explicativos cuando todos los estudiantes mejoran en el rendimiento total del cuestionario? La respuesta a esta pregunta hay que encontrarla en que los niveles explicativos se construyen a partir únicamente de las variables más significativas, que son aquéllas que correlacionan bien entre sí, reflejando un sistema coherente de conocimiento. Por poner un ejemplo, los estudiantes de 12-13 años experimentan un incremento evidente en la variable PAI, relacionada con el peso de aire, pero éste es un conocimiento que puede ser académico y tener una escasa influencia en la construcción del modelo discontinuo-corpúscular de la materia. Lo mismo ocurre con muchas otras variables consideradas en el cuestionario, tales como PAL (predicción verbal de lo que va a ocurrir al mezclar alcohol y agua) y ACA (predicción verbal del comportamiento de un gas coloreado frente al aire).

El nivel explicativo, tal y como es construido, procede del conjunto de respuestas recogidas en variables bien correlacionadas, lo que únicamente puede explicarse porque sean el reflejo de un sistema coherente de conocimiento. Las restantes respuestas se recogen en variables que no correlacionan bien entre sí, lo que nos hace suponer que son respuestas académicas, de compromiso o de azar, escasamente ligadas a los verdaderos esquemas de conocimiento.

### 6.3 COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE DE COMPETENCIAS

En este trabajo, está involucrada la competencia cognitiva de explicar fenómenos que pueden ser explicados en términos de partículas. La cuestión que nos hacemos en este apartado es si ha habido o no aprendizaje en esta competencia.

En el marco teórico, se ha planteado como hipótesis que las competencias son, al igual que los niveles de esquemas explicativos, consecuencias observables de la activación del sistema cognoscitivo del estudiante. Recordemos brevemente el motivo de esta asociación. Como afirmábamos en el capítulo 2, ambos elementos (esquema explicativo y competencia) exigen por su propia definición una regularidad en las respuestas de los estudiantes, que se manifiesta con tres observables: repetición, generalización y diferenciación. Decíamos que si el estudiante, ante un conjunto de cuestiones que involucran distintas situaciones físicas, con confrontaciones y variaciones contextuales relevantes e irrelevantes, es capaz de ofrecer respuestas coherentes, es poco probable que estas respuestas las haya inventado o generado in situ por simple compromiso con el encuestador. No deben ser construcciones temporales que se realizan en la memoria operativa o de trabajo; lo más lógico es concluir que proceden de sus verdaderos esquemas de conocimiento. En términos ausubelianos, son respuestas significativas.

Por tanto, la cuestión del aprendizaje de competencias, entendido como la movilización de los niveles competenciales, está asociada a la de los niveles explicativos. Admitido esto, la cuestión que nos concierne ha sido respondida en los apartados 4.3.2 y 5.3.2 de este trabajo, donde se han analizado los resultados de aprendizaje a partir de los niveles

de esquemas explicativos de los estudiantes, respectivamente, para los de 12-13 años y para los universitarios. La comparación entre dichos aprendizajes se ha trabajado en el apartado 6.2 de este mismo capítulo.

Cabe preguntarse el motivo por el que el aprendizaje de competencias ha sido tan escaso o nulo para ambos grupos de estudiantes. Ante esto, hay que recordar que ambas intervenciones didácticas constaron tan solo de 4 sesiones, y que fueron realizadas en gran grupo, guiadas y dirigidas por la docente del aula. No cabe duda de que aprender competencias exige más tiempo que aprender contenidos, y los resultados globales aquí obtenidos confirman esta aseveración. Por otro lado, a nivel individual, sí que se han detectado modificaciones de los niveles competenciales de los estudiantes, aunque estos no siempre han sido positivos, lo que explica que los valores medios sean pequeños e incluso negativos.

¿Es posible experimentar un retroceso en los niveles competenciales? Cabe señalar que el aprendizaje es un proceso permanente por el cual se construyen en forma progresiva estructuras de pensamiento y de acción cada vez más complejas, pero ello no implica una acumulación lineal de conocimientos o habilidades. Conviene concebirlo mejor como una espiral en la que hay avances, retrocesos y cambios que llevan a reequilibrios y reestructuraciones cada vez más complejas y adecuadas. Los obstáculos para el aprendizaje pueden ser afectivos (ansiedades, sentimientos...) y cognitivos (conocimientos previos, esquemas operatorios...).

Si comparamos los cambios en los niveles explicativos entre estudiantes de 12-13 años y universitarios, cabe señalar:

A. El número de estudiantes que sufre avances, permanencias y retrocesos de nivel explicativo es muy similar en ambos grupos de edad (ver Tabla 92).

**Tabla 92.** Número de estudiantes de ambos grupos que avanzan, permanecen y retroceden en sus niveles competenciales.

	AVANCES DE NIVEL	PERMANENCIA	RETROCESOS DE NIVEL
ESTUDIANTES 12-13 AÑOS	5	19	7
UNIVERSITARIOS	4	18	7

B. Lo que distingue considerablemente a ambos grupos son los intervalos de niveles competenciales por los que experimentan sus avances y retrocesos. Los jóvenes de 12-13 años lo hacen entre los niveles 1, 2 y 3, aunque fundamentalmente entre los dos primeros; los universitarios entre los niveles 3, 4 y 5 (con las excepciones de U6 y U7).

### 6.3.1 Relación entre aprendizaje de competencias y aprendizaje de contenidos

Otra cuestión que despierta interés en el aprendizaje de esta competencia es qué relación guarda con el aprendizaje de contenidos. A ello dedicamos este apartado.

Como vimos en el capítulo 2, las competencias no son independientes de los conocimientos, sino todo lo contrario; tienen como condición un aprendizaje perfectamente integrado de los mismos.

En nuestro trabajo, RAE es la variable que sintetiza el conocimiento del estudiante en su sentido más amplio; esto es, podríamos decir que integra el conocimiento académico y el conocimiento integrado en su estructura cognitiva. El aprendizaje de este conocimiento está representado en GANANCIA\_RAE, que es la variación que en cuanto al conocimiento experimenta cada estudiante tras de la intervención didáctica. Recordemos que es la diferencia entre RAE\_B (conocimiento tras las intervención) y RAE\_A (conocimiento antes de la misma).

Por otro lado, la variable NIVEL es la que caracteriza el nivel explicativo-competencial del estudiante en la competencia de “explicar fenómenos que pueden ser explicados en términos de partículas”. Por tanto, NIVEL\_PRE\_TT (coincidente con NIVEL\_PRE\_T) representa el nivel competencial antes de la intervención didáctica, y NIVEL\_POS\_TT (coincidente con NIVEL\_POS\_T) el nivel competencial tras la intervención didáctica. El aprendizaje competencial queda simbolizado en GANANCIA\_NIVEL que se calcula por diferencia entre NIVEL\_POS\_T (nivel tras la intervención) y NIVEL\_PRE\_T (nivel antes de la misma).

La cuestión que aquí afrontamos es si hay relación entre GANANCIA\_NIVEL y GANANCIA\_RAE. Ejecutamos el módulo de Pruebas no Paramétricas para muestras relacionadas y éste nos proporciona la imagen mostrada en la Figura 47, según la cual, hay diferencias significativas entre las medianas de ambas variables, como era de prever por las características tan diferentes entre ambos aprendizajes.

**Resumen de prueba de hipótesis**

	Hipótesis nula	Test	Sig.	Decisión
1	La mediana de las diferencias entre GANANCIA_NIVEL y GANANCIA_RAE es igual a 0.	Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo de muestras relacionadas	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Se muestran las significancias asintóticas. El nivel de significancia es ,05.

**Figura 47.** Contraste para la igualdad de tendencia central entre GANANCIA\_NIVEL y GANANCIA\_RAE.

Para conocer si hay relación entre esas variables, ejecutamos el módulo de correlaciones no paramétricas (Rho de Spearman), y el programa nos ofrece los resultados de la Tabla 93, donde se recogen los de la muestra total y los de cada grupo de estudiantes por separado. Se observa que hay una correlación positiva y significativa ( $p=0,01$ ) en las tres muestras de datos, pero que ésta es ligeramente mayor para la de los estudiantes de 12-13 años.

**Tabla 93.** Correlaciones entre GANANCIA\_NIVEL y GANANCIA\_RAE

		GANANCIA_RAE			
		Muestra total	Estudiantes de 12-13 años	Estudiantes universitarios	
Rho de Spearman	GANANCIA_NIVEL	Coefficiente de correlación	,565**	,597**	,502**
		Sig. (bilateral)	,000	,006	,006
		N	60	31	29

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Nos preguntamos ahora si hay dependencia causal entre ambas variables. Para ello ejecutamos el módulo de Regresión lineal del SPSS y éste nos aporta el resumen del modelo que se muestra en la Tabla 94, donde se han compendiado en filas los resultados obtenidos para la muestra total, y para cada uno de los grupos de estudiantes por separado. El modelo de Regresión Lineal aporta el Coeficiente de Correlación de Pearson R y el Coeficiente de Determinación ( $R^2$ ). Este último indica que la fracción de la variabilidad de GANANCIA\_NIVEL que es explicada por GANANCIA\_RAE es del 30,8%, cuando se trata de la muestra completa. En el caso de los estudiantes de 12-13 años, la bondad de ajuste es algo mayor ( $R^2=0,377$ ) y en los universitarios, menor ( $R^2=0,248$ ).

**Tabla 94.** Resumen del modelo de regresión lineal de GANANCIA\_NIVEL de GANANCIA\_RAE.

	R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
Muestra total	,555 <sup>a</sup>	,308	,296	,58666
12-13 años	,614 <sup>b</sup>	,377	,355	,56719
Universitarios	,498 <sup>b</sup>	,248	,220	,61198

El ANOVA (Tabla 95) evalúa globalmente el modelo, al separar la variabilidad explicada por la Regresión y la variabilidad no explicada o Residual, y calcula un estadístico y la significación estadística. Esta nos indica que el modelo es significativo (99% de confianza) y se puede concluir aceptando la hipótesis alternativa de que hay asociación entre ambas variables mediante regresión lineal.



**Tabla 95.** ANOVA del modelo de regresión lineal de GANANCIA\_NIVEL de GANANCIA\_RAE

		ANOVA <sup>a</sup>				
	Modelo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Muestra total	Regresión	8,888	1	8,888	25,825	,000 <sup>b</sup>
	Residual	19,962	58	,344		
	Total	28,850	59			
12-13 años	Regresión	5,638	1	5,638	17,527	,000 <sup>c</sup>
	Residual	9,329	29	,322		
	Total	14,968	30			
Universitarios	Regresión	3,336	1	3,336	8,908	,006 <sup>c</sup>
	Residual	10,112	27	,375		
	Total	13,448	28			

a. Variable dependiente: GANANCIA\_NIVEL  
b. Variables predictoras: (Constante), GANANCIA\_RAE

Por último, en la Tabla 96 se ofrecen los coeficientes del modelo (columna encabezada “B”), que para la muestra total, son:

- la constante o valor de la ordenada en el origen (-1,763)
- el coeficiente de regresión o pendiente de la recta (0,089).

Además, se proporcionan sus correspondientes errores típicos. Y, en las últimas columnas, el contraste de hipótesis para el coeficiente de regresión, a través de una t de Student (contraste de Wald) que parte de la hipótesis que supone que el coeficiente de regresión lineal vale cero. La significación indica que esta hipótesis se rechaza.

**Tabla 96.** Coeficientes del modelo de regresión lineal de GANANCIA\_NIVEL respecto a GANANCIA\_RAE

		Coeficientes <sup>a</sup>			t	Sig.
Modelo		Coeficientes no estandarizados		Coeficientes tipificados		
		B	Error típ.	Beta		
Muestra total	(Constante)	-1,763	,345		-5,103	,000
	GANANCIA_RAE	,089	,018	,555		
12-13 años	(Constante)	-1,795	,448		-4,005	,000
	GANANCIA_RAE	,088	,021	,614		
Universitarios	(Constante)	-2,311	,737		-3,136	,004
	GANANCIA_RAE	,125	,042	,498		

a. Variable dependiente: GANANCIA\_NIVEL  
Sig. 95%

Con estos resultados concluimos:

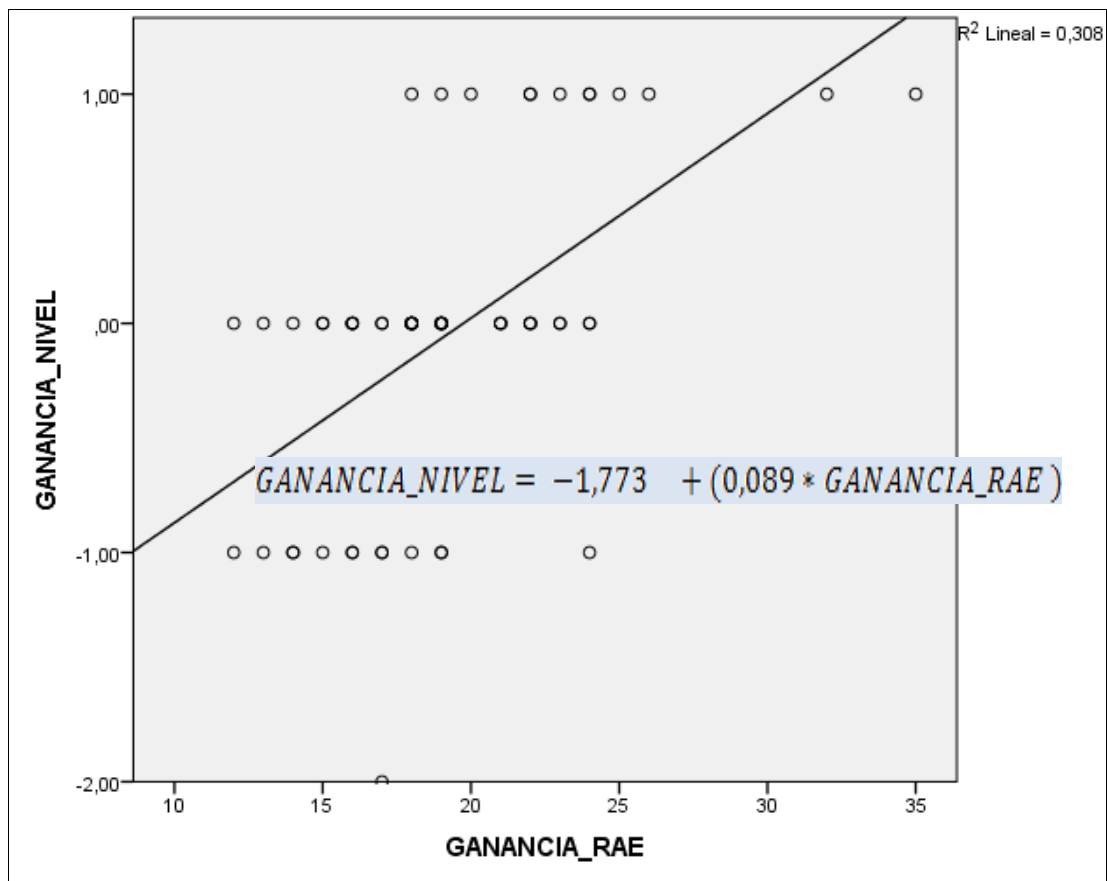
- Que ambas variables están asociadas o relacionadas linealmente en la población de la que proviene la muestra (con una muy pequeña probabilidad de que la relación encontrada sea explicada por el azar, menos del uno por mil).

- Que la relación encontrada permite explicar el 30,8% de GANANCIA\_NIVEL mediante la variable GANANCIA\_RAE.
- Que la relación es directa, aumentando en promedio 0,089 la puntuación de GANANCIA\_NIVEL por cada aumento de 1 punto de la puntuación de RAE.

Por tanto, se puede escribir la relación entre ambas variables como sigue.

$$GANANCIA\_NIVEL = -1,773 + (0,089 * GANANCIA\_RAE)$$

En la Figura 48 se muestra la distribución de la nube de puntos, la recta de regresión y la bondad del ajuste.



**Figura 48.** Línea de ajuste de la dependencia de GANANCIA\_NIVEL respecto a GANANCIA\_RAE

#### 6.4 SIGNIFICADO FÍSICO DE LOS NIVELES EXPLICATIVOS

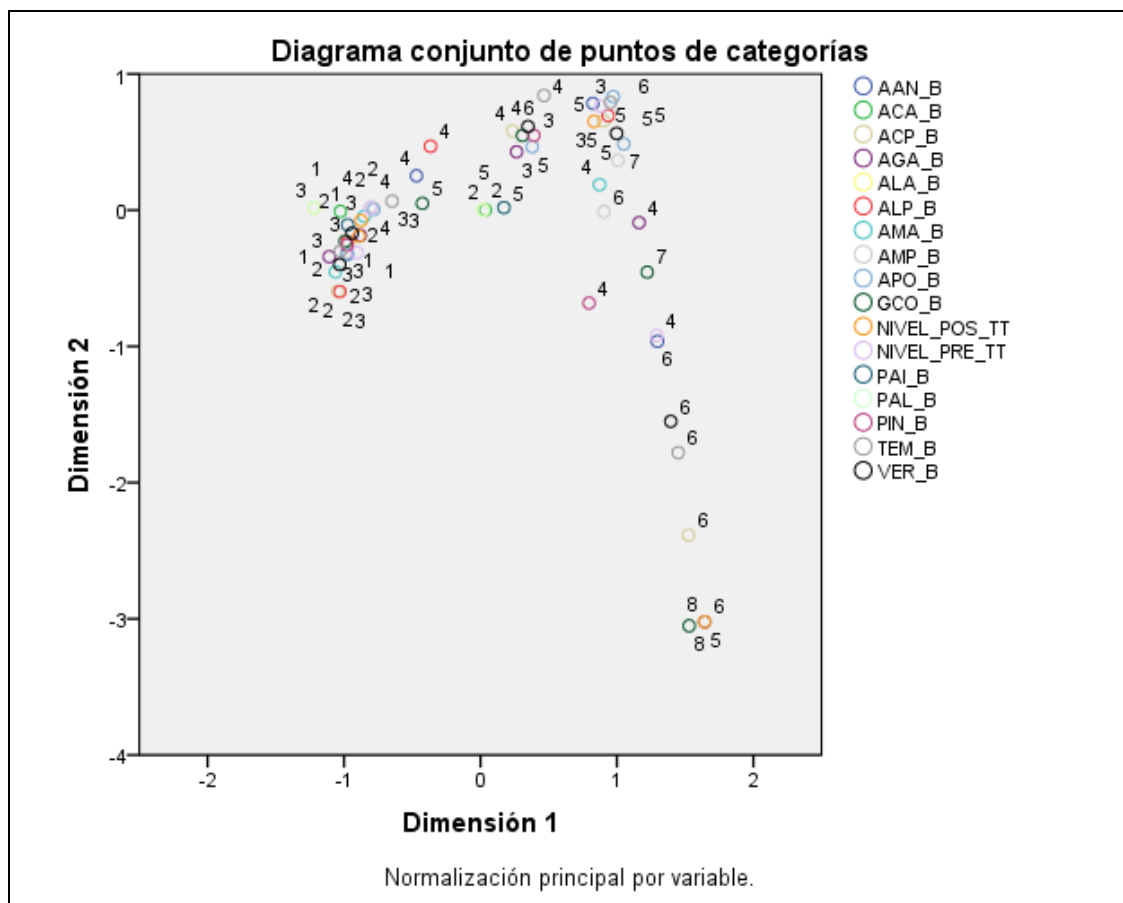
Los niveles explicativos anteriores y posteriores a la intervención didáctica vienen definidos en este trabajo por las variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT respectivamente. Sus valores para los estudiantes de 12-13 años y los universitarios se recogen en la Tabla 87.

Los valores de NIVEL\_PRE\_T oscilan entre 1 y 2 para los estudiantes de 12-13 años y entre 3 y 4 para los universitarios (con las excepciones de U6 y U7, que tiene 1).

Los valores de NIVEL\_POS\_T oscilan entre 1, 2 y 3 para los estudiantes de 12-13 años y entre 3 y 5 para los universitarios (con las excepciones de U6, U7 y U11, que tienen 1).

Pero ¿qué significan estas cifras? ¿qué información tiene para el docente que un estudiante alcance p.e. el nivel 3 después de la intervención didáctica? ¿tiene un significado cognoscitivo o, después de tantas transformaciones, ha dejado de tenerlo?

Las variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT representan el contenido evolutivo común existente entre las variables originarias. Por tanto, para poder comprender el significado de sus valores hemos de acudir de nuevo a las variables originarias y reestructurar sus categorías empíricas, para que sean realmente representativas de la evolución del conocimiento en las respectivas tareas. Hay que tener en cuenta que, dado el carácter empírico de las categorías, podrían tener errores de jerarquización, distancias de diversa magnitud y problemas constructivos, que impiden extraer conclusiones acerca del carácter evolutivo. Mucho menos si se pretende extraer un contenido evolutivo común por contraste entre ellas.



NIVEL_PRE_TT	1	2	3	4	
NIVEL_POS_TT	1	2	3		5
AGA_A/AGA_B	1	2, 3			4
PIN_A/PIN_B	1, 2		3, 4		
AMA_A/AMA_B	1	2	3		5
AMP_A/AMP_B	1	2, 3	4	5	6
VER_A/VER_B	1	2	3	4	5
TEM_A/TEM_B	1	2, 3	4	5	6
ALA_A/ALA_B	1, 2	3, 4		5	
PAL_A/PAL_B	1	2			
ALP_A/ALP_B	1, 2	3, 4	5	6	7
ACA_A/ACA_B	1	2			
ACP_A/ACP_B	1	2, 3	4	5	6
PAI_A/PAI_B	1, 2	4	3		
AAN_A/AAN_B	1	2	4	5	6
APO_A/APO_B	1	2, 3, 4	5, 6	7	8, 9
GCO_A/GCO_B	1	2, 3	4, 5		6

**Figura 49.** Gráfico resultante de proyectar las variables más significativas sobre el espacio definido por los Niveles Explicativos (Variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT)

El análisis de correspondencias múltiple realizado con las variables más significativas que dio origen a las variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT, y cuyo gráfico se encuentra en la Figura 45 de este mismo capítulo, es el que ha sido utilizado para la

reestructuración de las variables originales, que han sido proyectadas sobre aquel espacio gráfico. El resultado de esta proyección se muestra en la Figura 49. En la tabla situada en la parte inferior de esta figura, se detalla la distribución de las categorías empíricas según la posición que adoptan en el espacio gráfico definido por las variables NIVEL. Analicemos esta tabla:

- Hay variables, tales como AGA, ALA, PAL y ACA que no discriminan a los estudiantes entre niveles y por tanto no son significativas para identificar sus niveles explicativos. Nótese que todas ellas quedan agrupadas en los espacios correspondientes únicamente a los dos primeros niveles.
- La variable PIN agrupa a los estudiantes únicamente en dos niveles y no se ajustan sus categorías bien a las variables NIVEL. Por tanto, por no discriminar y por tener ese comportamiento extraño, tampoco será considerada para identificar los niveles explicativos.
- Hay otras variables que presentan inversiones o no se ajustan bien a la evolución de las variables NIVEL. Esto le ocurre a PAI, que evidencia una inversión entre sus categorías 3 y 4.
- Las restantes 9 variables AMA, AMP, VER, TEM, ALA, ALP, AAN, APO y GCO en sus versiones A y B pueden ser válidas para extraer de las mismas, tras la reestructuración de sus categorías, el contenido evolutivo común.

Las variables AMA, AMP, VER, TEM, ALA, ALP, AAN, APO y GCO quedan estructuradas en los cinco espacios de los niveles explicativos como se indica en el Anexo 5, bajo el título de categorías estructurales.

Analizando verticalmente sus contenidos, se puede extraer un contenido evolutivo común que conforma el significado de los niveles explicativos. Este significado, coincidente con el de Benarroch (1998), se muestra en la Tabla 97.

**Tabla 97.** Significado de los niveles explicativos (Benarroch, 1998b; 2000b)

NIVEL EXPLICATIVO	SIGNIFICADO
<b>I</b>	La materia se concibe tal cual es percibida. Por tanto, es continua en la mayor parte de las situaciones.
<b>II.</b>	La materia se sigue concibiendo continua aunque, además, posee partículas embutidas en la misma. Estas partículas no son operativas, esto es, no se utilizan para explicar las situaciones físicas.
<b>III.</b>	La materia es concebida corpuscularmente. No obstante, el vacío entre partículas no es necesario, lo que equivale a decir que en este nivel se puede ser vacuista o plenista, según sea la percepción macroscópica de la materia (modelo garbanzos para el agua, vacíos etéreos para el aire, etc.) Tampoco el movimiento de las partículas es necesarios sino que es admitido sólo cuando hay movimiento perceptible.
<b>IV.</b>	La materia es concebida corpuscularmente. Entre las partículas, hay un vacío necesario. No obstante, pueden o no tener desarrollado el

subesquema de movimiento e interacción, pero, en cualquier caso, éste no está coordinado con el anterior, formando un único modelo causal necesario.

V. La materia es concebida corpuscularmente. Entre las partículas, hay un vacío necesario. El subesquema de movimiento e interacción es coordinado con el anterior dando lugar a un único modelo necesario.

*CAPÍTULO*

7

***DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y  
CONCLUSIONES***





## 7.1 CONTRASTE DE HIPÓTESIS

### 7.1.1 Hipótesis relacionadas con los niveles explicativos

**H.1.** *Es posible identificar los niveles explicativos previos de los estudiantes de 12-13 años mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación de un cuestionario validado en investigaciones previas; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

Los niveles explicativos previos de los estudiantes de 12-13 años fueron identificados en este trabajo en el Capítulo 4 (apartado 4.1.4) y recogidos en la variable NIVEL\_PRE. Posteriormente, en el apartado 4.3.2. en el que se realizó su comparación con los niveles posteriores, se reestructuraron los primeros y se obtuvieron unos nuevos niveles identificados con la variable NIVEL\_PRE\_T. Por último, en el Capítulo 6 (apartado 6.2) se volvió a reestructurar esta última variable al querer compararla con los niveles alcanzados por los estudiantes universitarios y así se alcanzaron unos nuevos niveles (casualmente coincidentes con los anteriores) y esta vez representados por NIVEL\_PRE\_TT.

Los valores de estas variables se encuentran definidos en las Tablas 27, Tabla 49 y en la Tabla 88, respectivamente para NIVEL\_PRE, NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_PRE\_TT.

Para un lector que no comprenda el significado de la medida, esto podría ser un juego bastante incomprensible y caprichoso. Imaginemos que tenemos un plano de una casa en el que identificamos con precisión de la décima de metro las longitudes de todas sus dimensiones, y determinamos por ejemplo que una terraza mide 6,3 metros, y otra, 2,1 metros. Por otro lado, supongamos que hemos calculado también las distancias entre los monumentos de una ciudad y que por ejemplo la distancia entre el Ayuntamiento y la Universidad es de 24 Km (24000 m). Ahora, queremos comparar estas medidas entre sí, esto es, queremos comparar las diferencias entre las longitudes de las terrazas con la distancia entre el Ayuntamiento y la Universidad. Un cálculo cuantitativo sería el de dividir la diferencia entre 6,3 y 2,1 por 24000 y esto nos daría la cifra de 0.000175, esto es, ¡prácticamente cero! Asimismo, en un plano de la ciudad que abarcara al Ayuntamiento y a la Universidad, sería imposible distinguir las dimensiones de ambas terrazas, y, en este plano, ¡ambas son iguales!

Las sucesivas variables que identifican los niveles explicativos de los estudiantes representan esos niveles en mapas o espacios gráficos sucesivamente más amplios. Esto no invalida ninguna de las variables sino que, según sea el problema que nos planteemos, una u otra debería ser la variable elegida. Así:

- NIVEL\_PRE: Identifica los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años antes de la intervención didáctica. Su referencia es el grupo en un instante  $t$ .
- NIVEL\_PRE\_T: Identifica los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años antes de la intervención didáctica y los pone en relación a los resultados posteriores a la misma. Su referencia es el grupo en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ , y los valores

de esta variable indican cómo se comportan los estudiantes antes de la intervención didáctica *en relación a* cómo lo hacen después.

- NIVEL\_PRE\_TT: Identifica los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años antes de la intervención didáctica y los pone *en relación*, no sólo a los resultados posteriores a la misma, sino también al comportamiento de los universitarios. Su referencia son los dos grupos de estudiantes (12-13 años y universitarios) en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ .

Aclarada esta cuestión, conviene destacar, en primer lugar, que los valores de NIVEL\_PRE\_TT son, en esta investigación, idénticos a los de NIVEL\_PRE\_T, lo que indica que el comportamiento de los estudiantes de 12-13 años no está tan alejado de los universitarios como en principio podría suponerse.

Por otro lado, y puesto que en este trabajo, el objetivo final no es la identificación de los niveles explicativos en sí, sino el estudio del aprendizaje y la comparación del aprendizaje entre grupos, la variable que mejor identifica los niveles previos en esta circunstancia es NIVEL\_PRE\_TT. Sus resultados se muestran en la Tabla 98, según la cual, 11 estudiantes obtienen un valor 1 y 20 estudiantes obtienen un valor 2.

**Tabla 98.** Descriptivos para NIVEL\_PRE\_TT de los estudiantes de 12-13 años

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1	11	35,5	35,5
Válidos	2	20	64,5	100,0
Total	31	100,0	100,0	

El aspecto más relevante de estos resultados es que ningún estudiante alcanza el nivel 3, esto es, que estos estudiantes no llegan a concebir la materia corpuscularmente. En ellos, la concepción de la materia está regida por sus aspectos macroscópicos, y es posible que ante ciertas tareas, por sus características perceptivas, den explicaciones o realicen dibujos en los que incorporen puntitos, redondelitos... haciéndonos pensar que tienen una concepción corpuscular. Sin embargo, al menos comparados con los estudiantes universitarios, estas concepciones corpusculares son muy rudimentarias y no implican un vacío necesario entre partículas.

Evidentemente, y antes de finalizar, podemos aseverar que la metodología utilizada en Benarroch (1998) ha sido útil para identificar los niveles explicativos de los estudiantes antes de la intervención didáctica, y corroborar la hipótesis que nos concierne.

**H.2.** *Es posible identificar los niveles explicativos previos de los estudiantes universitarios mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación de un cuestionario validado en investigaciones previas; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

Aun con el riesgo de ser repetitivos, realizamos para esta hipótesis el mismo razonamiento que para la Hipótesis 1.

Los niveles explicativos de los universitarios antes de la intervención didáctica fueron identificados en este trabajo en el Capítulo 5 (apartado 5.1.4) y recogidos en la variable NIVEL\_PRE. Posteriormente, en el apartado 5.3.2. en el que se realizó su comparación con los niveles posteriores, se reestructuraron los primeros y se obtuvieron unos nuevos niveles identificados con la variable NIVEL\_PRE\_T. Por último, en el Capítulo 6 (apartado 6.2) se volvió a reestructurar esta última variable al querer compararla con los niveles alcanzados por los estudiantes de 12-13 años y así se alcanzaron unos nuevos niveles (casualmente coincidentes con los anteriores) y esta vez representados por NIVEL\_PRE\_TT.

Los valores de estas variables se encuentran definidos en las Tablas 59, Tabla 80 y en la Tabla 88, respectivamente para NIVEL\_PRE, NIVEL\_PRE\_T y NIVEL\_PRE\_TT de los universitarios.

Las sucesivas variables que identifican los niveles explicativos de los universitarios representan esos niveles en mapas o espacios gráficos sucesivamente más amplios. Esto no invalida ninguna de las variables sino que, según sea el problema que nos planteemos, una u otra debería ser la variable elegida. Así:

- NIVEL\_PRE: Identifica los niveles explicativos de los universitarios antes de la intervención didáctica. Su referencia es el grupo en un instante  $t$ .
- NIVEL\_PRE\_T: Identifica los niveles explicativos de los universitarios antes de la intervención didáctica y los pone en relación a los resultados posteriores a la misma. Su referencia es el grupo en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ , y los valores de esta variable indican cómo se comportan estos estudiantes antes de la intervención didáctica *en relación a* cómo lo hacen después.
- NIVEL\_PRE\_TT: Identifica los niveles explicativos de los universitarios antes de la intervención didáctica y los pone *en relación*, no sólo a los resultados posteriores a la misma, sino también al comportamiento de los estudiantes de 12-13 años. Su referencia son los dos grupos de estudiantes (12-13 años y universitarios) en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ .

Aclarada esta cuestión, conviene destacar, en primer lugar, que los valores de NIVEL\_PRE\_TT son, en esta investigación, idénticos a los de NIVEL\_PRE\_T, lo que indica que el comportamiento de los estudiantes universitarios no está tan alejado de los estudiantes de 12-13 años como en principio podría suponerse.

Por otro lado, y puesto que en este trabajo, el objetivo final no es la identificación de los niveles explicativos en sí, sino el estudio del aprendizaje y la comparación del aprendizaje entre grupos, la variable que mejor identifica los niveles previos en esta circunstancia es NIVEL\_PRE\_TT. Sus resultados se muestran en la Tabla 99, según la cual, 11 estudiantes obtienen un valor 1 y 20 estudiantes obtienen un valor 2.

**Tabla 99.** Descriptivos para NIVEL\_PRE\_TT de los estudiantes universitarios

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1	2	6,9	6,9
	3	17	58,6	65,5
Válidos	4	10	34,5	100,0
Total	29	100,0	100,0	

El aspecto más relevante de estos resultados es que, salvo dos estudiantes que tienen un valor 1, todos los estudiantes universitarios adquieren valores iguales o superiores a 3 desde antes de la intervención didáctica. Esto es, podríamos afirmar que tienen asumida la concepción corpuscular de la materia, lo que no significa que ésta sea académicamente aceptada. De hecho en estas instancias previas, ningún estudiante alcanza el valor 5, que es el que recoge la concepción académicamente aceptada.

De nuevo, y antes de finalizar, podemos aseverar que la metodología utilizada en Benarroch (1998b) ha sido útil para identificar los niveles explicativos de los estudiantes universitarios antes de la intervención didáctica, y corroborar la hipótesis que nos concierne.

**H.3.** *Tras una intervención didáctica relacionada con la NCM, es posible identificar los niveles explicativos posteriores de los estudiantes de 12-13 años mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación del mismo cuestionario utilizado en H.1 y H.2.; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

Los niveles explicativos posteriores de los estudiantes de 12-13 años fueron identificados en este trabajo en el Capítulo 4 (apartado 4.2.4) y recogidos en la variable NIVEL\_POS. Posteriormente, en el apartado 4.3.2. en el que se realizó su comparación con los niveles anteriores, se reestructuraron los primeros y se obtuvieron unos nuevos niveles identificados con la variable NIVEL\_POS\_T. Por último, en el Capítulo 6 (apartado 6.2) se volvió a reestructurar esta última variable al querer compararla con los niveles alcanzados por los estudiantes universitarios y así se alcanzaron unos nuevos niveles (casualmente coincidentes con los anteriores) y esta vez representados por NIVEL\_POS\_TT.

Los valores de estas variables se encuentran definidos en las Tablas 37, Tabla 49 y en la Tabla 87, respectivamente para NIVEL\_POS, NIVEL\_POS\_T y NIVEL\_POS\_TT.

Del mismo modo que vimos en las dos hipótesis anteriores, las sucesivas variables que identifican los niveles explicativos de los estudiantes representan esos niveles en mapas o espacios gráficos sucesivamente más amplios. Esto no invalida ninguna de las variables sino que, según sea el problema que nos planteemos, una u otra debería ser la variable elegida. Así:

- NIVEL\_POS: Identifica los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años después de la intervención didáctica. Su referencia es el grupo en un instante  $t$ .
- NIVEL\_POS\_T: Identifica los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años después de la intervención didáctica y los pone en relación a los resultados anteriores a la misma. Su referencia es el grupo en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ , y los valores de esta variable indican cómo se comportan los estudiantes después de la intervención didáctica *en relación a cómo lo hacen antes*.
- NIVEL\_POS\_TT: Identifica los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años después de la intervención didáctica y los pone *en relación*, no sólo a los

resultados anteriores a la misma, sino también al comportamiento de los universitarios. Su referencia son los dos grupos de estudiantes (12-13 años y universitarios) en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ .

Aclarada esta cuestión, conviene destacar, en primer lugar, que los valores de NIVEL\_POS\_TT son, en esta investigación, idénticos a los de NIVEL\_POS\_T, lo que indica que el comportamiento de los estudiantes de 12-13 años no está tan alejado de los universitarios como en principio podría suponerse.

Por otro lado, y puesto que en este trabajo, el objetivo final no es la identificación de los niveles explicativos en sí, sino el estudio del aprendizaje y la comparación del aprendizaje entre grupos, la variable que mejor identifica los niveles posteriores en esta circunstancia es NIVEL\_POS\_TT. Sus resultados se muestran en la Tabla XXX, según la cual, 13 estudiantes obtienen un valor 1, 15 un valor 2 y únicamente 3 estudiantes adquieren el valor 3.

**Tabla 100.** Descriptivos para NIVEL\_POS\_TT de los estudiantes de 12-13 años

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	1	13	41,9	41,9
	2	15	48,4	90,3
	3	3	9,7	100,0
Total	31	100,0	100,0	

El aspecto más relevante de estos resultados es que únicamente tres estudiantes alcanzan el nivel 3, esto es, el primero en el que se implica una concepción corpuscular de la materia. ¿Por qué motivo, nos preguntamos, les cuesta tanto a estos estudiantes sobrepasar este nivel?... nos plantearemos esta cuestión más adelante, pues su interpretación va a depender del modelo cognoscitivo utilizado.

Evidentemente, y antes de finalizar, podemos aseverar que la metodología utilizada en Benarroch (1998) ha sido útil para identificar los niveles explicativos de los estudiantes después de la intervención didáctica, y corroborar la hipótesis que nos concierne.

**H.4.** *Tras una intervención didáctica relacionada con la NCM, es posible identificar los niveles explicativos posteriores de los estudiantes universitarios mediante la aplicación de una estrategia metodológica que implique a) la aplicación del mismo cuestionario utilizado en H.1 y H.2.; b) la elaboración de módulos categoriales a partir de las respuestas de los estudiantes y c) la aplicación de un análisis estadístico multivariable.*

Los niveles explicativos de los universitarios después de la intervención didáctica fueron identificados en este trabajo en el Capítulo 5 (apartado 5.2.4) y recogidos en la variable NIVEL\_POS. Posteriormente, en el apartado 5.3.2. en el que se realizó su comparación con los niveles anteriores, se reestructuraron los primeros y se obtuvieron unos nuevos niveles identificados con la variable NIVEL\_POS\_T. Por último, en el Capítulo 6 (apartado 6.2) se volvió a reestructurar esta última variable al querer compararla con los niveles alcanzados por los estudiantes de 12-13 años y así se alcanzaron unos nuevos niveles (casualmente coincidentes con los anteriores) y esta vez representados por NIVEL\_POS\_TT.

Los valores de estas variables se encuentran definidos en las Tablas 68, Tabla 80 y en la Tabla 87, respectivamente para NIVEL\_POS, NIVEL\_POS\_T y NIVEL\_POS\_TT de los universitarios.

Las sucesivas variables que identifican los niveles explicativos de los universitarios representan esos niveles en mapas o espacios gráficos sucesivamente más amplios. Esto no invalida ninguna de las variables sino que, según sea el problema que nos planteemos, una u otra debería ser la variable elegida. Así:

- NIVEL\_POS: Identifica los niveles explicativos de los universitarios después de la intervención didáctica. Su referencia es el grupo en un instante t.
- NIVEL\_POS\_T: Identifica los niveles explicativos de los universitarios después de la intervención didáctica y los pone en relación a los resultados anteriores a la misma. Su referencia es el grupo en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ , y los valores de esta variable indican cómo se comportan estos estudiantes después de la intervención didáctica *en relación a cómo lo hacen antes de la misma*.
- NIVEL\_POS\_TT: Identifica los niveles explicativos de los universitarios después de la intervención didáctica y los pone *en relación*, no sólo a los resultados anteriores a la misma, sino también al comportamiento de los estudiantes de 12-13 años. Su referencia son los dos grupos de estudiantes (12-13 años y universitarios) en dos instantes distintos  $t_1$  y  $t_2$ .

Aclarada esta cuestión, conviene destacar, en primer lugar, que los valores de NIVEL\_POS\_TT son, en esta investigación, idénticos a los de NIVEL\_POS\_T, lo que indica que el comportamiento de los estudiantes universitarios no está tan alejado de los estudiantes de 12-13 años como en principio podría suponerse.

Por otro lado, y puesto que en este trabajo, el objetivo final no es la identificación de los niveles explicativos en sí, sino el estudio del aprendizaje y la comparación del aprendizaje entre grupos, la variable que mejor identifica los niveles finales en esta circunstancia es NIVEL\_POS\_TT. Sus resultados se muestran en la Tabla 101, según la cual, salvo 3 estudiantes que tienen el nivel 1, todos los restantes tienen los niveles 3 y 5.

**Tabla 101.** Descriptivos para NIVEL\_POS\_TT de los estudiantes universitarios

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
	1	3	10,3	10,3
Válidos	3	22	75,9	86,2
	5	4	13,8	100,0
Total	29	100,0	100,0	

El aspecto más relevante de estos resultados es que una buena mayoría de estos estudiantes, alcanzan o superan el nivel 3, esto es, que muestran su familiaridad con la concepción corpuscular de la materia. Sin embargo, sólo 4 de ellos alcanzan la concepción académicamente aceptada.

De nuevo, y antes de finalizar, podemos aseverar que la metodología utilizada en Benarroch (1998) ha sido útil para identificar los niveles explicativos de los estudiantes universitarios después de la intervención didáctica, y corroborar la hipótesis que nos concierne.

### 7.1.2 Hipótesis relacionadas con el aprendizaje

**H.5.** *La comparación de los resultados posteriores y anteriores a la intervención didáctica de los **estudiantes de 12-13 años** nos permite obtener información sobre el aprendizaje de estos estudiantes durante la misma.*

En esta investigación, hay dos variables que evalúan el aprendizaje de los estudiantes, con comportamientos muy diferentes entre sí. Estas son:

GANANCIA\_RAE: Obtenida por diferencia aritmética entre RAE\_B (Resultados Acumulados de la Entrevista posteriores a la intervención didáctica) y RAE\_A (Resultados Acumulados de la Entrevista anteriores a la intervención didáctica)

GANANCIA\_NIVEL: Obtenida por diferencia aritmética entre NIVEL\_POS\_TT (Niveles explicativos posteriores a la intervención didáctica) y NIVEL\_PRE\_TT (Niveles explicativos anteriores a la intervención didáctica).

El aprendizaje medido como GANANCIA\_RAE fue estudiado en este trabajo en el apartado 6.1. Allí veíamos (Tabla 82) que su valor medio es positivo y alto para los estudiantes de 12-13 años (media=20,81; desviación típica=4,936).

El aprendizaje medido como GANANCIA\_NIVEL fue estudiado en el apartado 6.2. Veíamos (Tabla 89) que, en contraste con GANANCIA\_RAE, tiene un valor medio sólo ligeramente positivo (media=0,0323; desviación típica=0,70635).

Lo anterior nos hace preguntarnos por el motivo de estas diferencias, lo que se afronta en el apartado 6.3.1, donde se asimila GANANCIA\_RAE al aprendizaje de contenidos científicos y GANANCIA\_NIVEL al aprendizaje de competencias. Se concluye en este apartado que a pesar de las diferencias entre aprendizajes, hay una relación entre ellos, que en el caso de los estudiantes de 12-13 años, viene definida por la recta:

$$GANANCIA\_NIVEL = -1,795 + (0,088 * GANANCIA\_RAE)$$

Y que esta relación permite explicar el 37,7% de los resultados de GANANCIA\_NIVEL a partir de GANANCIA\_RAE.

Por tanto, se puede aseverar que en este trabajo se han creado dos variables que nos informan sobre el aprendizaje de los estudiantes de 12-13 años, corroborándose la hipótesis que nos ocupa.

**H.6.** *La comparación de los resultados posteriores y anteriores a la intervención didáctica de los **universitarios** nos permite obtener información sobre el aprendizaje de estos estudiantes durante la misma.*

Del mismo modo que con los jóvenes de 12-13 años, las dos variables que evalúan el aprendizaje de los universitarios, también con comportamientos muy diferentes entre sí, son:

GANANCIA\_RAE: Obtenida por diferencia aritmética entre RAE\_B (Resultados Acumulados de la Entrevista posteriores a la intervención didáctica) y RAE\_A (Resultados Acumulados de la Entrevista anteriores a la intervención didáctica)

GANANCIA\_NIVEL: Obtenida por diferencia aritmética entre NIVEL\_POS\_TT (Niveles explicativos posteriores a la intervención didáctica) y NIVEL\_PRE\_TT (Niveles explicativos anteriores a la intervención didáctica).

El aprendizaje medido como GANANCIA\_RAE fue estudiado en este trabajo en el apartado 6.1. Allí veíamos (Tabla 82) que su valor medio es positivo y alto para los estudiantes universitarios (media=17,45; desviación típica=2,772).

El aprendizaje medido como GANANCIA\_NIVEL fue estudiado en el apartado 6.2. Veíamos (Tabla 90) que, en contraste con GANANCIA\_RAE, tiene un valor medio incluso ligeramente negativo (media=-0,1379; desviación típica=0,693).

Lo anterior nos hace preguntarnos por el motivo de estas diferencias, lo que se afronta en el apartado 6.3.1, donde se asimila GANANCIA\_RAE al aprendizaje de contenidos científicos y GANANCIA\_NIVEL al aprendizaje de competencias. Se concluye en este apartado que a pesar de las diferencias entre aprendizajes, hay una relación entre ellos, que en el caso de los estudiantes universitarios, viene definida por la recta:

$$GANANCIA\_NIVEL = -2,311 + (0,125 * GANANCIA\_RAE)$$

Y esta relación permite explicar el 24,8% de los resultados de GANANCIA\_NIVEL a partir de GANANCIA\_RAE.

Por tanto, se puede aseverar que en este trabajo se han creado dos variables que nos informan sobre el aprendizaje de los estudiantes universitarios, corroborándose la hipótesis que nos ocupa.

**H.7.** *La comparación de los resultados posteriores y anteriores a la intervención didáctica de los estudiantes de 12-13 años y de los **universitarios** nos permite obtener información comparativa sobre el aprendizaje de ambos grupos de estudiantes.*

Las dos variables que evalúan el aprendizaje de los estudiantes en este trabajo, son:

GANANCIA\_RAE: Obtenida por diferencia aritmética entre RAE\_B (Resultados Acumulados de la Entrevista posteriores a la intervención didáctica) y RAE\_A (Resultados Acumulados de la Entrevista anteriores a la intervención didáctica)

GANANCIA\_NIVEL: Obtenida por diferencia aritmética entre NIVEL\_POS\_TT (Niveles explicativos posteriores a la intervención didáctica) y NIVEL\_PRE\_TT (Niveles explicativos anteriores a la intervención didáctica).



La comparación de los resultados de GANANCIA\_RAE entre ambos grupos de estudiantes se afrontó en el apartado 6.1. Veámos que el aprendizaje en términos de GANANCIA\_RAE es ligera pero significativamente superior para los estudiantes de 12-13 años respecto a los universitarios.

La comparación de los resultados de GANANCIA\_NIVEL entre ambos grupos de estudiantes se afrontó en el apartado 6.2. Veámos que el aprendizaje en términos de GANANCIA\_NIVEL no presenta diferencias significativas entre ambos grupos de estudiantes.

Por tanto, se puede aseverar que en este trabajo se han creado dos variables que nos aportan información comparativa entre el aprendizaje de los estudiantes de 12-13 años y el de los universitarios.

### **7.1.3 Hipótesis relacionada con la comparación entre aprendizaje de contenidos y competencias**

**H.8.** *Aprender competencias es más difícil que aprender contenidos específicos.*

Para poder corroborar estas hipótesis en este trabajo se ha asumido que la variable GANANCIA\_RAE evalúa el aprendizaje de contenidos y que GANANCIA\_NIVEL lo hace del aprendizaje de competencias.

Una vez admitido esto, queda corroborada la hipótesis, y su justificación se halla en la hipótesis 5 (para los estudiantes de 12-13 años), hipótesis 6 (para los universitarios) e hipótesis 7 (para la comparación entre grupos).

Se corrobora que el aprendizaje de contenidos científicos es positivo, alto y ligera pero estadísticamente superior entre estudiantes de 12-13 años respecto a los universitarios.

Sin embargo, el aprendizaje de competencias prácticamente es nulo tras la intervención didáctica, y para ambos grupos de estudiantes.

### **7.1.4 Hipótesis relacionada con el modelo cognoscitivo propuesto**

**H.9.** *Los niveles explicativos de los estudiantes de 12-13 años y de los universitarios son diferentes porque los primeros tienen barreras y limitaciones de índole general operatoria que no poseen los últimos.*

En esta investigación, se ha comprobado que los estudiantes de 12-13 años no superan en ningún caso el valor 3 de niveles explicativos, lo que podría indicar una barrera importante en su evolución cognoscitiva. En cambio, los estudiantes universitarios superan este nivel, incluso desde antes de la intervención didáctica, aunque únicamente 4 consiguen alcanzar el nivel 5 de la progresión cognoscitiva.

En el modelo cognoscitivo propuesto en el apartado 2.1.7 del marco teórico, se postulaba que la estructura cognoscitiva del aprendiz podría estar integrada por Eg-

esquemas generales (sentimentales, operatorios, metacognitivos) y Ee-esquemas específicos (generadas por abstracción empírica a partir de las interacciones externas del sujeto), además de las herramientas del pensamiento figurativo (Hf), formadas por los significantes (signos, símbolos, representaciones mentales, etc.) que permiten explicitar lo implícito.

¿Qué tipo de barreras y limitaciones tienen los estudiantes de 12-13 años que les impide alcanzar niveles explicativos superiores? Se podría pensar en limitaciones de muy diverso tipo, p.e. asociadas a los vínculos Hf-Ee, a los vínculos Eg-Ee, etc. Sin embargo, el hecho de que los resultados de aprendizaje en términos de RAE sean neta y significativamente positivos para estos estudiantes, hace suponer que no son tanto los esquemas específicos como los generales los que pueden estar impidiendo el alcance de niveles explicativos superiores. Las construcciones de los esquemas generales se suelen dar tras periodos largos de intensa implicación cognitiva y afectiva del sujeto (Pascual-Leone & Johnson, 2005), lo que no parece haber existido en la intervención didáctica.

Entre los esquemas generales, los operatorios son los que tienen una mayor literatura (Marín, Benarroch y Jiménez-Gómez, 2000), y éstos fueron bien estudiados por Piaget. Consideramos plausible admitir que es la ausencia de estos esquemas lo que impide organizar datos extendiéndolos hacia lo posible para ligarlo directamente a lo necesario y avanzar en la construcción del conocimiento en esta área.

Sería necesario sin embargo haber controlado la capacidad de los estudiantes en algunos de los esquemas operatorios más íntimamente ligados a este contenido, para asegurar el cumplimiento de la hipótesis.

**H.10.** *Es posible explicar las diferencias entre aprendizaje de competencias frente al aprendizaje de contenidos específicos utilizando como modelo cognoscitivo una estructura jerarquizada de esquemas de conocimiento.*

La confirmación de la hipótesis 8 revela que el aprendizaje de contenidos es más fácil que el de competencias científicas. En esta hipótesis nº 10 nos planteamos si este hecho puede ser explicado a partir del modelo cognoscitivo propuesto en el marco teórico.

En el modelo cognoscitivo propuesto en el apartado 2.1.7 del marco teórico, la organización cognitiva se percibe como un entramado de esquemas agrupados jerárquicamente en niveles de diferente grado de abstracción. En el *primer nivel* están los esquemas específicos (Ee) formados por procesos de *abstracción empírica* a partir de interacciones con un determinado sector de la realidad. En el *segundo nivel*, más profundo, se ubican las construcciones cognitivas producidas por procesos de reflexión sobre contenidos y procedimientos cognitivos del *primer nivel*.

Por otro lado, también decíamos que, en el aprendizaje, conviene distinguir entre integrar (asimilar y acomodar), comprender (asimilar sin acomodar) y memorizar (sin asimilar ni acomodar), de modo que puede existir progreso cognitivo sin que haya una verdadera reestructuración de los esquemas de conocimiento puestos en juego.

Con todo ello, postulamos que:

a) El aprendizaje de contenidos específicos supone un progreso en los esquemas específicos sin llegar a la verdadera reestructuración de los mismos, pues implica únicamente un enriquecimiento del esquema y una ampliación de su capacidad asimiladora. A este tipo de mecanismo también se le llama reestructuración débil (ver primera fila de la Tabla 5 en el capítulo 2) y permite aprender datos, hechos, destrezas, técnicas, etc. muy recurribles para aparentar una mejora palpable en los conocimientos. De hecho todos los estudiantes de ambos grupos experimentan un aprendizaje notable de contenidos específicos. En términos cotidianos diríamos que este aprendizaje implica memorizar y comprender, pero no integrar el conocimiento.

b) El aprendizaje de competencias científicas es por el contrario costoso porque implica la verdadera reestructuración o reestructuración fuerte de los esquemas de conocimiento. De acuerdo con nuestro modelo, estos esquemas pueden ser específicos y generales. El aprendizaje competencial es progresivo, no es una cuestión de todo o nada, y en ciertos niveles podrían estar implicados un cierto tipo de esquemas.

Concretamente, en la progresión de niveles propuesta por Benarroch (1998; 2001) ya esta autora propuso que el aprendizaje implicado en los cambios de nivel 1  $\rightarrow$ 2; 3 $\rightarrow$ 4; y 4 $\rightarrow$ 5, los esquemas más influyentes son los específicos, mientras que el cambio de nivel 2 a nivel 3 implica una reestructuración de carácter general. Este trabajo parece corroborar estos resultados, añadiendo nuevas pruebas empíricas.

Estas pruebas proceden del análisis de los cambios de nivel explicativo que experimentan nuestros estudiantes. Concretamente, hemos comprobado que:

- para los estudiantes de 12-13 años, de los once estudiantes que tienen un nivel inicial 1, seis se quedan en este nivel y cinco avanzan al nivel 2. De los veinte que tienen un nivel inicial 2, siete retroceden al 1, diez permanecen en el 2 y tres avanzan al nivel 3 (ver Tabla 50).
- para los estudiantes universitarios, los dos estudiantes que tienen un nivel inicial 1, permanecen en el mismo nivel al final de la intervención didáctica; de los diecisiete cuyo nivel inicial es 3, sus niveles finales pueden ser 1 y 3 (dieciséis estudiantes). Finalmente, de los diez estudiantes cuyo nivel inicial es 4, sus niveles finales pueden ser: nivel 3 (seis estudiantes) y nivel 5 (cuatro estudiantes) (ver Tabla 81).

Como vemos, entre los estudiantes de 12-13 años, solo hay tres alumnos que experimentan el cambio 2  $\rightarrow$ 3. Entre los universitarios, sólo uno (estudiante U11, cuyo comportamiento ha sido extraño durante todo el análisis), experimenta el cambio 3  $\rightarrow$ 1. Todo parece indicar que este cambio 2  $\rightarrow$ 3 es difícil y corrobora la posibilidad de que en él esté implicado un esquema de carácter general operatorio.

El esquema general operatorio implicado en el cambio 2  $\rightarrow$ 3 es la diferenciación entre volumen total y volumen corpuscular total, que implica la necesidad de aceptar la existencia de huecos entre partículas. Una vez aprendido este esquema de carácter operatorio, resulta muy difícil retroceder en este aprendizaje, y debemos considerar como sospechosos resultados contrarios, como es el caso del estudiante U11 que realiza el cambio 3 $\rightarrow$ 1.

En definitiva, creemos que ha quedado probado que el modelo cognoscitivo puede explicar las diferencias entre aprendizaje de contenidos y aprendizaje de competencias. Más allá de esto, nuestros datos permiten enriquecer las pruebas empíricas que lo avalan.

## 7.2 CONCLUSIONES MÁS RELEVANTES

En este trabajo se ha sometido a dos grupos de estudiantes de edades muy diferentes entre sí (grupo de 12-13 años N=31 y grupo de universitarios N=29), a una intervención didáctica limitada (4 sesiones de trabajo) y se ha controlado su aprendizaje a través de idéntico cuestionario administrado antes y después de la intervención didáctica.

Las conclusiones más relevantes son:

1. El conocimiento ya existente en las investigaciones sobre concepciones alternativas puede ser útil para afrontar el nuevo reto del aprendizaje de competencias científicas.
2. En concreto, en esta investigación ha resultado útil la asociación entre el concepto de competencia científica y el de esquema explicativo aportado en investigaciones previas, por tener ambos idénticas características de repetición, generalización y diferenciación.
3. Desde esta perspectiva, aprender competencias es movilizar niveles de esquemas explicativos (también llamados simplemente niveles explicativos). En concreto, aprender la competencia científica de “*explicar fenómenos científicamente relacionados con la estructura de la materia (modelo de partículas)*” (INE, 2013), implica movilizar los niveles de esquemas explicativos que jalonan las formas sucesivamente más sofisticadas de utilizar el conocimiento en esta área.
4. Es posible evaluar el aprendizaje de competencias identificando los niveles explicativos de los estudiantes antes y después de una intervención didáctica, mediante una metodología adaptada de Benarroch (1998) que exige un conjunto exigente de estrategias entre las que destacamos las siguientes:
  - a) Diseño de un cuestionario, usando para ello estrategias de confrontación y de variación contextual.
  - b) Aplicación del cuestionario antes y después de la intervención didáctica.
  - c) Análisis de las respuestas de los estudiantes, agrupación de las mismas y jerarquización, alcanzando a construir las variables categoriales ordinales asociadas al cuestionario.
  - d) Análisis cuantitativo de datos, importante sobre todo para identificar las variables más significativas que se deben introducir en un análisis de correspondencias múltiples a través del cual se consiga determinar los niveles explicativos de los estudiantes.
  - e) Tras la aplicación de los dos apartados anteriores a los resultados de los cuestionarios antes y después de la intervención didáctica, se habrían alcanzado los valores de los niveles explicativos tanto anteriores como posteriores a la misma, pero éstos deben ser recodificados mediante un nuevo análisis de correspondencias múltiples que parta de la consideración de todas las variables

antes y poste. Así se alcanzan los niveles explicativos transformados (o proyectados sobre el espacio gráfico de todas las variables anteriores y posteriores)

- f) Tras la aplicación de los cuatro apartados anteriores a los resultados de los estudiantes de 12-13 años y a los estudiantes universitarios, por separado, ha sido necesario generar un nuevo análisis de correspondencias múltiples que parte de la consideración de todas las variables antes y poste de ambos grupos de estudiantes. Así se han alcanzado los niveles explicativos identificados con las variables NIVEL\_PRE\_TT y NIVEL\_POS\_TT como variable común a ambos grupos de estudiantes.

5. Los niveles explicativos suponen el contenido evolutivo común a las 16 variables creadas a partir del cuestionario, o mejor, de las más significativas. Dichos niveles coinciden con los de Benarroch (1998; 2000a) y se adaptan para las distintas tareas como se indica en el anexo 5.

6. Los niveles explicativos oscilan preferentemente:

- a) para los estudiantes de 12-13 años, entre los valores 1 y 2 antes y después de la intervención didáctica. Sólo tres estudiantes alcanzan el valor 3 tras la misma.
- b) para los estudiantes universitarios, entre los valores 3 y 4 antes de la intervención didáctica, y entre los valores 3 y 5 después de dicha intervención. Sólo tres estudiantes mantienen el valor 1 antes y después de la intervención didáctica.

7. El aprendizaje de competencias o cambios de niveles explicativos ha sido, para ambos grupos de estudiantes, pequeño o nulo, de media. Este resultado global se debe a que la mayoría de los estudiantes no movilizan sus niveles explicativos y a que algunos lo hacen en un sentido positivo y otros en un sentido negativo.

8. Aprender competencias es más difícil que aprender contenidos específicos.

9. Es posible evaluar el aprendizaje de contenidos específicos por diferencia entre los resultados totales obtenidos en el cuestionario después y antes de la intervención educativa.

10. El aprendizaje de contenidos específicos (GANANCIA\_RAE) ha sido alto para ambos grupos de estudiantes, y ligera pero significativamente superior para los de 12-13 años respecto a los universitarios.

11. La variabilidad del aprendizaje de competencias que se explica por la variación en el aprendizaje de contenidos específicos es del 24,8% para los estudiantes universitarios, del 37,7% para los estudiantes de 12-13 años y del 30,8% para la muestra total. Esto indica que no son independientes.

12. El modelo cognoscitivo de Marín (1994a; 1994b; 2003 y 2005) y de Benarroch y Marín (1997) ha sido útil para interpretar los resultados obtenidos. Concretamente, se postula, a partir de este modelo, que el aprendizaje de contenidos específicos implica reestructuración débil -enriquecimiento y ampliación de la capacidad asimiladora- de los esquemas específicos, mientras que el aprendizaje de competencias implica reestructuración fuerte de los esquemas específicos y/o generales. Tras la intervención

didáctica limitada, se ha permitido el aprendizaje de contenidos específicos, pero no se ha alcanzado la reestructuración fuerte, que exige el aprendizaje de competencias, pues esta es costosa y conlleva un tiempo alto de implicación afectiva y cognitiva por parte del estudiante.

13. Además, y según Benarroch (2001), en la progresión de niveles explicativos-competenciales en el ámbito de la naturaleza corpuscular de la materia, hay involucrados esquemas específicos y generales. Concretamente, en el cambio de nivel 2->3, está involucrado un esquema general operatorio (diferenciación entre volumen total y volumen corpuscular total), mientras que los restantes cambios de nivel están asociados a reestructuraciones de esquemas específicos. Así se explica (i) la dificultad del cambio aludido para los estudiantes de 12-13 años y (ii) la barrera encontrada entre los niveles explicativos de ambos grupos de estudiantes.

### 7.3 DISCUSIÓN E IMPLICACIONES

Creemos que el valor principal de este trabajo es haber sido capaces de diseñar una metodología para discriminar entre aprendizaje de contenidos específicos y aprendizaje de competencias. Además, se ha llegado a la inferencia causal entre ambos aprendizajes, y esta ha sido explicada a través de un modelo cognoscitivo concreto. Es evidente que aprender competencias no es fácil, como ha quedado demostrado en nuestro trabajo y explicado por la necesaria reestructuración de esquemas cognoscitivos que implica. Ello contrasta con el aprendizaje de contenidos específicos que resulta más llamativo y mucho más satisfactorio para el docente.

Afirmamos que enseñar competencias requiere una enseñanza costosa, que implica mucho tiempo, además de profesorado experto, capaz de diseñar tareas en contextos específicos similares a aquellos donde esperamos que se demuestre la competencia deseada. Además, en relación con la competencia de “explicar fenómenos que pueden ser explicados en términos corpusculares” es posible que los estudiantes de 12-13 años tengan dificultades específicas relacionadas con la necesidad de superar el nivel 3 (caracterizado por partículas y huecos entre las mismas) de la evolución cognoscitiva, para el que se exige el esquema operatorio que distingue entre *Volumen total* y *Volumen corpuscular total*.

Ahora bien, ¿en qué medida, nos preguntamos, los resultados están contaminados por las pequeñas muestras sometidas a estudio y/o por la intervención didáctica aplicada? Aunque evidentemente, carecemos de datos concretos para dar respuesta a esta pregunta, podemos aproximarnos a la respuesta utilizando los resultados de Benarroch (1998) en contraste con los nuestros. En su investigación, esta profesora utilizó en su muestra 7 estudiantes universitarios (estudios de maestro) y 7 estudiantes de 12-13 años (entre otros grupos de edad). Estos estudiantes fueron seleccionados a partir de un estudio piloto en el que se controlaron diversas variables. Los niveles explicativos alcanzados por estos estudiantes fueron los especificados en la Tabla 102, esto es, salvo en un estudiante (que fue seleccionado precisamente por excepcional en su grupo), los jóvenes de 12-13 años ocuparon el rango 1-3 con tendencia al límite inferior y los

universitarios ocuparon el rango 3-5 con tendencia al límite superior. Estas tendencias coinciden con las encontradas en este trabajo y corroboran nuestros resultados.

**Tabla 102.** Niveles explicativos encontrados por Benarroch (1998) para los estudiantes de las mismas edades que en nuestro estudio.

	NIVEL EXPLICATIVO					TOTAL
	1	2	3	4	5	
<b>12-13 años</b>	2	3	1		1	7 estudiantes
<b>Universitarios</b>			2	1	4	7 estudiantes

Otro aspecto que merece reseñarse es que no creemos que en la Didáctica de las Ciencias Experimentales debamos estar constantemente reinventando términos y paradigmas, sin utilizar lo que puede ser aprovechable de las investigaciones anteriores. Esto es, ahora que nos preocupan las competencias ¿Partimos de cero? ¿Qué ha ocurrido con las concepciones previas que ocuparon decenas de artículos durante más de treinta años? ¿Ya no son importantes? ¿Dónde están los esquemas operatorios piagetianos? ¿Han desaparecido? Pensamos que no se debe hacer *tabula rasa* con todo lo anterior y empezar de cero cada vez que aparece una moda.





# ***REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS***



- AAAS (1990). *Science for all americans. A project 2061 report on literacy goals in Science, Mathematics, and Technology*. Nueva York: Oxford University Press.
- AAAS (1993). *Benchmark for science literacy. A project 2061 report*. Nueva York: Oxford University Press.
- Aguilar, S., Maturano, C. y Núñez, G. (2008). Utilización de imágenes para la detección de concepciones alternativas: un estudio exploratorio con estudiantes universitarios. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Recuperado de: <http://www.saum.uvigo.es/reec>.
- Álvarez-Lires, M., Sánchez-González, M. D. y Pérez-Mariño, M.J. (2005). Utilización didáctica de textos y biografías de mujeres científicas: sor Juana Inés de la Cruz (México, 1648-1695). *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Aramburu-Oyarbide, M. (2004). Relaciones entre el desarrollo operatorio, las preconcepciones y el estilo cognitivo. *Revista Iberoamericana de Educación* 33(9). Recuperado de <http://www.rieoei.org>
- Arévalo-Mora, X., Ortega-Hernández, A. y Domínguez-Danache, R. (2005). Los modelos en la construcción y evaluación de los conocimientos en fisicoquímica. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Ausubel, D., Novak, J. y Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Banet-Hernández, E. (2007). Finalidades de la educación científica en secundaria: opinión del profesorado sobre la situación actual. *Enseñanza de las ciencias*, 25(1), 5-20.
- Barboux, M., Chomat, A., Larcher, C. & Meheut, M. (1987). *Modele particulaire et activites de modelisation en classe de 4ème. Rapport de fin de recherche*. París: L.I.R.E.S.P.T.
- Beckerman, D. y Galagovsky, L. (2005). Utilización de un análogo concreto como detector de representaciones mentales idiosincrásicas sobre el tema soluciones. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Benarroch, A. (1998a). La naturaleza “particulativa” de la materia. Un estudio longitudinal de ideas previas. *Publicaciones*, 15, 135-148.

- Benarroch, A. (1998b). *Las explicaciones de los estudiantes sobre las manifestaciones corpusculares de la materia*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. Disponible en <http://hdl.handle.net/10481/14909>
- Benarroch, A. (2000a). La teoría cinético-corpúscular de la materia y su justificación en el currículum obligatorio. *Publicaciones de la Facultad de Educación y Humanidades de Melilla*, 30, 149-160.
- Benarroch, A. (2000b). El desarrollo cognoscitivo de los estudiantes en el área de la naturaleza corpúscular de la materia. *Enseñanza de las ciencias*, 18(2), 235-247.
- Benarroch, A. (2000c). Del modelo cinético-corpúscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 23, 95-108.
- Benarroch, A. (2001). Una interpretación del desarrollo cognoscitivo de los alumnos en el área de la naturaleza corpúscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(1), 123-134.
- Benarroch, A. y Marín, N. (1997). Dependencia de las explicaciones de los alumnos de esquemas de conocimiento específicos y generales. *Enseñanza de las Ciencias, Actas del V Congreso Internacional de Investigación en Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas*, N° extra, pp. 171-172.
- Benarroch, A. y Marín, N. (2006). La construcción del conocimiento de los estudiantes: una línea de investigación útil para la atención de las dificultades de aprendizaje. En Cortés, A. y Sánchez, M.D. *Educación Científica: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Sostenibilidad*. Actas de los XXII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Zaragoza: Pressas Universitarias. Sección VIII. Investigación sobre las ideas del alumnado
- Beneitone, P., Esquetini, C., González, J., Marty, M., Siufi, G. y Wagenaar, R. (2007). *Reflexiones y perspectivas de la educación superior en América Latina. Informe final. Proyecto Tuning. América Latina 2004-2007*. Bilbao: Universidad de Deusto. Recuperado de <http://tuning.unideusto.org/tuningal/>
- Borsese, A. y Esteban, S. (2001). Didáctica de la naturaleza de la materia en los diferentes niveles escolares. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 30, 91-97.
- Brown, D. (1989). Student's concept of force: the importance of understanding Newton's third law. *Physics Education*, 24, 335-358.
- Caamaño, A. (2000). El aprendizaje y la enseñanza de la estructura de la materia: presentación de la monografía. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26, 73-74.

- Caamaño, A. y Maestre, G. (2004). La construcción del concepto de ión, en la intersección entre el modelo atómico-molecular y el modelo de carga eléctrica. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, 29-40.
- Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: las pautas de pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias metacognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(2), 155-169.
- Carbonell, J. (2001). *La aventura de innovar. El cambio en la escuela*. España: Morata.
- Carmichael, P., Driver, R., Holding, B., Phillips, I., Twigger, D. & Watts, M. (1990). *Research on students' conceptions in science: A bibliography*. University of Leeds: Children's Learning in Science Research Group.
- Carmo, M., Marcondes, M. y Martorano, S. (2005). Um estudo sobre a evolução conceitual dos estudantes na construção de modelos explicativos relativos ao conceito de solução e ao processo de dissolução. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Castilla Del Pino, C. (2000). *Teoría de los sentimientos*. Barcelona: Tusquets.
- Coll, C. (1987). *Psicología y curriculum*. Barcelona: Laia.
- Coll, C. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*. Buenos Aires. Paidós.
- Coll, C. (1993). Constructivismo e intervención educativa: ¿Cómo enseñar lo que se ha de construir? *Propuesta educativa*, 8, Buenos Aires: Miño y Dávila.
- Coll, C. y Gillieron, CH. (1985). Jean Piaget y la Escuela de Ginebra: Itinerario y tendencias actuales. *Infancia y Aprendizaje*, 2, 56-95.
- Confrey, J. (1990). A review of the research on student conceptions in mathematics, science and programming, *Review of Research in Education*, 16 (1), pp.3-56. DOI: 10.3102/0091732X016001003
- COSCE (2005). *Acción CRECE. Comisiones de Reflexión y Estudio de la Ciencia en España*. Confederación de Sociedades Científicas de España.
- Costamagna, A. (2001). Mapas conceptuales como expresión de procesos de interrelación para evaluar la evolución del conocimiento de alumnos universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 309-318.
- Couso, D. (2011). Introducción. En *INFORME EnCIEnDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Confederación de Sociedades científicas de España (COSCE) (pp. 13-16). Madrid: Rubes Editorial.

- Chamizo, J.A, Sosa, P. y Zepeda, S. (2005). Análisis de las ideas previas de la química. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- De Miguel-Díaz, M. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias. Orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de Educación Superior*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- De Posada, J.M. y Conejo, R. (2000). Problemas y soluciones didácticas para abordar el enlace químico. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26, 95-100.
- De Vos, W. (1990). Seven thoughts on teaching molecules. En Actas de Seminario *Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School*. Centre for Studies in Science and Mathematics Education. Utrech: Universidad de Utrech.
- Delors, J. (coord.) (1996). *La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el siglo XXI*. México: Educación y cultura para el nuevo milenio.
- Delval, J. (1983). *Crecer y Pensar. La construcción del conocimiento en la escuela*. Cuadernos de Pedagogía, 11. Barcelona: Laia.
- DiSessa, A. & Sherin, B.L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20, 1155-1191.
- DiSessa, A., Gillespie, N.M. & Esterly, J.B. (2004). Coherence versus fragmentation in the development of the concept of force. *Cognitive Science*, 28, 843-900.
- Doran, R.L. (1972). Misconceptions on selected concepts held by elementary school students. *Journal of Research in Science Teaching*, 9(2), 127-137.
- Driver, R., Leach, J., Millar, R. & Scott, P. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham: Open University Press.
- Duschl, R.A. (1994). Editorial policy statement and introduction. *Science Education*, 78(3), 203-208.
- Duschl, R.A. (1997). *Renovar la enseñanza de las ciencias. Importancia de las teorías y su desarrollo*. Madrid: Narcea.
- Escamilla, A. (2009). *Competencias básicas en la programación y unidades didácticas. Infantil y Primaria*. Barcelona: Graó.
- European Commission (2004). *Europe Needs More Scientists*. Bélgica. Recuperado el 09/06/2015 de

[http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference\\_review\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/research/conferences/2004/sciprof/pdf/conference_review_en.pdf)

European Commission (2007). *Competencias clave para el aprendizaje permanente. Un marco de referencia europeo*. Recuperado el 09/06/2015 de <http://www.mecd.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1>

European Commission (2008). *Flash Eurobarometer n° 239. Youth People and Science*. Recuperado de [http://ec.europa.eu/public\\_opinion/flash/fl\\_239\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/public_opinion/flash/fl_239_en.pdf)

EURYDICE (2006). *Quality Assurance in Teacher Education in Europe Bruselas*: Unidad Europea de Eurydice.

Fernández-González, J., Portela García, L., González-González, B.M. y Elórtegui-Escartín, N. (2001). Las analogías en el aprendizaje de la física en secundaria. *Actas I Congreso Nacional de Didácticas Específicas* (pp. 1901-14). Granada, España.

Flavell, J.H. (1976). Metacognitive aspects of problem solving. En Resnick, L. (Ed.): *The nature of intelligence*. Hillsdale: LEA.

Fumagalli, L. (1993). *El Desafío de Enseñar Ciencias Naturales*. Buenos Aires: Troquel

Gabel, D.L. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.

Gabel, D., Samuel K.V. & Hund, D. (1987). Understanding the particulate nature of mater. *Journal of Chemical Education*, 64(8), 695-697.

Galagovsky, L. y Adúriz-Bravo, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*. 19(2), 231-242.

Galagovsky, L., Di Giacomo, M.A. y Castelo, V. (2009).r Modelos vs. dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 8(1). Recuperado de [http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC\\_prese\\_es.htm](http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_prese_es.htm)

Gallegos, L., Garritz, A. y Flores, F. (2005). La multiplicidad de representaciones acerca de las estructura de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.

Gamble, R. (1989). Force. *Physics Education*, 24(2), 79-82.

García-Franco, A. y Flores-Camacho, F. (2005). Las representaciones múltiples sobre la estructura de la materia en estudiantes de secundaria y bachillerato: una propuesta de análisis. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso

- Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Gil, D. (1996). New Trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18(8), 889-901.
- Gimeno-Sacristán, J. (2008). Introducción. En J. Gimeno, (comp.), A.I. Pérez, J.B. Martínez, J. Torres, F. Angulo, y J.M. Álvarez (2008). *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?* Madrid: Morata.
- Giordan, M. & Góis, J. (2005). Constructor of molecular objects: an interface for creation and visualization in computing environments. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Giudice, J. y Galagovsky, L. (2008). Modelar la naturaleza discontinua de la materia: una propuesta para la Escuela Media. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. 7(3), 349-364. Recuperado de [http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC\\_prese\\_es.htm](http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_prese_es.htm)
- Gómez Crespo, M.A. (2005). E.A.O. y enseñanza de los modelos microscópicos en química. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- González, J. y Wagenaar, R. (2003). *Tuning Educational Structures in Europe. Informe Final. Fase Uno*. Bilbao: Universidad de Deusto.
- Gutiérrez, R. (2005). La modelización y los procesos de enseñanza/aprendizaje. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, 8-18.
- Gutiérrez-Julián, M.S., Gómez-Crespo, M.A. y Pozo, J.I. (2005). Utilización del modelo corpuscular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. VII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, España.
- Halldén, O. (1990). Questions asked in common sense contexts and in scientific contexts. En Actas de Seminario *Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School*. Utrech: Universidad de Utrech. Centre for Studies in Science an Mathematics Education.
- Hawes, G. & Corvalán, O. (2005). *Construcción de un perfil profesional*. Chile: Universidad de Talca. Recuperado de <http://www.mecesup.cl/mecesup1/difusion/destacado/2004ConstrucciondeunPerfilProfesional.pdf>
- Helldén, G. (1995). Environmental education and pupils' conceptions of matter. *Environmental Education Research*, 1(3), 267-277.



- INE (2013). *PISA 2012. Informe Español. Volumen 1: Resultados y Contexto*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Recuperado el 09/06/2015 de [www.mecd.gob.es/inee](http://www.mecd.gob.es/inee)
- INE (2013). *Marcos y pruebas de evaluación de PISA 2012. Matemáticas, Lectura y Ciencias. Pisa 2009*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Recuperado el 08/06/2015 de <http://www.mecd.gob.es/dctm/inee/internacional/pisa2012/marcopisa2012.pdf?documentoId=0901e72b8177328d>
- Informe EnCIEnDE. (2011). *Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España*. Confederación de Sociedades científicas de España (COSCE). Madrid: Rubes Editorial.
- Ioannides, C. & Vosniadou, S. (2002). The changing meanings of force. *Cognitive Science Quarterly*, 2, 5–61.
- Izquierdo, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *The Journal of the Argentinian Chemical Society*, 92(6), 115-136.
- Jiménez-Gómez, E.J., Benarroch, A. y Marín, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students. Conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(6), 577-598.
- Jiménez-Gómez, E., Solano, I. y Marín, N. (1997). Estudio de la delimitación de la progresión de las “ideas” del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, 15(3), 309-328.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(2), 173–184.
- Kuiper, J. & Mondlane, E. (1994). Students’ ideas of science concepts: alternative frameworks? *International Journal of Science Education*, 16(3), 279-292.
- Licht, P. (1990). A microscopic model for a better understanding of the concepts of voltaje and current, en *Actas de Seminario Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School*, 316-327. Utrech: Universidad de Utrech.
- Limón, M. y Carretero, M. (1995). Aspectos evolutivos y cognitivos. *Cuadernos de Pedagogía*, 238.
- Limón, M. y Carretero, M. (2008) Aspectos evolutivos y cognitivos. *Cuadernos de Pedagogía*, 268, Madrid Recuperado de: [http://www.educadormarista.com/Descognitivo/El\\_paradigma\\_de\\_la\\_medicion.htm](http://www.educadormarista.com/Descognitivo/El_paradigma_de_la_medicion.htm)
- LOE. (2006). Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. BOE nº 106 de 4 de mayo de 2006.

- LOMCE (2013). Ley Orgánica 8/2013, de 9 de noviembre, para la mejora de la calidad educativa. BOE nº 295 del 10 de diciembre de 2013.
- López I. y Amat, J. (2011). *De la Sociedad de la información a la(s) Sociedad(es) del Conocimiento. Vasos comunicantes en el cambio de milenio 1960 – 2010*. Trabajo de investigación tutelado. Universidad Complutense de Madrid.
- Luque-Freire, H. (2009). *Metas de la enseñanza de las Ciencias Naturales. Desarrollo de competencias y capacidades en Matemática y Ciencias*. Buenos Aires: Educared.
- Marín, N. (1994a). Elementos cognoscitivos dependientes del contenido. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 20, 195-208.
- Marín, N. (1994b). *Evolución de los esquemas explicativos en situaciones de equilibrio mecánico*. Tesis Doctoral Universidad de Granada.
- Marín, N. (2003). Conocimientos que interaccionan en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 65-79.
- Marín, N. (2005). *La enseñanza de las ciencias en Educación Infantil*. Granada: Grupo Editorial Universitario.
- Marín, N. y Benarroch, A. (1994). A comparative study of piagetian and constructivist work on conceptions in science. *International Journal of Science Education*, 16(1), 1-15.
- Marín, N., Benarroch, A. y Jiménez-Gómez, E. (2000). What is the relationship between Social Constructivism and Piagetian Constructivism? An analysis of the characteristics of the ideas within both theories. *International Journal of Science Education*, 22(3), 225-238.
- Marina, J.A. (1996). *El laberinto emocional*. Barcelona: Anagrama.
- Marina, J.A. y Bernabeu, R. (2007). *Competencia social y ciudadana*. Madrid: Alianza Editorial.
- Matus-Leites, L. (2009). *Progresiones de aprendizaje en el área del enlace químico. Análisis de Coherencia entre capacidades de los estudiantes y las representaciones usadas en los libros de texto*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Mayer, R.E. (1998) Cognitive, metacognitivo and motivational aspects of problem solving. *Instructional Science*, 26, 49-63.
- ME (2009). *Datos y cifras del sistema universitario español. Curso 2009/2010*. Ministerio de Educación de España. Recuperado de

- <http://www.mecd.gob.es/educacion-mecd/areas-educacion/universidades/estadisticas-informes/datos-cifras.html>
- MEA (1994). *Contenidos Básicos Comunes para Nivel Inicial y para Educación General Básica, 1994*. Consejo Federal de Cultura y Educación. Ministerio de Educación Argentina. Recuperado de <http://www.mcyt.gov.ar/consejo/documentos/index.html>.
- MEA (2009a) *Estudio Nacional de Evaluación. Ciencias Sociales. Ciencias Naturales. Operativo Nacional de Evaluación/2007- etapa 2008*. Dirección Nacional de Información y Evaluación de la Calidad Educativa. Ministerio de Educación de Argentina. Recuperado de [http://diniece.me.gov.ar/images/stories/diniece/evaluacion\\_educativa/nacionales/resultados/EstudioNacionaldeEvaluacionONE2007-etapa2008.pdf](http://diniece.me.gov.ar/images/stories/diniece/evaluacion_educativa/nacionales/resultados/EstudioNacionaldeEvaluacionONE2007-etapa2008.pdf)
- MEA (2009b) Anuario 2008. Estadísticas Universitarias. Secretaría de Políticas Universitarias (SPU) del Ministerio de Educación de Argentina. Recuperado de [http://www.me.gov.ar/spu/documentos/Anuario 2008.pdf](http://www.me.gov.ar/spu/documentos/Anuario%202008.pdf)
- MEC (1989). *Diseño Curricular Base. Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC
- MEC (2006). Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE nº 5 del 5 de enero de 2007
- MEC (2007). ORDEN ECI/2220/2007, de 12 de julio, Currículo y Ordenación de la Educación Secundaria Obligatoria. BOE nº 174 del 21 de julio de 2007
- MEC (2014). Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la ESO y Bachillerato. BOE nº 3 del 3 de enero de 2015
- MECyT (2006). Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. República Argentina. Buenos Aires. Recuperado de [www.me.gov.ar/curriform/nap.html](http://www.me.gov.ar/curriform/nap.html)
- MECyT (2007). *Educación Secundaria Orientada Bachiller en Ciencias Naturales*. Consejo Federal de Educación. Argentina. Recuperado de <http://www.me.gov.ar/consejo/documentos/dcmto-obcbc.htm>
- MECyT (2009a). *Núcleos de Aprendizajes Prioritarios para el Segundo Ciclo de la Educación General Básica. Ciencias Naturales*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. Argentina. Recuperado de <http://portal.educacion.gov.ar/primaria/contenidos-curriculares-comunes-nap>
- MECyT (2009b). *Núcleos de Aprendizajes Prioritarios Tercer Ciclo EGB / Nivel Medio Ciencias Naturales*. Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología. De Argentina. Recuperado de <http://portal.educacion.gov.ar/secundaria/files/2009/12/nap3natura.pdf>

- Millar, R. (1990). Making sense: What use are particle ideas children? en Actas de Seminario *Relating macroscopic phenomena to microscopic Particles. A central problem in Secondary Science School*. Utrech: Universidad de Utrech. Centre for Studies in Science and Mathematics Education.
- Millar, R., Gott, R., Lubben, F. & Duggan, S. (1993). Children's performance of investigative tasks in science: a framework for considering progression. *BERA DIALOGUES*, 11, 82-108.
- Mitchell, A.C. & Kellington, S.H. (1982). Learning difficulties associated whit the particulate theory of matter in the Scottish Integrated Science Course. *European Journal of Science Education*, 4(4), 429-440.
- Monereo, C. (1999). El asesoramiento psicopedagógico en el ámbito de las estrategias de aprendizaje: niveles de intervención. En Pozo, J. I. y C. Monereo (Coords.) *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Santillana.
- Monereo, C., (2007). Hacia un nuevo paradigma del aprendizaje estratégico: el papel de la mediación social, del self y de las emociones. *Revista de investigación educativa*, 5(3), 239-265.
- Monereo, C., Castelló, M., Clariana, M., Palma, M. y Pérez-Cabani, M.L. (1994). *Estrategias de enseñanza y aprendizaje. Formación del profesorado y aplicación en el aula*. Barcelona: Graó.
- Monereo, C. y Pozo, J.I. (2007). Competencias para (con)vivir con el siglo XXI. *Cuadernos de Pedagogía*, 370. Barcelona: Laia.
- Morín, E. (2001). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*. Barcelona: Paidós.
- Murphy, C. & Beggs, J. (2003). Children perceptions of school science. *School Science Review*, 84(308), 109-116.
- Nappa, N. (2002). *Representaciones mentales de los alumnos sobre el fenómeno de disolución*. Tesis Doctoral. Universidad de Valladolid.
- NRC (1996). *National science education standards*. Washington: DC, National Academic Press.
- Nussbaum, (1989). La constitución de la materia como conjunto de partículas en la fase gaseosa. En Driver, R., Guesne, E. y Tiberquien, A. *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: Morata/MEC.
- OCDE (1997). *Proyecto DeSeCo (Definition and Selection of Competencies)* Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos. Recuperado el 09/06/2015 de <http://www.deseco.admin.ch/>

- OCDE (2006). *PISA-2006. Marco de la Evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Recuperado de <http://www.institutodeevaluacion.mec.es/contenidos/noticias/marcosteoricospisa2006.pdf>
- OCDE (2007). *Informe español*. Ministerio de Educación y Ciencia. Secretaria General de Educación. Recuperado de <http://www.mec.es/multimedia/00004656.pdf>
- OCDE. (2008). *La definición y selección de competencias clave*. Recuperado de <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/03/02.html>
- OCDE (2010). *Panorama de la Educación. Indicadores de la OCDE 2010. Informe español*. Ministerio de educación y ciencia. Secretaria General de Educación. Recuperado de <http://www.educacion.gob.es/ievaluacion.html>
- OCDE (2012). *Programa para la evaluación internacional de alumnos. PISA 2012-Resultados. Nota del País (España). Principales conclusiones*. Recuperado el 10/06/2015 de <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/PISA-2012-results-spain-ESP.pdf>
- OCDE (2014). *Argentine. Student performance (PISA, 2012)*. En línea el 10/06/2015 en <http://gpseducation.oecd.org/CountryProfile?primaryCountry=ARG&treshold=10&topic=PI>
- OEI (2001). *Cuadernos de Iberoamérica, Ciencia, Tecnología y Sociedad. Una aproximación conceptual*. Madrid: OEI.
- Oliva, J.M. y Aragón, M.M. (2007). Pensamiento analógico y construcción de un modelo molecular para la materia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 21-41.
- Oliva, J.M. y Aragón, M.M. (2008). Diseño de una propuesta didáctica: uso de varias analogías para la comprensión del modelo cinético –particular. En *Actas del XXIII Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Universidad de Almería. España.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M., Mateo, J. y Bonat, M. (2001). Una propuesta didáctica, basada en la investigación, para el uso de analogías en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(3), 453-470.
- Oliva, J.M., Aragón, M.M., Bonat, M. y Mateo, J. (2003). Un estudio sobre el papel de las analogías en la construcción del modelo cinético-molecular de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 429-444.
- Osborne, J., Driver, R. & Simon, S. (1998). Attitudes to science: issues and concerns. *School Science Review*, 79(288), 27-33.
- Palacino-Rodríguez, F. (2007). Competencias comunicativas, aprendizaje y enseñanza de las Ciencias Naturales: un enfoque lúdico. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 275-298. En <http://www.webs.uvigo.es/reec>

- Parkinson, J., Hendley, D., Tanner, H. & Stables, A. (1998). Pupils' attitudes to science in key stage 3 of the National Curriculum: A study of pupils in South Wales. *Research in Science y Technological Education*, 16, 165-176.
- Pascual-Leone, J. (1979). Constructive Problems for Constructive Theories: the Current Relevance of Piaget's Work and a Critique of Information Processing Simulation Psychology. In R. Kluwe y H Spada (Eds.), *Developmental models of thinking*. New York: Academic Press.
- Pascual-Leone, J. (1983). Problemas constructivos para teorías constructivas: la relevancia actual de la obra de Piaget y una crítica a la psicología basada en la simulación del procesamiento de información. En Carretero, M. y García Madruga, J.A. *Lecturas de psicología del pensamiento*. Madrid: Alianza Editorial.
- Pascual-Leone, J., & Johnson, J. (2005). A dialectical constructivist view of developmental intelligence. In O. Wilhelm & R. W. Engle (Eds.), *Handbook of understanding and measuring intelligence* (pp. 177–201). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Pell, T. & Jarvis, T. (2001). Developing attitude to science scales for use with children of ages from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, 23(8), 847-862.
- Pérez-Echeverría, M. P., Pozo, J.I. y Rodríguez, B. (2003). Concepciones de los estudiantes universitarios sobre el aprendizaje. El estudiante universitario como aprendiz autónomo. En Monereo, C. y Pozo, J. I. *La Universidad ante la nueva cultura: enseñar y aprender para la autonomía* (pp. 33-44). Barcelona: Síntesis.
- Perrenoud, P. (2010). *Diez nuevas competencias para enseñar*. Barcelona: Graó.
- Pfundt, H. & Duit, R. (1993). *Bibliography: Students' alternative frameworks and science education*. Kiel: University of Kiel.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1969). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Barcelona: Paidós.
- Pozo, J.I. (1989). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I. (2006). La nueva cultura del aprendizaje en la sociedad del conocimiento. En J.I. Pozo, N. Scheuer, M.P. Pérez-Echeverría, M. Mateos, E. Martín y M. De La Cruz.. *Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje. Las concepciones de profesores y alumnos* (pp. 29-53). Barcelona: Graó.
- Pozo, J.I. (2008). *Aprendices y maestros*. Madrid: Alianza/Psicología Minor.

- Pozo, J.I. y Carretero, M. (2007). Desarrollo cognitivo y aprendizaje escolar. *Cuadernos de Pedagogía*. Recuperado de: [http://www.educadormarista.com/Descognitivo/El\\_paradigma\\_de\\_la\\_medicion.htm](http://www.educadormarista.com/Descognitivo/El_paradigma_de_la_medicion.htm)
- Pozo, J.I. y Gómez-Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Pozo, J.I., Gómez-Crespo, M.A., Limón, M. y Sanz, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre química*. Madrid: Servicio de Publicaciones del MEC.
- Pozo, J.I. y Monereo, C. (1999). *El aprendizaje estratégico*. Madrid: Aula XXI Santillana.
- Pozo, J.I. y Postigo, Y. (1994). La solución de problemas como contenido procedimental en la Educación Obligatoria. En Pozo, J.I. *Solución de problemas*. Madrid: Santillana/Aula XXI.
- Prieto, T. y Blanco, A. (2000). Visión escolar de la naturaleza y estructura de la materia. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26, 75- 82.
- Prieto-Ruiz, T., Blanco-López, A. y Brero-Peinado, V. (2002). La progresión en el aprendizaje de dominios específicos: Una propuesta para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 3-14.
- Pro, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(1), 21-41.
- Pro, A. (2007). De la enseñanza de los conocimientos a la enseñanza de las competencias. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 53, 10-21.
- Pro, A. (2011). Conocimiento científico, ciencia escolar y enseñanza de las ciencias en educación secundaria. *Didáctica de la Física y la Química*, 2(5), 13-29.
- Pro, A. y Rodríguez, J. (2010). Aprender competencias en una propuesta para la enseñanza de los circuitos eléctricos en educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 385-404.
- Ramsden, J.M. (1998). Mission impossible? Can anything be done about attitudes to science? *International Journal of Science Education*, 20(2), 125-137.
- Ruiz-Iglesias, M. (2001). *Profesionales competentes: Una respuesta educativa*. México: IPN.
- Rychen, D. S. & Salganik, L. H. (2003). *Key competencies for a successful life and a well-functioning society*. Key DeSeCo publications
- Saballs, P. (2004). Del macrocosmos al microcosmos. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, 111-117.

- Samarapungavan, A. & Wiers, R.H. (1977). Children's thoughts on the origin of species. *Cognitive Science*, 21, 147-177.
- Sánchez-Blanco, G. y Valcárcel, V. (2003). Los modelos en la enseñanza de la química: concepto de sustancia pura. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 35, 45-52.
- Sanmartí, N., Burgos, B. y Nuño, T. (2011). ¿Por qué el alumnado tiene dificultad para utilizar sus conocimientos científicos escolares en situaciones cotidianas? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 62-69.
- Sanmartí, N.E e Izquierdo, M. (2001). Cambio y conservación en la enseñanza de las ciencias ante las TIC. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 29, 71-83.
- Sanmartí, N. y Solsona, N. (2001). Estudio de la estructura de los materiales: entre el orden y el desorden. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 30, 81-90.
- Schreiner, C. & Sjøberg, S. (2004). Sowing the seeds of ROSE. Background, Rationale, Questionnaire Development and Data Collection for ROSE (The Relevance of Science Education). Oslo: University of Oslo.
- Seré, M.G. (1990). Passing from one model to another: what strategy? En Linjse, P.L., Licht, P., de Vos, W y Waario, J.A. *Relating Macroscopic Phenomena to Microscopic Particles. A central problem in secondary science education*. Utrecht: Universidad de Utrech.
- Simpson, R.D. & Oliver, J.E. (1990). A summary of major influences on attitude toward an achievement in science among adolescent students. *Science Education*, 74(1), 1-18.
- Solbes, J. (2011). ¿Por qué disminuye el alumnado de ciencias? *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 67, 53-62.
- Solsona-Paró, N. y Martín Del Pozo, R. (2004). Los cambios químicos: de los modelos del alumnado a los modelos escolares. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 42, 19-28.
- Stavy, R. & Tirosh, D. (1993). When analogy is perceived as such. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(10), 1229-1239.
- Tobón, S., García-Fraile, J.A., Rial, A. y Carretero, M. (2006). *Competencias, calidad y educación superior*. Bogotá: Magisterio.
- Trinidad-Velasco, R. y Garritz, A. (2003). Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia. *Educación Química*, 14(2), 92-105.



- UAEM (2002). *Programa Institucional de Innovación Curricular. Bases para el modelo de innovación curricular de la Universidad Autónoma del Estado de Mexico*. Mexico: Secretaría de Docencia, UAEM.
- UNESCO (1996). *Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI. La educación encierra un tesoro*. Madrid: Santillana.
- UNESCO (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. Francia: Ediciones UNESCO. Recuperado el 09/06/2015 de <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001419/141908s.pdf>
- Urzúa, C. y Garritz, A. (2008). *Evaluación de competencias en el nivel universitario*. Ideas@CONCYTEG, 3(39), 138-154. Recuperado de <http://octi.guanajuato.gob.mx/gaceta/Gacetaideas/frmPrincipal.php>
- Valcárcel, M.V., Pro, A., Banet, E. y Sánchez, G. (1990). *Problemática didáctica del aprendizaje de las ciencias experimentales*. Murcia: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Murcia.
- Valcárcel, G., Sánchez-Blanco, M.V. y Ruiz-Rojas, M. (2000). El estudio del átomo en la educación secundaria. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 26, 83-94.
- Vázquez, S. y García-Rodeja, I. (2005). “Signando” juntos: conversaciones sobre la transformación de la materia. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 237-250.
- Vázquez, A. y Manassero, M.A. (2008). El declive de las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes: un indicador inquietante para la educación científica. *Revista Eureka Enseñanza Divulgación Científica*, 5(3), 274-292.
- Vicario, J., Fernández, A., Tarasconi, C., Esquenazi, S., Garnica, J., Garello, A. y Rigotti, P. (2007). *Física basada en competencias: una propuesta de articulación Universidad – Nivel Medio*. Argentina; Universidad Nacional de Río Cuarto. Recuperado de <http://portal.educ.ar/debates/eid/fisica/debates/ensenanza-de-la-fisica-basada.php> consultado el 10/09/2010
- Watts, D. & Zylbersztajn, A. (1981). A survey of some children’s ideas about force. *Physics Education*, 16, 360-365.
- Weinburgh, M. (1995). Gender differences in student attitudes towards science: a metaanalysis of the literature from 1970 to 1991. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), 387-398.
- Zabala, A. (2001). Presentación. En A. Zabala, P. Alsina, J. Bantulá, M. Carranza, D. Dimé, M. Forrellad, R. Gratacós, A. Noguerol, M. Oliver, I. Oró, P. Pérez-Ballonga y J. Ríos. *Cómo trabajar los contenidos procedimentales en el aula* (pp.5-17). Barcelona: ICE/Graó.

- Zabala, A. (coord.), Alsina, P., Bantulá, J., Carranza, M., Dilmé, D., Forrellad, M., Gratacós, R., Noguerol, A., Oliver, M., Oró, I., Pérez-Ballonga, P. y Ríos, J. (2001). *Cómo trabajar los contenidos procedimentales en el aula*. Barcelona: ICE/Graó.
- Zabala, A. y Arnau, L (2007). *11 ideas clave. Cómo aprender y enseñar competencias*. Barcelona: Graó.
- Zamorano, R., Gibbs, H. & Viau, J. (2007). Modelización. Propuestas para el estudio de los modelos de los estudiantes. *Revista Iberoamericana de Educación*, 36. Recuperado de <http://www.rieoei.org/experiencias78.htm>

*Anexo* **1**

**CUESTIONARIO**



Nombre:

Edad:

**TAREA N°1**

Si tienes una paleta de acuarelas, un pincel y un vasito A con agua.

1. ¿Podrías pintar de color sin el agua, esto es, únicamente con la acuarela y con el pincel? ¿Por qué?

.....  
.....

2. ¿Podrías pintar con la ayuda de otro líquido distinto al agua? ¿Por qué?

.....  
.....

3. Si mojas el pincel en el agua y compruebas que ahora sí pinta. ¿Qué hace el agua?

.....  
.....

4. Si limpias bien el pincel en un vasito B con agua. ¿La cantidad de color que tomaste con el pincel es la misma que hay ahora en el vasito? ¿Por qué?

.....  
.....

5. Imagina que tuvieras un microscopio tan potente que te permitiera ver en el interior del vasito. Dibuja lo que verías.

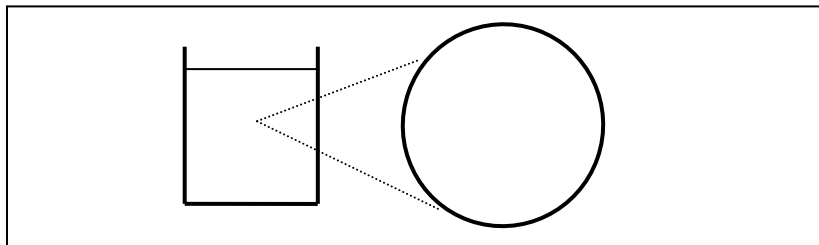


Ilustración 1. Agua con color

6. Si echas una gota de este vasito B en otro vasito C lleno de agua, ¿se pondría el agua de color? ¿Por qué?

.....  
.....

7. ¿Dónde está la gota de color?

.....  
.....

8. ¿Por qué no es visible?

.....  
.....

9. Dibuja cómo te imaginas que quedaría finalmente la gota de color en el interior del vaso con agua.

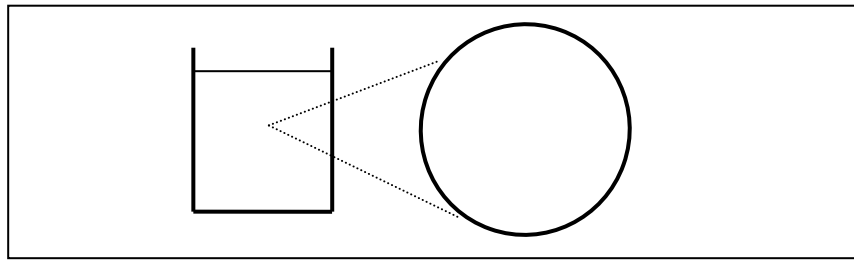


Ilustración 2. Gota de color en agua incolora

Si echas una gota de colorante líquido en un vaso A, con aproximadamente 50 ml con agua, a temperatura ambiente, otra gota en otro vaso B con la misma cantidad de agua caliente y otra gota en otro vaso C con la misma cantidad de agua fría.

10. ¿Qué ocurría en cada vaso? ¿Por qué?

.....  
.....

11. Imagina lo que verías en cada vaso antes y después de agitar si tuvieras un microscopio tan potente que te lo permitiera. Dibújalo.

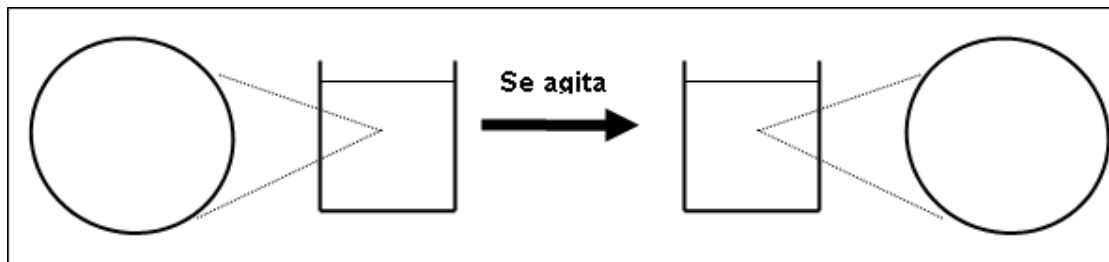


Ilustración 3. Echamos una gotita del colorante en agua a temperatura ambiente

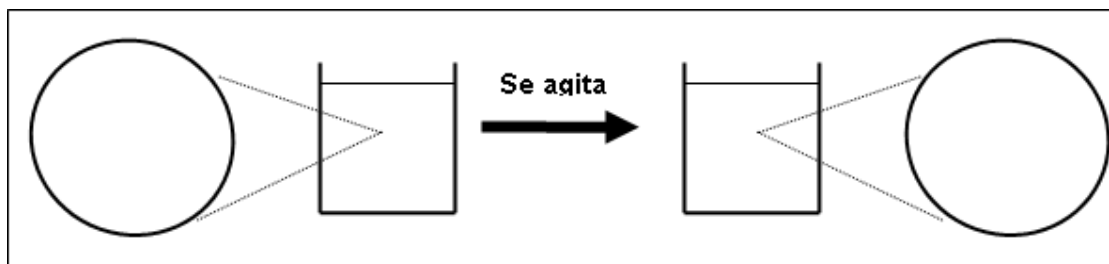


Ilustración 4. Echamos una gotita del colorante en agua caliente

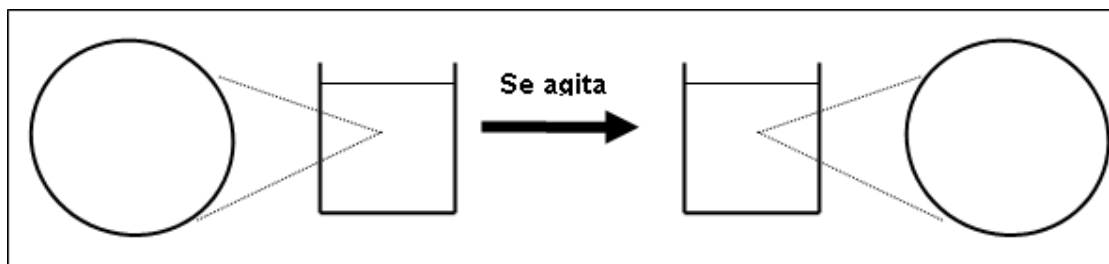
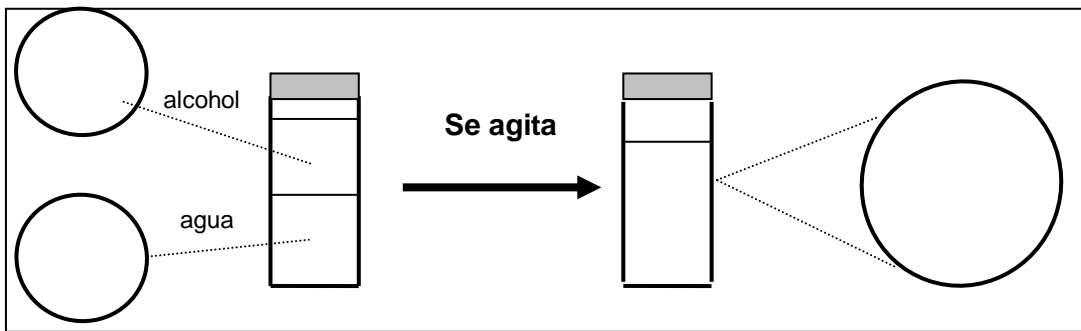


Ilustración 5. Echamos una gotita del colorante verde en agua fría

**TAREA N°2**

Coloca agua destilada en un tubo hasta más o menos la mitad de su capacidad total y con bastante cuidado adiciona alcohol. Deja un pequeño espacio en la extremidad superior del tubo, suficiente para introducir un tapón y que quede un pequeño espacio de aire. Marca el nivel de la mezcla y ciérralo bien.

1. ¿Variarán las cantidades de alcohol y agua si agitamos el tubo? ¿Por qué?  
.....  
.....
2. ¿Se modificará el peso del tubo si lo agitamos? ¿Por qué?  
.....  
.....
3. ¿Cambiará la altura de líquido en el tubo cuando lo agitemos? ¿Por qué?  
.....  
.....
4. Observa lo que ocurre después de agitar el tubo y justifícalo.  
.....  
.....
5. Imagina lo que verías en el interior del tubo si tuvieras un microscopio tan potente que te lo permitiera. Dibújalo.



*Ilustración 6. Agua y alcohol*

6. Si repitieras el proceso anterior pero adicionando agua coloreada y alcohol coloreado. ¿Crees que si agitamos este tubo ocurrirá lo mismo que antes? ¿Por qué?  
.....  
.....

7. Imagina lo que verías en el interior del tubo si tuvieras un microscopio tan potente que te lo permitiera, antes y después de agitarlo. Dibújalo.

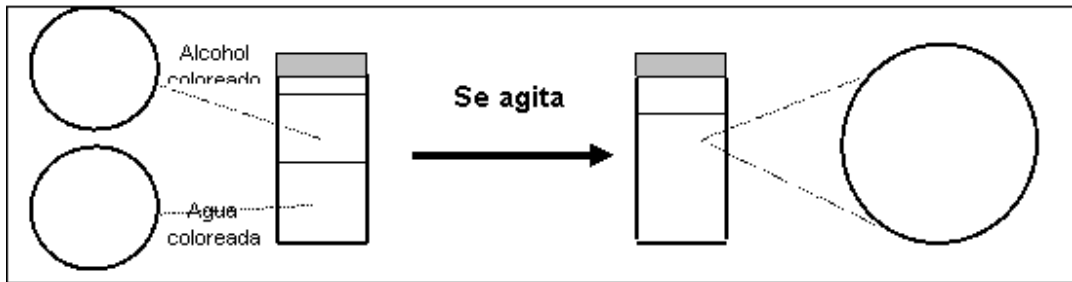


Ilustración 7. Alcohol coloreado y agua coloreada

**TAREA N°3**

1. ¿Cambiará el peso de un globo si lo inflamamos? ¿Por qué?
- .....
- .....
2. Si aprietas el globo reduciendo el lugar ocupado por el aire. Imagina lo que verías en el interior del globo, si tuvieras un microscopio tan potente que te lo permitiera, antes y después de apretarlo. Dibújalo.

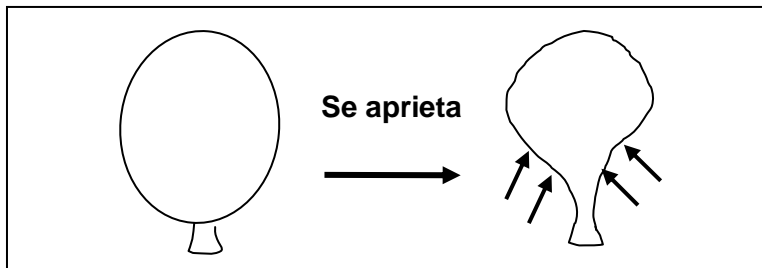


Ilustración 8. Globo

3. ¿Cambia el peso del globo cuando lo apretamos? ¿Por qué?
- .....
- .....
4. ¿Sería posible reducir totalmente el espacio ocupado por el aire? ¿Por qué?
- .....
- .....

Si reduces el volumen de aire en una jeringa tapada por su extremo, empujando el émbolo.

5. Imagina lo que verías en la jeringa, si tuvieras un microscopio que te lo permitiera, antes y después de empujar el émbolo. Dibújalo.

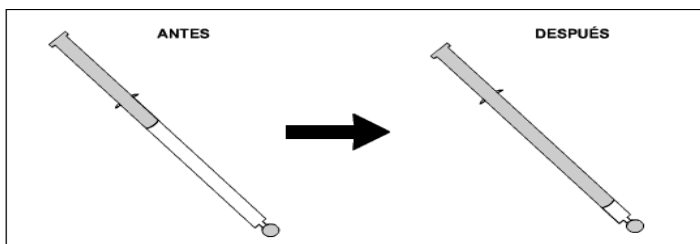


Ilustración 9. Jeringa



¿Crees que también se puede reducir el espacio si estuviera ocupado por agua? ¿Por qué?

.....  
.....

6. Imagina cómo verías el aire y el agua si tuvieras un microscopio que te lo permitiera. Dibújalo.

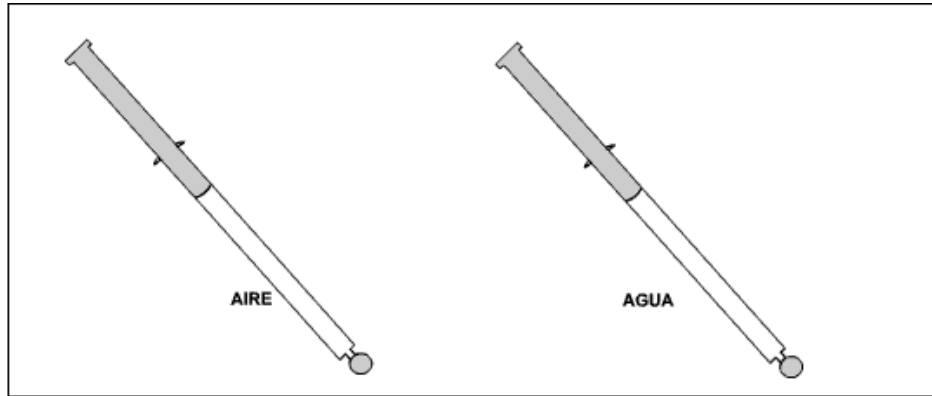


Ilustración 10. Jeringas con aire y jeringa con agua

Al introducir cobre y ácido nítrico en un matraz quitasatos conectado a una jeringa (ver dibujo) se obtiene un gas rojizo de dióxido de nitrógeno. Si se extrae gas con la jeringa:

7. Dibuja cómo verías **el interior del matraz** con un microscopio que te lo permitiera, antes y después de sacar el gas rojizo del mismo.

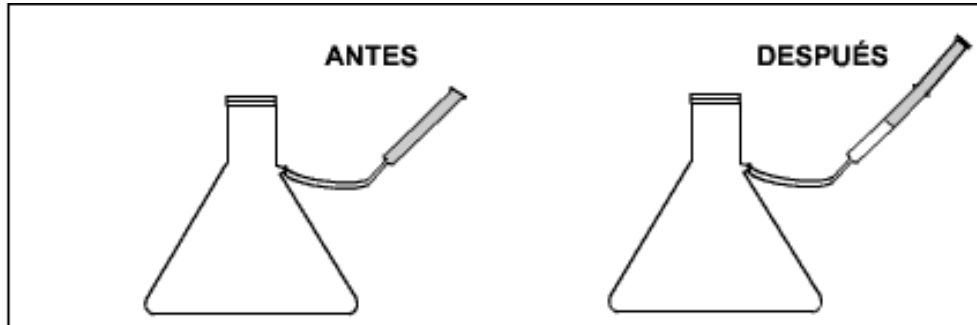


Ilustración 11. Matraz con gas rojo

8. Dibuja cómo verías el vapor rojizo del **interior de la jeringa** antes y después de sacar el émbolo.

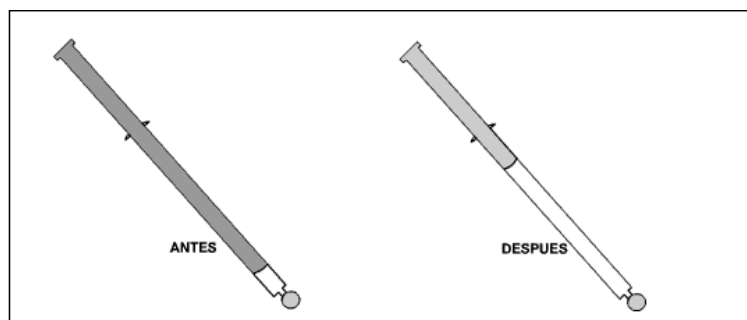


Ilustración 12. Jeringas con gas rojo



*Anexo* 

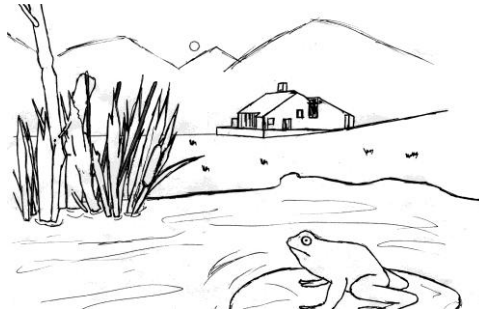
***PROPUESTA DE  
ENSEÑANZA***



Nombre y apellido: .....  
Fecha de nacimiento: .....

**TAREA 1: PROPIEDADES MACROSCÓPICAS DE SÓLIDOS, LÍQUIDOS Y GASES**

1. Observa el dibujo siguiente y nombra una lista de materiales que allí se encuentren, tratando de seleccionar la mayor variedad posible de sustancias.



-----  
-----  
-----

2. Confecciona un listado común con los aportes de tus compañeros que cuente con un mínimo de diez materiales.

-----  
-----  
-----

3. Completa la siguiente tabla clasificando los materiales seleccionados según el estado en que se encuentre la materia (sólido, líquido y gas).

Material	Estado sólido	Estado líquido	Estado gaseoso

4. Especifica las características que en cada estado tuviste en cuenta para la clasificación.

Estado	Características
Sólido	
Líquido	
Gas	

5. Discute las características de cada estado con tus compañeros y completa nuevamente la tabla

Estado	Características
Sólido	
Líquido	
Gas	

6. Si modificaste alguna característica en la segunda tabla indica el motivo

-----

-----

-----

7. Completa la siguiente tabla para cada estado de la materia, marcando con una cruz la propiedad que les corresponda.

Estado	Pesan	Ocupan lugar en el espacio	Tienen forma propia	Toman la forma del recipiente
Sólido				
Líquido				
Gas				

8. Indica cómo podrías demostrar las respuestas de cada columna utilizando los materiales que te proporcionará el profesor. Una vez realizadas las experiencias escribe lo que observaste en cada una en "resultado".

Estado	Experiencias para demostrar que pesan
Sólido	
	Resultado:
Líquido	
	Resultado:

Gas	
	Resultado:
<b>Estado</b>	<b>Experiencias para demostrar que ocupan lugar en el espacio</b>
Sólido	
	Resultado:
Líquido	
	Resultado:
Gas	
	Resultado:
<b>Estado</b>	<b>Experiencia para demostrar la forma propia o del recipiente</b>
Sólido	
	Resultado:
Líquido	
	Resultado:
Gas	
	Resultado:

--	--

9. Discute con tus compañeros los resultados de las experiencias.
10. Completa nuevamente la tabla. Si has modificado alguna respuesta justifícalo.

Estado	Pesan	Ocupan lugar en el espacio	Tienen forma propia	Toman la forma del recipiente	Justificación
Sólido					
Líquido					
Gas					

11. A partir de las respuestas anteriores selecciona las propiedades comunes a todos los estados de la materia.

-----  
 -----

### TAREA 2: MODELO CINÉTICO CORPUSCULAR PARA GASES

1. Con los aportes de todos los integrantes del grupo deberán dar las características (forma, tamaño, material, etc.) del objeto que se encuentra dentro de la caja que se les entregará e imaginen qué objeto se encuentra en ella.

Características: -----

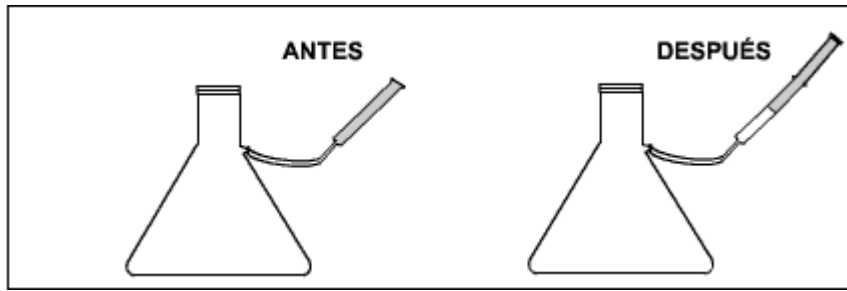
Objeto: -----

2. Averigüen qué modelos de objetos propusieron en los otros grupos.
  3. Abran las cajas y verifiquen los objetos y comenten los resultados.
- -----
4. Comenta con tus compañeros si la actividad 1 tiene alguna relación con la que realizan los científicos y escribe las conclusiones.

-----  
 -----

5. En la figura se muestra un matraz con aire en su interior, herméticamente tapado y conectado con una jeringa.





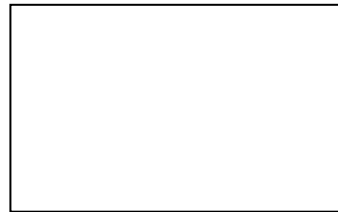
Si retraes el émbolo de la jeringa ¿qué parte del matraz se queda sin aire? Justifica tu respuesta.

-----  
-----

6. Si tuvieras unos lentes mágicos que te permitieran ver el aire contenido en el matraz, dibuja cómo lo verías antes y después de la succión.



Antes de la succión



Después de la succión

7. Si se obstruye la salida de aire de una jeringa y se empuja el émbolo puedes observar que el aire se comprime. ¿Qué hace que el aire sea compresible?

-----  
-----  
-----

8. Discute con tus compañeros la justificación de la pregunta anterior y con la ayuda del profesor traten de formular una respuesta en común. Escríbela a continuación

-----  
-----

9. ¿Hasta dónde se puede comprimir el aire de la jeringa? ¿Por qué ocurre así?

-----  
-----  
-----

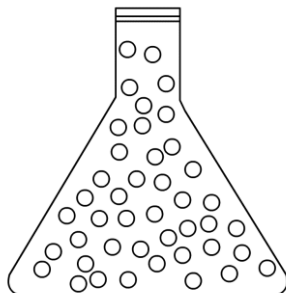
10. Si se deja de presionar el émbolo ¿Qué pasará? ¿Por qué?

-----  
-----  
-----

11. Con los aportes de tus compañeros y la ayuda del profesor formula una respuesta en común.

-----  
-----  
-----

12. En la figura se han representado las partículas de aire en un recipiente tapado.



1- ¿Por qué no caen las partículas en el fondo del recipiente?

-----  
-----  
-----

2- Comenta la respuesta con tus compañeros.

3- ¿Consideras que debes modificar o completar la respuesta 5? ¿En qué?

-----  
-----  
-----

**TAREA 3: MODELO CINÉTICO CORPUSCULAR PARA LÍQUIDOS Y SÓLIDOS**

1. ¿Piensas que los líquidos y los sólidos tienen las mismas características y comportamiento de los gases? Completa la tabla con las diferencias y semejanzas.

Estados	Diferencias	Semejanzas
Gas y líquido		
Gas y sólido		

2. a) Elabora la respuesta a la siguiente pregunta: Si mezclas dos volúmenes de líquidos (agua y alcohol), ¿es el volumen total la suma de los volúmenes iniciales?

-----  
 -----  
 -----

b) Realiza la experiencia e interpreta lo que observas respecto a los volúmenes.

-----  
 -----  
 -----

3. a) Si llenas una jeringa con agua, desalojas el aire que pueda haber quedado dentro y obstruyes la salida, ¿puedes empujar el émbolo? ¿por qué?

-----  
 -----  
 -----

b) Con la ayuda de los compañeros y el profesor elabora una respuesta en común.

-----  
 -----  
 -----

4. a) ¿Consideras que los líquidos se dilatan cuando se calientan y se contraen cuando se enfrían?

-----

b) Observa lo que ocurre con el agua y el alcohol contenidos en sendos erlenmeyer cuando se calientan y se enfrían. Analiza e interpreta los resultados.

-----  
 -----  
 -----

c) Discute con el resto de tus compañeros la respuesta para llegar a una interpretación en común.

-----  
-----  
-----

d) Analiza cómo funcionan los termómetros de mercurio. ¿Piensas que las partículas del líquido que contienen se comportan igual que las de los gases? ¿Por qué?

-----  
-----  
-----

d) Comenta con el resto de los compañeros la respuesta para llegar a una interpretación en común respecto a la estructura de los líquidos.

-----  
-----  
-----

f) En el siguiente cuadro dibuja cómo te imaginas la estructura de los líquidos



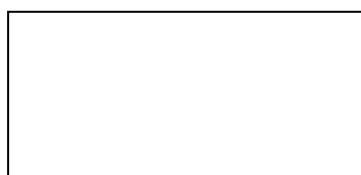
5. a) ¿Piensas que los sólidos pueden comprimirse? ¿Por qué?

-----  
-----  
-----

b) Con la ayuda de los compañeros y el profesor elabora una respuesta en común.

-----  
-----  
-----

c) En el siguiente cuadro dibuja cómo te imaginas la estructura de los sólidos



6. a) Si disolvemos un sólido en un líquido, ¿es el volumen total la suma de los volúmenes iniciales? ¿Por qué?

-----  
 -----  
 -----

b) Realiza la experiencia e interpreta lo que observas respecto a los volúmenes.

-----  
 -----  
 -----

c) Observa la preparación de una mezcla de bolitas y arena y comenta si encuentras alguna relación con la experiencia anterior.

-----  
 -----  
 -----

d) Comenta con el resto de los compañeros tu respuesta para llegar a una interpretación en común y escríbela.

-----  
 -----  
 -----

7. Responde nuevamente las actividades 2.a), 3.a), 4.a), 5.a) y 6.a). Justifica las modificaciones que hiciste respecto a las respuestas anteriores.

Actividad	Respuesta	Justificación
2.a)		
3.a)		
4.a)		
5.a)		
6.a)		

--	--	--

- 8.** Representa la estructura corpuscular de los tres estados de la materia, respetando las distancias entre las partículas.

--	--	--

*Anexo* 

***CATEGORÍAS EMPÍRICAS  
DE LOS ESTUDIANTES  
DE 12-13 AÑOS***





**MÓDULO 1 PAPEL DEL AGUA EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN**

Items	Variable	Contenido
1.1–1.3	AGA	Sólido granular/explicación de la disolución
<p><b>1.1. Dan explicaciones en el nivel de legalidad. No hay ninguna intención de concebir microscópicamente</b></p>		<p><b>1.2. Dan explicaciones macroscópicas más elaboradas. Sigue sin haber intención de concebir el proceso microscópicamente</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua va ablandando la pintura y lo hace mojándola, disolviéndola, etc. <b>E7B</b></li> <li>▪ El agua va poniendo blandita la acuarela y la va sacando. <b>E9A, E15A, E18A, E28A</b></li> <li>▪ El agua va sacando poco a poco el color de la acuarela. <b>E8B</b></li> <li>▪ El agua hace que pinte la acuarela. <b>E20A, E23A</b></li> <li>▪ El agua humedece la acuarela y se produce la pintura. <b>E1A, E22A</b></li> <li>▪ El agua humedece la acuarela. <b>E6A, E8A, E10A, E12A, E14A, E16A, E17A, E25A, E26A, E27A, E30A</b></li> <li>▪ El agua moja la acuarela y el color se queda en el pincel y si se pasa el pincel por la hoja queda el color en la hoja. <b>E2A</b></li> <li>▪ El agua moja la acuarela. <b>E3A, E4A, E11A, E13A, E24A,</b></li> <li>▪ El agua moja la acuarela y logra que se convierta en un líquido de color. <b>E5A, E10B</b></li> <li>▪ El agua ayuda a que la acuarela pueda pintar bien y prolijo. <b>E7A</b></li> <li>▪ El agua moja la acuarela y hace que se pueda extender. <b>E31A, E5B</b></li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela y la convirtió de estado sólido en líquido. <b>E11B</b></li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela. <b>E19A, E12B</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua entra por las grietas de la acuarela. <b>E1B, E15B, E16B, E22B, E27B</b></li> <li>▪ El agua entra por las esquinas de la acuarela.. <b>E4B, E17B</b></li> <li>▪ El agua entra por los lados y por el centro de la acuarela. <b>E13B</b></li> <li>▪ La pintura se desintegra con el agua. <b>E2B, E6B, E9B, E23B, E25B</b></li> <li>▪ El agua se entervera con la acuarela y hace que pinte. <b>E21A</b></li> <li>▪ Al hacer contacto y mezclarse la acuarela con el agua puede pintar. <b>E29A, E3B, E18B, E19B, E26B, E28B, E31B</b></li> </ul> <p><b>1.3. Dan explicaciones microscópicas que incluyen una acuarela como polvo compacto</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua convierte la acuarela de estado sólido a estado líquido “soltando” sus átomos. <b>E21B</b></li> <li>▪ El agua disuelve la parte de la acuarela donde toca, esto es, algún elemento de la acuarela pasa al agua. <b>E14B</b></li> <li>▪ El agua separa el polvo que forma la acuarela. <b>E20B, E24B</b></li> <li>▪ El agua disuelve la acuarela mezclándose con el agua. <b>E29B, E30B</b></li> </ul>

## MÓDULO 2 PAPEL DEL PINCEL EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN

Items	Variable	Contenido
1.4	PIN	Capacidad de relación (↑ grosor del pelo del pincel, ↓ nº de pelos, ↓ superficie de contacto)
<p><b>2.1. No intentan relacionar o, si lo intentan no lo consiguen, los elementos de la cadena: grosor del pelo- nº de pelos- superficie.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ambos (el pincel de pelo fino y el grueso) extraen la misma cantidad de agua porque son iguales. <b>E9A</b></li> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque chupa más pintura, al tener los pelos más gruesos. <b>E2A, E7A, E10A, E11A, E18A, E25A, E29A</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque a lo mejor con el grueso nos salimos (de los límites pintados). <b>E3A, E12A, E13A, E19A, E31A</b></li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque lleva más cantidad de agua y de pintura, al ser más grueso. <b>E6A, E23A, E24A, E27A, E28A, E30A</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque deja los trazos más finos. <b>E4A, E5A, E20A, E26A</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puedo pintar mejor los bordes. <b>E1A, E8A, E14A, E15A</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque pinta más prolijo. <b>E16A, E17A, E21A, E22A</b></li> </ul> <p><b>2.2. Buscan hacer relaciones parciales dentro de la cadena ↑ grosor del pelo</b></p>		<p><b>= &gt; ↓ nº de pelos, = &gt; ↓ superficie de contacto. Dichas relaciones son incorrectas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel "grueso" es mejor porque tiene más pelos. <b>E4B, E10B, E11B, E12B, E13B, E15B, E23B, E26B, E28B, E31B</b></li> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque tiene más superficie. <b>E1B, E3B, E5B, E7B, E16B, E17B, E19B, E22B</b></li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque tiene más pelos. <b>E8B</b></li> </ul> <p><b>2.3. Hacen relaciones parciales dentro de la cadena ↑ grosor del pelo= &gt; ↓ nº de pelos, = &gt; ↓ superficie de contacto. Dichas relaciones son correctas. E2B, E6B, E9B, E14B, E18B, E25B, E27B, E30B</b></p> <p><b>2.4. Hacen la cadena de relaciones correctamente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más pelos y por lo tanto más superficie total que el de pelo grueso. <b>E20B</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más sitio entre los pelos y así saca más pintura. <b>E21B, E24B, E29B</b></li> </ul>

### MÓDULO 3 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR

Items	Variable	Contenido
1.5 – 1.6	AMA	Sólido granular/Dibujo y explicación
<p><b>3.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que se corresponden enteramente con la misma</b></p>		<p>sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntitos amarillos que representan las “partículas del agua que han agarrado la acuarela”. <b>E9A, E24A, E30A, E12B, E18B</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 1: Continuo amarillo-manchas:</i> Dibujo donde aparecen zonas amarillentas con distinta intensidad, que incluso pueden llegar a ser transparentes. Representa el agua más o menos coloreada, según la intensidad de la zona <b>E5A, E7A, E8A, E11A, E12A, E13A, E15A, E17A, E26A, E27A, E28A, E31A</b></li> <li>▪ <i>Modelo 2: Continuo amarillo:</i> Dibujo donde el amarillo se distribuye uniformemente por toda la gota. <b>E16A, E23A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 6: Continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar en el agua”:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos de distintas formas que representan “las partículas de todo lo que puede estar en el agua” (oxígeno, hidrógeno, microorganismos, cloro, partículas de acuarela) <b>E1A, E2A, E3A, E4A, E10A, E18A, E20A, E29A, E1B, E2B, E3B, E5B, E24B, E25B, E26B</b></li> </ul>
<p><b>3.2. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que no se corresponden enteramente con ella</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 7: Continuo transparente-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos amarillos que representan “las partículas de acuarela”. <b>E6A, E21A, E4B, E6B, E9B, E10B, E14B, E21B, E27B, E28B, E30B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 3: Continuo amarillo-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan puntitos que simbolizan los “trociitos de acuarela sin llegar a disolverse” <b>E14A, E19A, E22A, E7B, E8B, E11B, E13B, E15B, E16B, E17B, E19B, E22B, E23B, E31B</b></li> <li>▪ <i>Modelo 4: Continuo amarillo-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan puntitos que simbolizan partículas de acuarela”. <b>E25A</b></li> </ul>		<p><b>3.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo transparente de agua.</b></p>
<p><b>3.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 8: Puntos para el agua – puntos para la acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo indeterminado, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos se puede concebir que:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- no hay huecos. <b>E20B, E29B</b></li> </ul> </li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 5: Continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde,</li> </ul>		

## MÓDULO 4 REACCIONES ANTE LA CONTRAPRUBA DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR

Items	Variable	Contenido
1.7 – 1.14	AMP	¿Cómo concibe la disolución, incluso después de la contraprueba?
<p><b>4.1. Dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente con lo que perciben. La conservación de la cantidad de sustancia no les lleva a la necesidad de pintar la acuarela cuando todo se ve transparente.</b></p> <p>A pesar de reconocer que hemos echado algo de amarillo,</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Está conforme con hacer un círculo blanco para la ilustración 2 y continuos amarillos (Modelo 2) para las ilustr. 1 y 4. <b>E25A, E29A</b></li> <li>Continúa utilizando el Modelo 1 (Continuo amarillo-manchas) para todas las ilustraciones <b>E5A, E7A, E8A, E11A, E12A, E13A, E16A, E17A, E26A, E27A, E28A, E31A</b></li> </ul>		<p>puntos amarillos de acuarela sobre un fondo de agua transparente (Modelo 7) corrigiendo la ilustración 1 con este nuevo modelo. <b>E1A, E2A, E3A, E4A, E6A, E10A, E20A, E5B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comienzan haciendo continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela (Modelo5) pero continúan con puntos amarillos de acuarela sobre un fondo de agua transparente (Modelo 7) corrigiendo la ilustración 1 con este nuevo modelo. <b>E9A, E24A, E12B, E18B</b></li> <li>Comienza haciendo continuo amarillo-puntos amarillos de acuarela (Modelo 3) y continúa con el Modelo 4(continuo amarillo - puntos amarillos de agua y acuarela) para todas las ilustraciones. <b>E19A, E22A, E7B, E8B, E11B, E13B, E15B, E16B, E17B, E19B, E22B, E23B, E31B</b></li> </ul>
<p><b>4.2. Aún dominados por la percepción, hacen dibujos que no se corresponden enteramente con la misma. La conservación de la cantidad de sustancia les lleva a la necesidad de pintar amarillo cuando se ve transparente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Hace continuos amarillos manchados (Modelo 1) para todas las ilustraciones, incluso para la 2. <b>E15A</b></li> <li>Hace continuos amarillos (Modelo 2) para todas las ilustraciones, incluso para la 2. <b>E23A</b></li> <li>Pone puntos de acuarela sobre un fondo amarillo para la ilustración 1 (Modelo 3) y deja sólo los continuos amarillos (Modelo 2) para el resto de las ilustraciones (“sólo hay trocitos de acuarela sin disolver en el vaso A porque en los demás hay muy poco y ya está disuelto”). <b>E14A</b></li> <li>Modelo 4(continuo amarillo - puntos amarillos de agua y acuarela) para todas las ilustraciones. <b>E18A, E30A</b></li> </ul>		<p><b>4.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos con fondos transparente con puntos amarillos “aunque a simple vista lo veamos todo amarillo</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sigue utilizando el Modelo 6 (continuo transparente – puntos diversos de cosas que están en el agua) para todas las ilustraciones. <b>E1B, E2B, E3B, E24B, E25B, E26B</b></li> <li>Siguen utilizando el Modelo 7 (continuo transparente – puntos amarillos para la acuarela) para todas las ilustraciones. <b>E21A, E4B, E6B, E9B, E10B, E14B, E21B, E27B, E28B, E30B</b></li> </ul>
<p><b>4.3. En un principio, no transforman nada los datos pero la contraprueba les lleva a hacerlo en mayor o menor extensión corrigiendo su ilustración 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comienzan haciendo continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar en el agua”: (Modelo 6): pero continúan con</li> </ul>		<p><b>4.5. Desde un principio transforman en cierta medida los datos perceptivos, pero esa capacidad de transformación evoluciona con la contraprueba lo que les lleva a corregir sus primeros dibujos</b></p> <p><b>4.6. Desde un principio, transforman los datos perceptivos, incluso para el fondo transparente del agua.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – fondo lleno) para todas las ilustraciones. <b>E20B, E29B.</b></li> </ul>

**MÓDULO 5 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SOLUTO LÍQUIDO A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.18	VER	Solutos líquidos/Disolventes a distintas temperaturas/Dibujos
<p><b>5.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que corresponden con la misma.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantiene el esquema de dibujar sobre un fondo transparente y puntos verdes de agua y colorante (Modelo 5). Este mismo esquema es utilizado independiente de la temperatura del agua. <b>E12B</b></li> <li>▪ Mantiene el esquema de dibujar sobre un fondo transparente representando al agua, formas diversas que representan “todas las cosas que pueden estar en el agua” y también partículas de colorante verde (Modelo 6). Este mismo esquema es utilizado independiente de la temperatura del agua. <b>E1B, E2B, E3B, E18B, E24B</b></li> <li>▪ Mantiene su Modelo 7 utilizado ya en la disolución de sólido granular, realizando dibujos donde, sobre un fondo transparente de agua, destacan puntos verdes que representan “las partículas de colorante” <b>E21A, E4B, E6B, E9B, E10B, E27B, E28B, E30B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) para el agua caliente, y continuos manchados de verde (Modelo 1) para el agua templada y fría. Representan en todos los casos el agua más o menos coloreada, según la intensidad de la zona. <b>E4A, E5A, E6A, E7A, E8A, E11A, E15A, E16A, E18A, E19A, E20A, E23A, E25A, E28A, E29A, E31A</b></li> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) independientemente de la temperatura, por estar eligiendo zonas pequeñas manchadas de verde. <b>E12A, E13A, E14A, E17A, E26A, E27A</b></li> </ul>		
<p><b>5.2. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación.</b></p>		<p><b>5.4. La necesidad les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo de agua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por primera vez hacen dibujos donde consideran necesario transformar el fondo que pasa de ser agua a algo más indefinido para explicar la diferencia de comportamientos con la temperatura. Pasan por tanto, de tener un Modelo 7 (fondo de agua – puntos de colorante) a tener un Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para el colorante – algo). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido: <ul style="list-style-type: none"> <li>- lleno de más agua. <b>E14B, E21B</b></li> </ul> </li> <li>▪ Mantiene su esquema anterior de considerar la disolución como formada por partículas de agua – partículas de colorante – algo (Modelo 8). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido: <ul style="list-style-type: none"> <li>- sin huecos. <b>E20B, E29B</b></li> </ul> </li> </ul>
<p><b>5.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes de agua.</b></p>		<p><b>5.5. La necesidad y/o el conocimiento previo les lleva a admitir el espacio vacío.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizan dibujos continuos manchados de verde (Modelo 1), independientemente de la temperatura y de la percepción, considerando que el microscopio probablemente vería zonas blancas aunque aparentemente lo vea todo verde. <b>E1A, E2A, E9A, E22A, E24A</b></li> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) para el agua caliente, pero pasan a hacer dibujos donde representan puntos verdes de colorante que no se han disueltos en el seno de un continuo verde (Modelo 3) para el agua fría y para el agua templada. <b>E10A, E5B, E7B, E8B, E13B, E15B, E23B, E25B, E26B, E31B</b></li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambia el Modelo 3 (fondo continuo, partículas de acuarela) por dibujos con fondo transparente y puntos verdes de agua y colorante (Modelo 5). El número de puntos aumenta al aumentar la temperatura. <b>E3A, E30A, E11B, E16B, E17B, E19B, E22B</b></li> </ul>		

**MÓDULO 6 EXPLICACIÓN DE LAS DISTINTAS VELOCIDADES DE DISOLUCIÓN A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.15-1.17	TEM	Soluto líquido/Disolvente a distintas temperaturas/Explicación verbal
<p><b>6.1. La explicación no pasa de ser una descripción de los hechos observados (Nivel de legalidad exclusivamente).</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se reparta mejor. <b>E5B, E7B, E9B, E10B, E11B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Al aumentar la temperatura el color se difumina más, el color pesa más.</li> <li>▪ En el agua caliente el color se diluye más. <b>E4A, E14A, E15A, E19A, E22A, E23A, E24A,</b></li> <li>▪ El agua caliente facilita que se disuelva el colorante. <b>E5A, E6A, E20A, E29A</b></li> <li>▪ En agua caliente se colorea más rápido <b>E1A, E3A, E7A, E8A, E10A, E11A, E12A, E13A, E21A, E25A, E26A, E27A, E30A</b></li> <li>▪ En agua caliente se disuelve más cantidad de color <b>E2A, E9A, E16A, E17A, E18A, E28A, E31A</b></li> </ul>		<p><b>6.3. La explicación se fundamenta en la división en partículas de la gota de colorante. (Nivel macroscópico – microscópico)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se divida más rápidamente. <b>E6B, E14B, E18B, E20B, E21B</b></li> <li>▪ La gota se divide en partículas. El número de partículas aumenta con la temperatura. <b>E24B</b></li> <li>▪ La gota de colorante se divide más pronto con el calor. <b>E25B, E27B, E28B, E29B, E30B</b></li> </ul>
<p><b>6.2. Se da una explicación causal que puede ser más o menos válida, pero que permanece en el plano macroscópico (nivel macroscópico exclusivamente)</b></p>		<p><b>6.4. La explicación se fundamenta tanto en las partículas del agua como en las del colorante (Nivel explicativo macroscópico-1)</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido. <b>E1B</b></li> <li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido y vaya soltando el tinte (color). <b>E8B, E17B, E19B, E22B</b></li> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se extienda más rápidamente. <b>E2B, E3B, E4B, E12B, E23B, E26B, E31B</b></li> <li>▪ El calor hace que la gota se mueva más y deje mejor color. <b>E13B, E15B, E16B</b></li> </ul>		<p><b>6.5. La explicación se fundamenta en las partículas del agua exclusivamente. No obstante, no coincide con la interpretación académicamente aceptada (Nivel explicativo microscópico 2)</b></p> <p><b>6.6. Las explicaciones se fundamentan en la velocidad de las moléculas del agua. Esta explicación es aceptada académicamente (Nivel explicativo microscópico 3)</b></p>

**MÓDULO 7**

**MEZCLA ALCOHOL – AGUA: PREVISIONES**

Items	Variable	Contenido
2.1 – 2.4	ALA	Disolución líquido-líquido con disminución del volumen aparente/previsiones del peso y de la altura al agitar
<p>7.1. Imaginan que al agitar el alcohol y el agua quedará todo mezclado... Las previsiones de la altura y el peso indican generalmente una indiferenciación de estos conceptos.</p>		<p><b>E7A, E8A, E9A, E16A, E22A, E23A, E25A, E28A, E31A</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La mezcla será más grande y más pesada. <b>E10A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Van a ser iguales ya que la presión y la temperatura no cambian. <b>E24A</b></li> <li>▪ No cambian porque al ser igual la presión no va a modificar las cantidades de cada uno Porque el tubo se encuentra cerrado y no libera nada al exterior. <b>E14A, E15A</b></li> </ul>
<p>7.2. Piensan que al agitar el alcohol y el agua se quedará todo mezclado y se producirá un calentamiento de la mezcla y una dilatación. La altura aumenta y el peso no cambia.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porque al estar tapado el alcohol no se evapora. <b>E11A, E17A</b></li> <li>▪ Porque se han mezclado pero las cantidades siguen siendo las mismas <b>E6A, E21A</b></li> </ul>
<p>7.3. La experiencia les evoca la mezcla de dos líquidos inmiscibles, tales como aceite y agua. Prevén el mismo peso y la misma altura.</p>		<p><b>7.5 Hacen una previsión coincidente con lo que sucederá, considerando que todo quedará mezclado con el mismo peso pero menor altura,</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua es más densa y quedará abajo. <b>E1A, E12A, E13A, E18A, E20A, E29A, E10B</b></li> <li>▪ El alcohol es más denso y quedará abajo. <b>E26A, E27A, E30A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El alcohol bajará, disminuye la altura...pero el peso no cambia. <b>E1B, E2B, E3B, E4B, E5B, E6B, E7B, E8B, E9B, E16B, E17B, E18B, E22B, E23B, E25B, E30B.</b></li> </ul>
<p>7.4. La experiencia les evoca la mezcla normal de dos líquidos miscibles. Prevén el mismo peso y la misma altura.</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las partículas de alcohol bajan...se meten entre las del agua. <b>E11B, E13B, E15B, E19B, E24B, E26B, E27B, E31B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Quedará todo mezclado con el mismo peso y la misma altura. <b>E2A, E19A, E3A, E4A, E5A,</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Surgen enlaces entre las partículas de agua y de alcohol. <b>E20B, E21B, E29B</b></li> <li>▪ El alcohol se evapora por el calor que genera la agitación. <b>E12B</b></li> <li>▪ El alcohol cambia de estado, pasa a gas. <b>E14B, E28B.</b></li> </ul>

**MÓDULO 8**

**DIFERENCIACION PESO - ALTURA**

<b>Items</b>	<b>Variable</b>	<b>Contenido</b>
2.7 – 2.8	PAL	Predicción del peso al observar una disminución del volumen en la mezcla del alcohol y del agua
<b>8.1. No conservan el peso, bien porque carezcan de esta capacidad o bien porque se dejan llevar por la perturbación.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Disminuirá porque ahora hay menos cantidad <b>E10A, AE26 BE10</b></li></ul>		<b>E30A, E31A, E1B, E2B, E3B, E4B, E5B, E6B, E7B, E8B, E9B, E11B, E12B, E14B, E15B, E16B, E17B, E18B, E19B, E22B, E23B, E24B, E25B, E27B, E28B, E30B, E31B</b>
<b>8.2. Conservan el peso, a pesar de la perturbación, utilizando el mecanismo de la identidad de sustancia.</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ El peso no cambiará porque no entra ni sale nada. <b>E1A, E4A, E5A, E6A, E7A, E11A, E12A, E14A, E15A, E16A, E17A, E18A, E20A, E21A, E22A, E25A, E27A, E28A,</b></li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>▪ No cambia porque es la misma cantidad de partículas <b>E20B, E21B, E29B</b></li><li>▪ No porque no aumenta el volumen de la sustancia <b>E2A, E3A, E8A, E9A, E13A, E23A, E24A, E29A</b></li><li>▪ No cambia porque la presión y la temperatura no varía <b>E19A, E13B, E26B</b></li></ul>



**MÓDULO 9 REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL ALCOHOL Y EL AGUA**

Items	Variable	Contenido
2.5, 2.6, 2.9, 2.10 y 2.11	ALP	Imagen del agua y del alcohol derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/ Dibujos y explicaciones verbales
<p><b>9.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de legalidad.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua como “gotitas de agua en un fondo de agua” y el alcohol como “los componentes del alcohol en un fondo de agua” (ambos se diferencian sólo en sus componentes). En la mezcla están las gotitas de agua y los componentes del alcohol en un fondo de agua. <b>E5A, E22A, E26A, E31A</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hacen círculos continuos tanto para el alcohol como para el agua (a veces introducen pompas o burbujas visibles de alcohol, que no intervienen en el proceso). No hay explicación o ésta consiste en considerar “que el alcohol se va para abajo” <b>E4A, E7A, E8A, E16A, E17A, E18A, E19A, E23A, E24A, E25A, E29A.</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua como “partículas de agua en un fondo de agua” y el alcohol como “partículas de alcohol en un fondo de alcohol”. En la mezcla están las partículas del agua y del alcohol mezcladas en un fondo de agua y alcohol. <b>E6A, E9A, E21A, E30A, E1B, E2B, E3B, E4B, E5B, E10B, E11B, E12B, E13B, E14B, E15B, E16B, E17B, E18B, E19B, E22B, E23B, E24B, E26B, E27B, E28B, E30B, E31B</b></li> </ul>
<p><b>9.2. Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento de la misma para dar una explicación a la disminución de altura</b></p>		<p><b>9.4. Hay cierta transformación de los datos que resulta útil para explicar de forma artificiosa la disminución de la altura.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja al agua “con huecos en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas del alcohol se meten dentro de los huecos del agua. <b>E9B, E20B</b></li> <li>▪ Dibuja el agua con “partículas de agua en un fondo de agua más disuelta” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo de alcohol más disuelto”. Al agitarlos, algunas partículas de alcohol quedan absorbidas dentro de las del agua <b>E6B, E21B, E29B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua “como un continuo de agua con huecos de oxígeno” y el alcohol como un “continuo de alcohol”. Al mezclarlos consideran que el alcohol se mete en los huecos de oxígeno y éste se va para arriba. <b>E1A, E11A, E28A</b></li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua con huecos vacíos” y el alcohol como un “continuo de alcohol y burbujas” (que intervienen en el proceso). Al mezclarlos el alcohol se mete en los huecos vacíos del agua. <b>E2A, E3A, E12A, E13A, E7B</b></li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua” y el alcohol como un “continuo de alcohol con pompitas vacías”. Al mezclarlos las pompitas vacías de alcohol se llenan de agua. <b>E14A</b></li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua con burbujas huecas” y el alcohol como un “continuo de alcohol con burbujas huecas”. Algunas burbujas explotan al agitar el tubo. <b>E10A, E15A, E20A, E27A, E8B, E25B</b></li> </ul>		<p><b>9.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer un modelo común para ambas sustancias que además les permite dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto.</b></p> <p><b>9.6. La necesidad de explicar la experiencia les lleva, por primera vez, a admitir espacios vacíos entre las partículas.</b></p> <p><b>9.7. Explican la experiencia con un modelo previamente construido antes de la entrevista o durante la misma.</b></p>
<p><b>9.3. Hay cierta transformación de los datos, aunque ésta no sea lo suficientemente elaborada como para constituir un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o al menos no se sabe reaccionar ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b></p>		

**MÓDULO 10**

**PREDICCIÓN DE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL COLOREADOS**

Items	Variable	Contenido
2.12	ACA	¿Va a ocurrir lo mismo que sin color?/Resistencia a los huecos/Explicación verbal
<p><b>10.1. No ocurre lo mismo: el peso no cambia pero la altura ya no baja o baja menos.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El color hace de barrera para que el agua entre y pueda romper las burbujas huecas de alcohol. Puede que exploten algunas y entonces bajará un poco. <b>E20A</b></li> <li>▪ La pintura ocupa el lugar del oxígeno (huecos recién concebidos en el seno del agua continua – o en el seno del agua y del alcohol). <b>E11A</b></li> <li>▪ Algunas burbujas (vacías en el seno de continuos) están llenas de colorante y bajará menos la altura. <b>E19A</b></li> <li>▪ El colorante llena los huecos (acaba de concebirlos como vacíos) de las de agua y ya no pueden volver a ocuparse con las de alcohol. <b>E12A, E23A</b></li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El colorante ocupará los huecos recién contruidos del alcohol y del agua y bajará menos altura. <b>E16A</b></li> <li>▪ La altura aumenta porque se introduce otra cantidad de materia. <b>E4A, E22A, E26A, E5B</b></li> <li>▪ La altura aumentará porque estoy agregando otro reactivo (sustancia). <b>E5A, E7A, E8A, E10A, E10B</b></li> </ul> <p><b>10.2. Sí ocurre lo mismo: el peso no cambia y la altura baja lo mismo. E1A, E2A, E3A, E6A, E9A, E13A, E14A, E15A, E17A, E18A, E21A, E24A, E25A, E27A, E28A, E29A, E30A, E31A, E1B, E2B, E3B, E4B, E6B, E7B, E8B, E9B, E11B, E12B, E13B, E14B, E15B, E16B, E17B, E18B, E19B, E20B, E21B, E22B, E23B, E24B, E25B, E26B, E27B, E28B, E29B, E30B, E31B</b></p>

**MÓDULO 11**

**REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL COLOREADOS**

Items	Variable	Contenido
2.13	ACP	Imagen del agua y el alcohol coloreados derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/Dibujos y explicaciones verbales.

**11.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos o es una explicación de compromiso.**

- Hacen círculos continuos coloreados tanto para el alcohol azul como para el agua roja y para la mezcla (aunque a veces, ponen encima pompas o burbujas visibles de alcohol, que no intervienen en el proceso). No hay explicación o ésta se limita a considerara que el alcohol se va para abajo y así baja la altura (como si se comprimiera) **E19A**
- Hacen círculos continuos coloreados tanto para el alcohol azul como para el agua roja y para la mezcla (aunque a veces, ponen encima pompas o burbujas visibles de alcohol, que no intervienen en el proceso). Hay explicación de compromiso. **E1A, E2A, E3A, E4A, E7A, E8A, E16A, E17A, E18A, E20A, E24A, E25A, E26A, E28A, E29A**

**11.2. Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento percibido para dar una explicación a la disminución de la altura. E23A**

- Conciben el agua como “un continuo de agua roja con huecos de oxígeno” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul”. Al mezclarlos, consideran que el alcohol azul se mete en los huecos de oxígeno y que éste se va para arriba. **E11A**
- Conciben el agua como “un continuo de agua roja con huecos vacíos” y el alcohol como “un continuo de agua azul con burbujas” (éstas últimas no intervienen en el proceso). Al mezclarlos el alcohol azul se mete en los huecos vacíos del agua. **E10A, E13A, E7B**
- Conciben el agua como “un continuo de agua roja” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con pompitas vacías”. Al mezclarlos, las pompitas vacías del alcohol se llenan de agua roja. **E19B**
- Conciben el agua como “un continuo de agua roja” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con burbujas huecas”. Al agitar, algunas burbujas explotan. **E14A**
- Conciben el agua como “un continuo de agua roja con burbujas huecas” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con burbujas huecas”. Al agitar, algunas burbujas se rompen. **E12A, E15A, E27A, E8B, E25B**

**11.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos, no reaccionando ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.**

- Concibe el agua con “partículas rojas de colorante y un continuo de agua roja” y el alcohol con “partículas azules de colorante en un continuo de alcohol rojo”. En la mezcla están todas las partículas de colorante en el fondo del agua roja y del alcohol azul. La explicación consiste en decir que el alcohol baja y así ocupa menos. **E1B, E3B, E13B, E15B, E16B, E29B**
- Concibe el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas de alcohol azul se meten dentro de rojas de agua. Los fondos mezclados de agua roja y alcohol azul. **E22A, E31A, E2B, E4B, E10B, E11B, E24B, E26B**
- Concibe el agua con “partículas de agua y fondos vacíos” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. Al agitar las partículas de alcohol se meten en los huecos de las partículas del agua roja. El fondo queda de alcohol azul. **E6A, E30A, E12B**
- Concibe el agua con “partículas rojas en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación a la disminución de altura, o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura. **E9A, E21A, E17B, E18B, E23B, E27B, E28B, E30B, E31B**

**11.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. No hay explicación o ésta recurre a respuestas de compromiso o a artificios.**

- Concibe el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas de

colorante se llenan de agua. Los fondos se mezclan. **E5B, E21B**

- Conciben el agua con “gotitas de agua y partículas de colorante rojo en un fondo de agua” y el alcohol con los “componentes del alcohol y las partículas del colorante azul en un fondo de agua”. Al agitar todas las partículas quedan mezcladas y el fondo de agua. No hay explicación. **E5A**
- Concibe el agua con “partículas de agua roja en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. En la mezcla todas las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación. **E6B, E14B, E20B**
- Conciben el agua con “partículas de colorante rojo en fondo de agua” y el

alcohol con “partículas de colorante azul en un fondo de alcohol”. En la mezcla todas las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación. **E9B, E22B**

**11.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar un modelo común para ambas sustancias que además les permite dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto (fondos de gas o de sustancia etérea)**

**11.6. La necesidad de explicar la experiencia les lleva a seguir admitiendo espacios vacíos entre las partículas (ya se concebían en la mezcla de alcohol y agua).**

**MÓDULO 12**

**PESO DEL AIRE**

Items	Variable	Contenido
3.1, 3.2	PAI	Peso del aire en el interior de un globo/ Predicciones y reacción ante la constatación de una balanza/ Explicaciones verbales.
<p><b>12.1. No concibe el peso del aire. Antes y después de la constatación empírica. Piensa que la causa del incremento de la medida de la balanza es el aumento del volumen del globo.</b></p>		<p><b>constatación empírica ellos llegan por sí mismos a admitir que el aire pesa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no pesa. Después del uso de la balanza, piensan que el aire pesa, poco pero pesa. <b>E1A</b></li> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no pesa. Después del uso de la balanza dicen que “el aire de adentro pesa porque es distinto del aire normal”. <b>E5A</b></li> </ul>
<p><b>12.2. En un principio no concibe el peso del aire. Después de la constatación empírica pueden llegar a admitirlo pero mantienen sus dudas al respecto.,</b></p>		<p><b>12.4. Conciben el peso del aire pero no creen que éste sea detectado por la balanza. Después de la constatación empírica reconocen el error en su estimación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire del interior pesa algo pero, tan poco, que no se notará en la balanza. <b>E2A, E4A, E7A, E8A, E10A, E14A, E15A, E16A, E17A, E19A, E22A, E24A, E25A, E27A, E28A, E29A, E31A, E1B, E2B, E3B, E6B, E9B, E11B, E12B, E13B, E23B</b></li> </ul> <p><b>12.5. Conciben el peso del aire y confirman su predicción al constatarlo empíricamente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes del uso de la balanza prevén que el aire del interior del globo pesa. <b>E4B, E5B, E7B, E8B, E10B, E14B, E15B, E16B, E17B, E18B, E19B, E20B, E21B, E22B, E24B, E25B, E26B, E27B, E28B, E29B, E30B, E31B</b></li> </ul>
<p><b>12.3. En un principio no conciben el peso del aire. Sin embargo después de la</b></p>		

MÓDULO 13		IMAGEN DEL AIRE
Items	Variable	Contenido
3.3 a 3.6	AAN	Imagen del aire antes y después de jugar con la jeringa y comprobar la alta compresibilidad/ Dibujos y explicaciones verbales.
13.1. Conciben el aire continuo. La compresibilidad del aire no les lleva a inferir ningún aspecto de discontinuidad.		después. <b>E9A, E13A, E21A, E1B, E2B, E3B, E18B, E27B, E28B, E31B</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Conciben el aire como continuo tanto más fuerte cuanto más comprimido esté. La única explicación se da en el nivel de la legalidad. “el aire está más difumado antes y más comprimido después”. <b>E1A, E2A, E3A, E4A, E6A, E8A, E14A, E15A, E16A, E17A, E19A, E23A, E24A, E26A, E27A, E28A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja continuos de aire con partículas de aire sobre los mismos. Dichas partículas están más separadas antes y más cercanas después. <b>E10A, E22A, E29A, E30A, E4B, E5B, E14B, E15B, E17B, E19B, E23B, E24B, E26B</b></li> <li>Concibe “partículas del polvo del aire” con un fondo de aire. Dichas partículas están más separadas antes y más cercanas después. <b>E8B, E16B</b></li> <li>Conciben partículas de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, motas de polvo, todo lleno de partículas de gases que están más separadas antes y más unidas después de la compresión del aire. <b>E11A, E6B, E7B</b></li> </ul>
13.2. Conciben el aire continuo pero introducen “aspectos de discontinuidad” para explicar la compresibilidad del aire.		<b>13.4. Hay una transformación de los datos (partículas sobre fondos etéreos) lo que les lleva a adquirir un sistema explicativo coherente con la resistencia del vacío.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja continuos con manchas que representan las partículas del aire: “Hay partículas más esparcidas (rayas) y otras menos esparcidas (círculos)”. Todo está compactado después de comprimirlo. <b>E5A, E18A</b></li> <li>Dibuja continuos con círculos muy difuminados que representan “los huecos, las cosas del aire y cuando se aprieta el globo esas cosas ya no están”. <b>E7A, E12A, E20A</b></li> <li>Dibuja continuos con huecos que al apretar el globo se van a llenar con el aire de abajo que irá a ocuparlos. <b>E25A, E31A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas y más pequeñas y ya no quedan huecos. <b>E9B, E12B, E21B, E22B, E29B, E30B</b></li> <li>Dibuja partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas. <b>E10B, E11B, E13B, E20B</b></li> </ul>
13.3. Introducen elementos de discontinuidad (partículas sobre fondos continuos de aire) pero éstos no forman un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos de aire.		<b>13.5. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío necesario (partículas – vacío)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja continuos de aire con “puntitos de aire” sobre los mismos. Dichos puntitos están más separados antes y más cercanos</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Dibuja partículas de aire y dice que no puede haber nada más. <b>E25B</b></li> </ul>
		<b>13.6. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío y con movimiento necesario (partículas, vacío y movimiento).</b>

**MÓDULO 14**

**IMAGEN DEL AIRE Y DEL AGUA AL COMPARAR LAS DISTINTAS COMPRESIBILIDADES**

Items	Variable	Contenido
3.7 a 3.9	APO	Imagen del aire y del agua después de experimentar sus distintas compresibilidades/ Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>14.1. Conciben ambas sustancias continuas. La explicación de las distintas compresibilidades radica en la propia naturaleza de las sustancias</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ No cambian sus concepciones anteriores, esto es, la experiencia de compresibilidad no modifica sus esquemas continuos ni del aire ni del agua. <b>E4A, E8A, E16A, E17A, E19A, E22A, E23A, E24A, E26A</b></li> <li>▪ No cambian sus concepciones anteriores, esto es, la experiencia de compresibilidad no modifica sus esquemas continuo del agua y continuo con huecos del aire. <b>E25A</b></li> <li>▪ Retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, al sentir la necesidad de que entrara el alcohol. El aire no cambia y sigue siendo concebido como continuo. <b>E3A, E28A</b></li> <li>▪ Retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, al sentir la necesidad de que entrara el alcohol. El aire no cambia y sigue siendo concebido como continuo con huecos. <b>E7A</b></li> </ul>	<p>aire, sustituye su continuo con manchas representando partículas por “continuo con huecos de oxígeno”. En el caso del agua sustituye su modelo de “partículas/agua” por el mismo de “continuo con menos huecos de oxígeno”. En este último caso del agua quedan menos huecos y por eso es menos compresible (aunque la experiencia mostraba que no es nada compresible). <b>E21A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire, introduce “huecos” para el aire, los cuales son añadidos al continuo previamente concebido. Para el agua sigue manteniendo su modelo “continuo con burbujas huecas” que son menos que para el aire, lo que explica su distinta compresibilidad. <b>E1A, E2A, E18A, E20A, E27A</b></li> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente había concebido el aire como un continuo y el agua con partículas en un fondo de agua, para el aire agrega huecos pero para el agua retrocede a un modelo continuo. <b>E6A</b></li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. En el caso del aire, sustituye su continuo con puntos por “continuo con huecos de oxígeno”. En el caso del agua mantiene su modelo de continuo con huecos. En este último caso del agua quedan menos huecos y por eso es menos compresible (aunque la experiencia mostraba que no es nada compresible). <b>E13A, E14A</b></li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. El aire de continuo pasa a continuo con huecos y retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, eliminando los huecos. <b>E15A</b></li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. El aire de continuo con puntos pasa a continuo con huecos y retrocede en su concepción del agua para la que había llegado anteriormente a una imagen de huecos en un continuo, eliminando los huecos. <b>E29A</b></li> </ul> <p><b>14.3. Se alcanzan modelos más elaborados (discontinuos aparentes) para una de las dos sustancias. La otra sigue siendo continua. La sustancia continua se comporta así por su</b></p>
<p><b>14.2. Ajustan sus modelos inestables hasta el momento a las nuevas experiencias de compresibilidad, alcanzando modelos continuos con huecos solamente para el aire (y agua continua) o modelos continuos con huecos para ambas sustancias.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire introducen “huecos” solamente para el aire, los cuales son añadidos al continuo previamente concebido. El agua sigue siendo continua.</li> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente llegó a concebir modelos continuos/huecos tanto para el aire como para el agua, elimina los “huecos” del agua quedando para ésta un modelo “continuo” y dejando para el aire el modelo anteriormente concebido de un “continuo/huecos”. <b>E12A</b></li> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente había concebido el aire como un continuo con huecos y el agua con gotitas de agua en un fondo de agua, deja el mismo modelo para el aire, pero para el agua retrocede a un modelo continuo. <b>E31A</b></li> <li>▪ Cambia sus concepciones para acoplarlas a las nuevas experiencias. En el caso del</li> </ul>	

**propia naturaleza. Para la “discontinuidad aparente” se hace una transposición de la propiedad macroscópica a los fondos microscópicos.**

- Se mantiene para el aire el modelo “partículas/vacío gaseoso” anteriormente concebido. En cambio, para el agua se eliminan los huecos de su modelo “continuo con burbujas” quedando un modelo continuo para ésta.” **E10A, E8B**
- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/otros gases” y para el agua “continuo”. **E5A, E11A**
- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “continuo/part de aire” y para el agua “partículas/agua”. **E30A, E14B, E16B, E17B, E19B, E23B, E26B, E27B, E28B, E31B**
- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo partículas con fondo etéreo” y para el agua “continuo con partículas” pegando unas con otras”. **E9A, E22B**
- Se mantiene para el aire el modelo “partículas/vacío gaseoso” anteriormente concebido y para el agua “partículas fondo de agua”. **E30B**

**14.4. Se alcanzan modelos “discontinuos aparentes” para ambas sustancias, esto es, se hace una transposición de las propiedades observadas a los fondos de las partículas. Las explicaciones se basan en la naturaleza de los fondos.**

- Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/aire” y para el agua “partículas/agua”. **E6B, E24B**
- Se mantiene el modelo “partículas/agua” para el agua pero en el caso del aire se salta desde un modelo “continuo” a otro de “partículas/aire” **E1B, E2B, E3B, E4B, E5B, E15B, E18B,**
- Se mantiene el modelo “partículas/gas” tanto para el aire como para el agua pero introduciendo la salvedad de que las partículas en el agua están ya rozando unas con otras.
- Se mantiene el modelo “partículas /oxígeno” para el aire. En cambio para el agua se hace una pequeña modificación pasando de un modelo continuo/huecos vacíos a continuo/partículas **E7B,**
- Se mantienen el modelo anteriormente concebido para el aire: modelo

“partículas/con huecos” y para el agua, modelo “agua con huecos en fondo de agua” se eliminan los huecos. **E9B, E21B,**

- Se mantienen el modelo anteriormente concebido para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/con huecos” y para el agua, modelo “partículas en fondo de agua” **E10B, E11B, E12B, E13B**

**14.5. Se alcanzan modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para el aire. El agua sigue siendo discontinua aparente (partículas/fondo lleno). Las explicaciones intentan ser algo más elaboradas que la mera transposición al nivel microscópico.**

- Cambia sus modelos tanto del aire como del agua para ajustarlos a las nuevas experiencias. En el caso del aire pasa de concebir “partículas/sin huecos” a “partículas/huecos”. En el caso del agua pasa de concebirla “continua” a un nuevo modelo de “partículas/líquido”. **E25B**
- Se mantiene el modelo de “partículas/huecos vacíos” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/huecos vacíos” a “partículas sin huecos”. **E20B**
- Se mantiene el modelo de “partículas/huecos” para el aire y en el agua “partículas/fondo de agua”. **E29B**

**14.6. Se mantiene los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, a pesar de que no constituyan un sistema lo suficientemente explicativo como para dar cuenta de las distintas compresibilidades. Explicaciones bloqueadas.**

**14.7. Se mantienen los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, introduciendo estrategias o disposiciones que explican las distintas compresibilidades. Explicaciones desbloqueadas,**

**14.8. Se alcanzan modelos discontinuos avanzados (partículas/vacío/fuerzas) para ambas sustancias, lo que se deduce como una necesidad derivada de las diferentes compresibilidades**

**14.9. Desde un principio se concibe un modelo discontinuo común para ambas sustancias con la existencia de fuerzas entre partículas y movimiento de las mismas.**



MÓDULO 15

GAS COLOREADO

Items	Variable	Contenido
3.10 a 3.11	GCO	¿Cómo es posible que el gas coloreado ocupe todo el recipiente, aún después de sacar parte del mismo?/Imagen del gas coloreado/ Dibujos y explicaciones verbales.
<b>15.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hacen dibujos continuos naranjas más o menos intensos, según la cantidad de gas. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos (gas más expandido y gas más comprimido). <b>E1A, E2A, E3A, E4A, E5A, E6A, E7A, E8A, E9A, E12A, E16A, E17A, E18A, E20A, E23A, E24A, E25A, E26A, E27A, E28A, E29A, E31A</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>E3B, E5B, E6B, E8B, E11B, E22B, E23B, E26B</b></li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de vacío gaseoso o de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas.. <b>E1B, E2B, E4B, E17B, E19B, E21B, E27B, E30B</b></li> </ul>
<b>15.2. Aún dominados por la percepción, introducen algún elemento de discontinuidad para dar una explicación a la compresibilidad del gas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas coloreado como un continuo con huecos que explican la compresibilidad del mismo. <b>E10A, E11A, E13A, E14A, E15A, E19A, E21A, E22A, E30A</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de oxígeno y partículas de color en un fondo de oxígeno. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>E13B, E18B</b></li> </ul>
<b>15.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos (partículas) novedosos. La explicación se da en el nivel de la legalidad, de manera que las partículas no son protagonistas del comportamiento del gas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado íntegramente por partículas naranjas más o menos disueltas en un fondo de partículas más disueltas. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. <b>E31B</b></li> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado por partículas de aire coloreado en un fondo de la misma naturaleza. Al sacar gas, quedan menos partículas y también un fondo más claro. <b>E10B</b></li> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado por partículas de aire en un seno de “nada” coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. También queda menos “nada” coloreado. <b>E25B</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire naranja en un fondo de oxígeno. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>E7B, E28B</b></li> </ul>
<b>15.4. Transforman los datos perceptivos, lo que lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la hinchazón de las partículas.</b>	<b>15.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la disminución y separación de las partículas. Se evita aceptar el vacío en la materia.</b>	<b>15.6. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas y vacío necesario. Se explica el comportamiento del gas con la disminución y separación de las partículas.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas naranja y nada más. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>E15B</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>E20B</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de oxígeno y partículas de gas naranja en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>E24B, E29B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. En el gas comprimido no hay huecos. <b>E9B</b></li> </ul>	<b>15.7. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas, vacío, fuerzas y/o movimiento necesario</b>	



*Anexo*

4

***CATEGORÍAS EMPÍRICAS  
DE LOS ESTUDIANTES  
UNIVERSITARIOS***



**MÓDULO 1**

**PAPEL DEL AGUA EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN**

Items	Variable	Contenido
1.1–1.3	AGA	Sólido granular/explicación de la disolución
<p><b>1.1. Dan explicaciones en el nivel de legalidad. No hay ninguna intención de concebir microscópicamente</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Puede que haya agujeritos en la acuarela pero no lo creo. El agua debe ir separando el polvo, erosionándolo. <b>U16B,</b></li> <li>▪ El agua convierte la acuarela de estado sólido a estado líquido “soltando” sus átomos. <b>U7B, U11B</b></li> <li>▪ El agua disuelve la parte de la acuarela donde toca, esto es, algún elemento de la acuarela pasa al agua. <b>U17B, U23B</b></li> <li>▪ El agua disuelve las partículas de pintura, se mezcla con la acuarela y la pintura se ablanda. <b>U14A, U9B, U26B, U28B</b></li> <li>▪ El agua disuelve las partículas sólidas de acuarela mezclándose con las partículas de agua. <b>AU22 U6B, U8B, U29B</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua va ablandando la pintura y lo hace mojóndola, disolviéndola, etc. <b>U26A, U30A</b></li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela y la convirtió de estado sólido en líquido. <b>U1A, U3A, U4A, U16A, U17A, U18A, U20A, U27A</b></li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela, es decir, el agua actuó como disolvente y la acuarela como soluto <b>U2A, U10A</b></li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela <b>U6A, U7A, U9A, U23A, U24A, U25A, U28A</b></li> <li>▪ La acuarela reacciona con el agua <b>U8A, U12A, U21A</b></li> <li>▪ El agua diluyó la acuarela ya que al ser tan espesa no se podía pintar, al disolverse formaron un sistema homogéneo. <b>U5A, U13A</b></li> <li>▪ El agua reacciona con la acuarela disolviéndose <b>U11A, U19A</b></li> <li>▪ El agua hidrata la acuarela y forma una solución con color <b>U29A</b></li> </ul>		<p><b>1.4. Explicaciones microscópicas que ponen de manifiesto la existencia de huecos pequeños previos en la acuarela</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua va soltando la acuarela, aunque puede ser que también entre en ella, esto es, que tenga poros. <b>U10B</b></li> <li>▪ Hay poros en la acuarela por los que entra agua. <b>U12B, U21B</b></li> <li>▪ La acuarela es como un polvo apelmazado y el agua entra por los huecos. <b>U5B</b></li> <li>▪ El agua va humedeciendo la pintura y lo hace penetrando a través de la superficie. <b>U15B, U20B, U24B</b></li> <li>▪ El agua se va metiendo por los agujeritos de la acuarela como si fuera un colador. <b>U14B</b></li> <li>▪ En la acuarela hay pequeños huecos por donde penetra el agua. <b>U1B, U2B, U13B, U18B, U22B, U27B</b></li> <li>▪ El agua humedece a la acuarela cuando entra entre sus poros. <b>U3B, U4B, U25B</b></li> </ul>
<p><b>1.2. Dan explicaciones macroscópicas más elaboradas. Sigue sin haber intención de concebir el proceso microscópicamente</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua entra por las grietas de la acuarela. <b>U19B</b></li> <li>▪ El agua entra por las esquinas de la acuarela. <b>U30B</b></li> <li>▪ El agua entra por los lados y por el centro de la acuarela. <b>U21A</b></li> <li>▪ La pintura se desintegra con el agua. <b>U15A</b></li> </ul>		
<p><b>1.3. Dan explicaciones microscópicas que incluyen una acuarela como polvo compacto</b></p>		

**MÓDULO 2 PAPEL DEL PINCEL EN EL PROCESO DE DISOLUCIÓN**

Items	Variable	Contenido
1.4	PIN	Capacidad de relación (lgrosor del pelo del pincel, lnº de pelos, lsuperficie de contacto)
<p><b>2.1. No intentan relacionar o, si lo intentan no lo consiguen, los elementos de la cadena: grosor del pelo- nº de pelos- superficie</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque chupa más pintura, al tener los pelos más gruesos. <b>U7A, U9A</b></li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque lleva más cantidad de agua y de pintura, al ser más grueso. <b>U6A, U11A, U12A, U13A,</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puedo pintar mejor los bordes <b>U23A, U24A</b></li> </ul> <p><b>2.2. Buscan hacer relaciones parciales dentro de la cadena lgrosor del pelo = &gt; lnº de pelos, = &gt;lsuperficie de contacto. Dichas relaciones son incorrectas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel “grueso” es mejor porque tiene más pelos. <b>U1A, U8A, U10A, U16A, U28A, U30A, U11B</b></li> <li>▪ El pincel de pelos gruesos es mejor porque tiene más superficie. <b>U2A, U20A, U21A, U26A, U27A, U7B,</b></li> <li>▪ El pincel de pelo grueso es mejor porque tiene más pelos. <b>U4A, U5A, U19A, U30B</b></li> </ul>		<p><b>2.3. Hacen relaciones parciales dentro de la cadena lgrosor del pelo = &gt; lnº de pelos, = &gt;lsuperficie de contacto. Dichas relaciones son correctas.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque el grueso tiene más pelos. <b>U2B, U16B, U21B</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque sería capaz de sacar más acuarela. <b>U3A, U14A, U15A, U17A, U18A, U25A, U29A, U4B, U6B, U8B, U20B, U25B, U28B</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque puede guardar más pintura entre los pelos. <b>U22A, U1B, U3B, U5B, U10B, U12B, U13B, U19B, U23B, U26B</b></li> </ul> <p><b>2.4. Hacen la cadena de relaciones correctamente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más pelos y por lo tanto más superficie total que el de pelo grueso. <b>U9B, U15B, U18B, U22B, U27B</b></li> <li>▪ El pincel de pelo fino es mejor porque tiene más sitio entre los pelos y así saca más pintura. <b>U14B, U17B, U24B, U29B</b></li> </ul>

**MÓDULO 3 IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR**

Items	Variable	Contenido
1.5 – 1.6	AMA	Sólido granular/Dibujo y explicación
<p><b>3.1. Dominados por la percepción. Hacen dibujos que se corresponden enteramente con la misma.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 1: Continuo amarillo-manchas:</i> Dibujo donde aparecen zonas amarillentas con distinta intensidad, que incluso pueden llegar a ser transparentes. Representa el agua más o menos coloreada, según la intensidad de la zona. <b>U7A</b></li> <li>▪ <i>Modelo 2: Continuo amarillo:</i> Dibujo donde el amarillo se distribuye uniformemente por toda la gota. <b>U6A, U11A, U30A</b></li> </ul>	<p>acuarela). <b>U8A, U15A, U16A, U17A, U19A, U20A</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 7: Continuo transparente-puntos amarillos de acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos amarillos que representan “las partículas de acuarela”. <b>U2A, U3A, U5A, U9A, U13A, U21A, U22A, U23A, U26A, U28A, U6B, U7B</b></li> </ul>
<p><b>3.2. Aún dominados por la percepción. Introducen elementos que no se corresponden enteramente con ella.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo4: Continuo amarillo-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo amarillo que representa el agua coloreada, destacan puntitos que simbolizan “partículas del agua que han agarrado la acuarela”. <b>U12A, U30B</b></li> </ul>	<p><b>3.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo transparente de agua.</b></p>
<p><b>3.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo5: Continuo transparente-puntos amarillos de agua y acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntitos amarillos que representan las “partículas del agua que han agarrado la acuarela”. <b>U24A</b></li> <li>▪ <i>Modelo 6: Continuo transparente-puntos diversos de “cosas que pueden estar en el agua”:</i> Dibujo donde, sobre un fondo transparente que representa al agua, destacan puntos de distintas formas que representan “las partículas de todo lo que puede estar en el agua” (oxígeno, hidrógeno, microorganismos, cloro, partículas de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Modelo 8: Puntos para el agua – puntos para la acuarela:</i> Dibujo donde, sobre un fondo indeterminado, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos se puede concebir que:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- hay más agua. <b>U1A, U8B, U9B, U11B, U12B, U15B, U16B, U21B, U24B</b></li> <li>- no hay huecos. <b>U4A, U10A, U14A, U18A, U27A, U2B, U3B, U4B, U5B, U10B, U17B, U19B, U22B, U28B</b></li> <li>- hay más partículas disueltas. <b>U29A, U18B</b></li> <li>- representan las moléculas de agua con los símbolos de los átomos. <b>U23B, U26B</b></li> <li>- representan las moléculas de agua formadas por tres esferas. <b>U1B, U13B, U20B</b></li> </ul> </li> <li>▪ <i>Modelo 9: Puntos para el agua – puntos para la acuarela - nada:</i> Dibujo donde, sobre un fondo vacío, aparecen puntos que representan las partículas del agua y otros puntos que representan las de acuarela. En los huecos, “no puede haber nada, pues si hubiera algo, eso también estaría formado por partículas y entonces ya no sería hueco entre partículas”. <b>U25A, U14B, U25B, U27B, U29B</b></li> </ul>

## MÓDULO 4 REACCIONES ANTE LA CONTRAPRUBA DE LA DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR

Items	Variable	Contenido
1.7 – 1.14	AMP	¿Cómo concibe la disolución, incluso después de la contraprueba?
4.1. Dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente con lo que perciben. La conservación de la cantidad de sustancia no les lleva a la necesidad de pintar la acuarela cuando todo se ve transparente.		<p><b>transparente con puntos amarillos “aunque a simple vista lo veamos todo amarillo”,</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sigue utilizando el Modelo 6 (continuo transparente – puntos diversos de cosas que están en el agua) para todas las ilustraciones. <b>U8A, U16A, U17A, U19A, U20A, U24A</b></li> <li>▪ Siguen utilizando el Modelo 7 (continuo transparente – puntos amarillos para la acuarela) para todas las ilustraciones. <b>U2A, U3A, U5A, U9A, U13A, U15A, U21A, U22A, U23A, U26A, U28A, U6B, U7B</b></li> </ul>
4.2. Aún dominados por la percepción, hacen dibujos que se corresponden enteramente a la misma. La conservación de la cantidad de sustancia les lleva a la necesidad de pintar amarillo cuando se ve transparente.		<p><b>4.5. Desde un principio transforman en cierta medida los datos perceptivos, pero esa capacidad de transformación evoluciona con la contraprueba lo que les lleva a corregir sus primeros dibujos,</b></p>
4.3. En un principio, no transforman nada los datos pero la contraprueba les lleva a hacerlo en mayor o menor extensión corrigiendo su ilustración 1.		<p><b>4.6. Desde un principio, transforman los datos perceptivos, incluso para el fondo transparente del agua.,</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – fondo lleno) para todas las ilustraciones. <b>U1A, U4A, U10A, U14A, U18A, U25A, U27A, U29A, U1B, U2B, U3B, U4B, U5B, U8B, U9B, U10B, U11B, U12B, U15B, U16B, U17B, U19B, U20B, U21B, U24B, U26B, U28B</b></li> <li>▪ Modelo 9 (puntos para el agua – puntos para la acuarela – nada) para todas las ilustraciones. <b>U13B, U14B, U18B, U22B, U23B, U25B, U27B, U29B.</b></li> </ul>
4.4. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos con fondo		



**MÓDULO 5**

**IMAGEN DE LA DISOLUCIÓN DE UN SOLUTO LÍQUIDO A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.18	VER	Soluto líquido/Disolvente a distintas temperaturas/Dibujos
5.1. Dominados por la percepción, hacen dibujos que corresponden con la misma.		de agua, destacan puntos verdes que representan “las partículas de colorante” <b>U2A, U3A, U9A, U26A, U28A.</b>
5.2. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación.		<b>5.4. La necesidad les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo de agua.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Realizan dibujos continuos manchados de verde (Modelo 1), independientemente de la temperatura y de la percepción, considerando que el microscopio probablemente vería zonas blancas aunque aparentemente lo vea todo verde. <b>U7A</b></li> <li>▪ Realizan dibujos continuos verdes (Modelo 2) para el agua caliente, pero pasan a hacer dibujos donde representan puntos verdes de colorante que no se han disuelto en el seno de un continuo verde (Modelo 3) para el agua fría y para el agua templada. <b>U6A, U11A, U30A.</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Por primera vez hacen dibujos donde consideran necesario transformar el fondo que pasa de ser agua a algo más indefinido para explicar la diferencia de comportamientos con la temperatura. Pasan por tanto, de tener un Modelo 7 (fondo de agua – puntos de colorante) a tener un Modelo 8 (puntos para el agua – puntos para el colorante – algo). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- lleno de más agua. <b>U2B, U7B, U13A</b></li> <li>- lleno de algún gas o algo. <b>U21A</b></li> <li>- sin huecos. <b>U5A, U22A, U23A</b></li> </ul> </li> </ul>
5.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes de agua.		<b>5.5. La necesidad y/o el conocimiento previo les lleva a admitir el espacio vacío.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ En un principio hace dibujos donde sobre un fondo verde coloca partículas de agua con color (Modelo 4) para todas las ilustraciones pero seguidamente se arrepiente y hace nuevos dibujos con fondo transparente y puntos verdes de agua y colorante (Modelo 5). El número de puntos aumenta al aumentar la temperatura. <b>U12A, U6B, U30B</b></li> <li>▪ Mantiene el esquema de dibujar sobre un fondo transparente representando al agua, formas diversa que representan “todas las cosas que pueden estar en el agua” y también partículas de colorante verde (Modelo 6). Este mismo esquema es utilizado independiente de la temperatura del agua. <b>U8A, U16A, U17A, U19A, U20A, U24A</b></li> <li>▪ Mantienen su Modelo 7 utilizado ya en la disolución de sólido granular, realizando dibujos donde, sobre un fondo transparente</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mantiene su esquema anterior de considerar la disolución como formada por partículas de agua – partículas de colorante – algo (Modelo 8). El fondo de todas esas partículas puede ser concebido:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- lleno de oxígeno. <b>U26B</b></li> <li>- lleno de algún gas o algo. <b>U1A, U10A, U14A, U18A, U25A, U29A, U20B</b></li> <li>- sin huecos. <b>U4A, U15A, U27A, U1B, U3B, U11B, U12B, U17B, U24B, U28B</b></li> </ul> </li> <li>▪ Por primera vez admiten la existencia de vacío y nada más (Modelo 9). <b>U4B, U5B, U8B, U9B, U10B, U13B, U15B, U16B, U19B, U21B</b></li> <li>▪ Continúan explicando esta experiencia con el Modelo 9. <b>U14B, U18B, U22B, U23B, U25B, U27B, U29B</b></li> </ul>

**MÓDULO 6**

**EXPLICACIÓN DE LAS DISTINTAS VELOCIDADES DE DISOLUCIÓN A DISTINTAS TEMPERATURAS**

Items	Variable	Contenido
1.15-1.17	TEM	Soluto líquido/Disolvente a distintas temperaturas/Explicación verbal
<p><b>6.1. La explicación no pasa de ser una descripción de los hechos observados (Nivel de legalidad exclusivamente).</b></p>		<p>pigmento también toman el calor o el frío y se mueven a distinta velocidad. <b>U5B</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El tamaño de las partículas disminuye cuando aumenta la temperatura. <b>U2A</b></li> </ul>
<p><b>6.2. Se da una explicación causal que puede ser más o menos válida, pero que permanece en el plano macroscópico (nivel macroscópico exclusivamente).</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las partículas de acuarela se mueven más en agua caliente. <b>U3B, U7B</b></li> <li>▪ La velocidad de las partículas de agua y de acuarela aumenta al aumentar la temperatura y se mezclan más rápido. <b>U14A, U17A, U1B, U11B</b></li> <li>▪ Las partículas se separan más con el agua caliente. <b>U15A, U18A</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El agua se dilata con la temperatura. <b>U6A</b></li> <li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido. <b>U3A, U5A, U10A, U19A</b></li> <li>▪ El calor hace que el colorante se extienda más rápido y vaya soltando el tinte (color). <b>U9A, U26A</b></li> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se extienda más rápidamente. <b>U8A, U20A</b></li> <li>▪ El calor hace que la gota se mueva más y deje mejor color. <b>U11A</b></li> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se reparta mejor. <b>U12A, U23A, U24A</b></li> <li>▪ Al aumentar la temperatura, aumenta la velocidad de disolución. El calor hace que la gota se vaya extendiendo. <b>U13A, U22A, U25A, U28A, U29A</b></li> <li>▪ En el agua caliente el colorante reacciona más rápido con el agua <b>U21A, U27A</b></li> <li>▪ En agua caliente casi no queda colorante para disolver. <b>U30A</b></li> <li>▪ En el agua caliente la disolución es más rápida porque el calor actúa como catalizador. <b>U16A</b></li> <li>▪ Dependiendo de la temperatura va a ser la intensidad o rapidez del sólido al disolverse. <b>U1A</b></li> </ul>		<p><b>6.5. La explicación se fundamenta en las partículas del agua exclusivamente. No obstante, no coincide con la interpretación académicamente aceptada (Nivel explicativo microscópico 2)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La temperatura afecta a la separación de las partículas de agua que dejan huecos para que pase el colorante. <b>U8B, U9B, U10B, U12B, U13B, U15B, U24B</b></li> <li>▪ Hay más "particularidades en el agua caliente, por eso toman mejor color. <b>U16B</b></li> <li>▪ Hay menos moléculas de agua en el agua caliente... se han evaporado... deja pasar mejor el colorante. <b>U2B, U17B</b></li> <li>▪ En el agua caliente los enlaces de hidrógeno se rompen y dejan pasar al colorante. En el agua fría son muy fuertes. <b>U23B, U25B, U28B</b></li> <li>▪ El agua caliente acelera la dispersión de las partículas en el agua. <b>U19B, U20B</b></li> <li>▪ El calor dilata los huecos de oxígeno dejando pasar más colorante. <b>U26B</b></li> </ul>
<p><b>6.3. La explicación se fundamenta en la división en partículas de la gota de colorante. (Nivel macroscópico – microscópico)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El calor hace que la gota de colorante se divida más rápidamente. <b>U30B</b></li> <li>▪ La gota se divide en partículas. El número de partículas aumenta con la temperatura. <b>U4A, U7A, U6B</b></li> </ul>		<p><b>6.6. Las explicaciones se fundamentan en la velocidad de las moléculas del agua. Esta explicación es aceptada académicamente (Nivel explicativo microscópico 3)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las moléculas de agua caliente se mueven con velocidad mayor cuando la temperatura es mayor y rompen mejor la gota. <b>U4B</b></li> <li>▪ La velocidad de las partículas del agua varía con la temperatura y mueven a las del colorante. <b>U14B, U22B, U29B</b></li> <li>▪ Las moléculas de agua caliente se mueven con velocidad mayor cuando la temperatura es mayor. <b>U18B, U21B, U27B</b></li> </ul>
<p><b>6.4. La explicación se fundamenta tanto en las partículas del agua como en las del colorante (Nivel explicativo macroscópico-1)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La velocidad de las partículas aumenta al aumentar la temperatura. Las moléculas del</li> </ul>		

**MÓDULO 7**

**MEZCLA ALCOHOL – AGUA: PREVISIONES**

Items	Variable	Contenido
2.1 – 2.4	ALA	Disolución líquido-líquido con disminución del volumen aparente/previsiones del peso y de la altura al agitar
7.1. Imaginan que al agitar el alcohol y el agua quedará todo mezclado... Las previsiones de la altura y el peso indican generalmente una indiferenciación de estos conceptos.		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porque al estar tapado el alcohol no se evapora. <b>U8A, U15A</b></li> <li>▪ Porque se han mezclado pero las cantidades siguen siendo las mismas. <b>U3A, U4A, U7A, U9A, U13A, U14A, U20A, U21A, U25A, U26A, U29A</b></li> </ul>
7.2. Piensan que al agitar el alcohol y el agua se quedará todo mezclado y se producirá un calentamiento de la mezcla y una dilatación. La altura aumenta y el peso no cambia.		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Porque no se perdió alcohol ni agua destilada sino que se concentró. <b>U19A</b></li> <li>▪ Porque sólo va a cambiar la posición de las partículas. <b>U23A, U30B</b></li> <li>▪ Porque los reactivos y los productos son los mismos. <b>U27A</b></li> </ul>
7.3. La experiencia les evoca la mezcla de dos líquidos inmiscibles, tales como aceite y agua. Prevén el mismo peso y la misma altura.		<p><b>7.5 Hacen una previsión coincidente con lo que sucederá, considerando que todo quedará mezclado con el mismo peso pero menor altura.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ El alcohol bajará, disminuye la altura, pero el peso no cambia. <b>U2B, U5B, U7B, U10B, U11B, U15B, U16B, U17B, U21B, U25B, U28.B</b></li> </ul>
7.4. La experiencia les evoca la mezcla normal de dos líquidos miscibles. Prevén el mismo peso y la misma altura.		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Las partículas de alcohol bajan y se meten entre las del agua. <b>U1B, U3B, U4B, U6B, U8B, U9B, U24B, U26B</b></li> <li>▪ Surgen enlaces entre las partículas de agua y de alcohol. <b>U13B, U14B, U18B, U22B, U23B, U27B, U29B</b></li> <li>▪ El alcohol se evapora por el calor que genera la agitación. <b>U22A, U12B, U19B</b></li> <li>▪ El alcohol cambia de estado, pasa a gas. <b>U18A, U20B</b></li> </ul>

MÓDULO 8		DIFERENCIACION PESO - ALTURA
Items	Variable	Contenido
2.7 – 2.8	PAL	Predicción del peso al observar una disminución del volumen en la mezcla del alcohol y del agua
<b>8.1. No conservan el peso, bien porque carezcan de esta capacidad o bien porque se dejan llevar por la perturbación.,</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aumentará. <b>U11A, U30A</b></li></ul>		<b>U6B, U7B, U8B, U10B, U11B, U12B, U15B, U16B, U17B, U19B, U20B, BU21 U24B, U26B, U30B</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ No cambia porque es la misma cantidad de partículas <b>U4A, U14A, U18A, U22A, U23A, U25A, U2B, U3B, U4B, U5B, U9B, U13B, U14B, U18B, U22B, U23B, U25B, U27B, U28B, U29B</b></li><li>▪ No porque no aumenta el volumen de la sustancia <b>U5A, U6A</b></li><li>▪ No cambia porque la presión y la temperatura no varía <b>U1A, U28A, U1B</b></li></ul>
<b>8.2. Conservan el peso, a pesar de la perturbación, utilizando el mecanismo de la identidad de sustancia</b> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ El peso no cambiará porque no entra ni sale nada. <b>U2A, U3A, U7A, U8A, U9A, U10A, U12A, U13A, U15A, U16A, U17A, U19A, U20A, U21A, U24A, U26A, U27A, U29A,</b></li></ul>		

**MÓDULO 9 REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL ALCOHOL Y EL AGUA**

Items	Variable	Contenido
2.5, 2.6, 2.9, 2.10 y 2.11	ALP	Imagen del agua y del alcohol derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/ Dibujos y explicaciones verbales
<p><b>9.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de calidad.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua con “partículas de agua en un fondo de agua más disuelta” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo de alcohol más disuelto”. Al agitarlos, algunas partículas de alcohol quedan absorbidas dentro de las del agua. <b>U10A, U21A, U22A, U23A, U29A, U7B</b></li> </ul>
<p><b>9.2. Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento de la misma para dar una explicación a la disminución de altura.</b></p>		<p><b>9.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer un modelo común para ambas sustancias que además les permite dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto.,</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua con huecos vacíos” y el alcohol como un “continuo de alcohol y burbujas” (que intervienen en el proceso). Al mezclarlos el alcohol se mete en los huecos vacíos del agua. <b>U5A, U6A, U30A</b></li> <li>▪ Dibuja el agua como un “continuo de agua con burbujas huecas” y el alcohol como un “continuo de alcohol con burbujas huecas”. Algunas burbujas explotan al agitar el tubo. <b>U8A, U11A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua con “partículas de agua en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo del mismo gas”. Al mezclarlos, el gas se comprime. <b>U4A, U18, U26A, U27A, U28A, U2B, U3B, U8B, U9B, U10B, U20B</b></li> <li>▪ Dibuja el agua con “partículas de agua en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo del mismo gas”. Al mezclarlos, el gas se desplaza hacia arriba. <b>U14A, U29A, U5B, U6B, U11B, U16B, U17B, U24B.</b></li> </ul>
<p><b>9.3. Hay cierta transformación de los datos, aunque ésta no sea lo suficientemente elaborada como para constituir un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o al menos no se sabe reaccionar ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b></p>		<p><b>9.6. La necesidad de explicar la experiencia les lleva, por primera vez, a admitir espacios vacíos entre las partículas</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja el agua como “gotitas de agua en un fondo de agua” y el alcohol como “los componentes del alcohol en un fondo de agua” (ambos se diferencian sólo en sus componentes). En la mezcla están las gotitas de agua y los componentes del alcohol en un fondo de agua. <b>U24A</b></li> <li>▪ Dibuja el agua como “partículas de agua en un fondo de agua” y el alcohol como “partículas de alcohol en un fondo de alcohol”. En la mezcla están las partículas del agua y del alcohol mezcladas en un fondo de agua y alcohol. <b>U1A, U2A, U3A, U7A, U12A, U13A, U16A, U17A, U19A, U20A, U25A,</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua con “partículas de agua y vacío” y el alcohol con “partículas de alcohol y vacío”. En la mezcla no hay más que “partículas de alcohol y agua más unidas y vacío”. <b>U4B, U15B, U19B, U23B, U26B, U27B, U28B</b></li> <li>▪ Dibujan el agua con “partículas de agua y vacío” y el alcohol con “partículas de alcohol y vacío”. En la mezcla no hay más que “partículas de alcohol y agua a igual distancia y vacío”. <b>U1B, U21B</b></li> </ul>
<p><b>9.4. Hay cierta transformación de los datos que resulta útil para explicar de forma artificiosa la disminución de la altura.</b></p>		<p><b>9.7. Explican la experiencia con un modelo previamente construido antes de la entrevista o durante la misma.</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibuja al agua “con huecos en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas del alcohol se meten dentro de los huecos del agua. <b>U9A, U15A, U30B</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan el agua con “partículas de agua y vacío” y el alcohol con “partículas de alcohol y vacío”. En la mezcla no hay más que “partículas de alcohol y agua más unidas y vacío”. <b>U12B, U13B, U14B, U18B, U22B, U25B, U29B</b></li> </ul>

**MÓDULO 10**

**PREDICCIÓN DE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL COLOREADOS**

Items	Variable	Contenido
2.12	ACA	¿Va a ocurrir lo mismo que sin color?/Resistencia a los hueco/Explicación verbal
<b>10.1. No ocurre lo mismo: el peso no cambia pero la altura ya no baja o baja menos.</b>		▪ La altura aumentará porque estoy agregando otro reactivo. <b>U7A, U29A</b>
▪ El colorante impide que el alcohol se comprima. <b>U6A, U30A</b>		
▪ Al haber más moléculas, ahora no se pueden acercar tanto las de agua y alcohol. <b>U11A, U16A</b>		<b>10.2. Sí ocurre lo mismo: el peso no cambia y la altura baja lo mismo. U2A, U3A, U4A, U5A, U9A, U10A, U12A, U13A, U14A, U15A, U17A, U18A, U19A, U20A, U21A, U22A, U23A, U24A, U25A, U26A, U27A, U28A, U1B, U2B, U3B, U4B, U5B, U6B, U7B, U8B, U9B, U10B, U11B, U12B, U13B, U14B, U15B, U16B, U17B, U18B, U19B, U20B, U21B, U22B, U23B, U24B, U25B, U26B, U27B, U28B, U29B, U30B</b>
▪ El color hace de barrera para que el agua entre y pueda romper las burbujas huecas de alcohol. Puede que exploten algunas y entonces bajará un poco. <b>U8A</b>		
▪ La altura aumenta porque se introduce otra cantidad de materia. <b>U1A</b>		

**MÓDULO 11**

**REACCIÓN ANTE LA MEZCLA DEL AGUA Y DEL ALCOHOL COLOREADOS**

Items	Variable	Contenido
2.13	ACP	Imagen del agua y el alcohol coloreados derivada de la necesidad de explicar el aumento de la concentración/Dibujos y explicaciones verbales.
11.1. <b>Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos o es una explicación de compromiso.</b>		de agua roja y alcohol azul. <b>U1A, U23A, U25A</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hacen círculos continuos coloreados tanto para el alcohol azul como para el agua roja y para la mezcla (aunque a veces, ponen encima pompas o burbujas visibles de alcohol, que no intervienen en el proceso). Hay explicación de compromiso. <b>U30A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el agua con “partículas de agua y fondos vacíos” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. Al agitar las partículas de alcohol se meten en los huecos de las partículas del agua roja. El fondo queda de alcohol azul. <b>U19A</b></li> </ul>
11.2. <b>Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento percibido para dar una explicación a la disminución de la altura.</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el agua como “un continuo de agua roja con huecos de oxígeno” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul”. Al mezclarlos, consideran que el alcohol azul se mete en los huecos de oxígeno y que éste se va para arriba. <b>U16A</b></li> <li>▪ Conciben el agua como “un continuo de agua roja con huecos vacíos” y el alcohol como “un continuo de agua azul con burbujas” (éstas últimas no intervienen en el proceso). Al mezclarlos el alcohol azul se mete en los huecos vacíos del agua. <b>U6A</b></li> <li>▪ Conciben el agua como “un continuo de agua roja” y el alcohol como “un continuo de alcohol azul con burbujas huecas”. Al agitar, algunas burbujas explotan. <b>U2A</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el agua con “partículas rojas en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación a la disminución de altura, o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura. <b>U5A, U12A, U13A, U17A, U20A</b></li> <li>▪ Concibe el agua con “partículas de agua y fondos vacíos” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. Al agitar las partículas de alcohol se meten en los huecos de las partículas del agua roja. El fondo mezclado de azul y rojo. <b>U8A, U9A, U10A, U14A</b></li> </ul>
11.3. <b>Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos, no reaccionando ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</b>		11.4. <b>Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. No hay explicación o ésta recurre a respuestas de compromiso o a artificios.</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el agua con “partículas rojas de colorante y un continuo de agua roja” y el alcohol con “partículas azules de colorante en un continuo de alcohol rojo”. En la mezcla están todas las partículas de colorante en el fondo del agua roja y del alcohol azul. La explicación consiste en decir que el alcohol baja y así ocupa menos. <b>U3A, U7A, U11A, U24A</b></li> <li>▪ Concibe el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua roja” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol azul”. En la mezcla las partículas de alcohol azul se meten dentro de las de agua rojas. Los fondos mezclados</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el agua con “partículas rojas de colorante en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. Al agitar las partículas de colorante se llenan de agua. Los fondos se mezclan. <b>U6B</b></li> <li>▪ Conciben el agua con “gotitas de agua y partículas de colorante rojo en un fondo de agua” y el alcohol con los “componentes del alcohol y las partículas del colorante azul en un fondo de agua”. Al agitar todas las partículas quedan mezcladas y el fondo de agua. No hay explicación. <b>U26A</b></li> <li>▪ Concibe el agua con “partículas de agua roja en un fondo de agua” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de alcohol”. En la mezcla todas las partículas se mezclan y los fondos también. No hay explicación. <b>U1B, U7B, U30B</b></li> </ul>
		11.5. <b>Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar un modelo común para ambas sustancias que además les permite</b>

**dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto (fondos de gas o de sustancia etérea**

- Concibe el agua con “partículas de agua roja en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de gas”. Al mezclarlos se forman nuevas partículas lilas y el fondo del gas comprimido. **U4A, U15A, U2B, U20B**
- Concibe el agua con “partículas de agua roja en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol azul en un fondo de gas”. Al agitar las partículas resultan mezcladas y algo de gas se desplaza hacia arriba. **U3B, U5B**
- Concibe el agua con “partículas de agua y partículas del colorante en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol, partículas de colorante y fondo de gas”. Al agitar las partículas quedan mezcladas y el fondo del gas comprimido, bajando la altura. **U27A, U28A, U29A, U8B, U9B, U10B, U12B**
- Concibe el agua con “partículas de agua y partículas del colorante en un fondo de gas” y el alcohol con “partículas de alcohol, partículas de colorante y fondo de gas”. Al agitar las partículas resultan mezcladas y el

gas del fondo se desplaza hacia arriba.  
**U18A, U21A, U22A, U11B, U16B, U24B**

**11.6. La necesidad de explicar la experiencia les lleva a seguir admitiendo espacios vacíos entre las partículas (ya se concebían en la mezcla de alcohol y agua)**

- Conciben el agua formada por “partículas de agua rojas y huecos necesarios” y el alcohol formado por “partículas de alcohol azul y huecos necesarios”. Al agitar las partículas se mezclan quedando también huecos en la mezcla. **U15B, U26B**
- Conciben el agua formada por “partículas de agua, partículas de colorante y huecos necesarios” y el alcohol formado por “partículas de alcohol, partículas de colorante y huecos necesarios”. Al agitar las partículas se mezclan no quedando ya huecos en la mezcla. **U4B, U13B, U14B, U17B, U19B, U21B, U23B, U25B, U27B, U28B**
- Conciben el agua formada por “partículas de agua, partículas de colorante y huecos necesarios” y el alcohol formado por “partículas de alcohol, partículas de colorante y huecos necesarios”. Al agitar las partículas se mezclan quedando también huecos en la mezcla. **U18B, U22B, U29B**



**MÓDULO 12**

**PESO DEL AIRE**

Items	Variable	Contenido
3.1, 3.2	PAI	Peso del aire en el interior de un globo/ Predicciones y reacción ante la constatación de una balanza/ Explicaciones verbales.
<p><b>12.1. No concibe el peso del aire. Antes y después de la constatación empírica. Piensa que la causa del incremento de la medida de la balanza es el aumento del volumen del globo.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes y después predice que la balanza marcará más pero no porque el aire en el interior pese, sino porque es más grande. Insiste en que el aire no pesa. <b>U30A</b></li> </ul>		<p>pesa. Después del uso de la balanza dicen que “el aire de adentro pesa porque es distinto del aire normal”. <b>U1A, U3A, U16A</b></p>
<p><b>12.2. En un principio no concibe el peso del aire. Después de la constatación empírica pueden llegar a admitirlo pero mantienen sus dudas al respecto.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo piensan que el globo pesará menos. Después, lo admiten con reservas. <b>U6A, U7A, U11A</b></li> </ul>		<p><b>12.4. Conciben el peso del aire pero no creen que éste sea detectado por la balanza. Después de la constatación empírica reconocen el error en su estimación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire del interior pesa algo pero, tan poco, que no se notará en la balanza. <b>U8A, U9A, U10A, U12A, U13A, U15A, U17A, U19A, U21A, U22A, U23A, U26A, U27A, U28A, U29A</b></li> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues le metemos aire caliente que pesa menos que el normal. Después del uso de la balanza. Dicen que entonces el aire caliente también pesa. <b>U18A</b></li> </ul>
<p><b>12.3. En un principio no conciben el peso del aire. Sin embargo después de la constatación empírica ellos llegan por sí mismos a admitir que el aire pesa</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no pesa. Después del uso de la balanza, piensan que el aire pesa, poco pero pesa. <b>U2A, U4A, U5A, U14A, U20A, U24A, U25A</b></li> <li>▪ Antes de pesarlo creen que el globo pesará igual inflado que desinflado, pues el aire no</li> </ul>		<p><b>12.5. Conciben el peso del aire y confirman su predicción al constatarlo empíricamente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Antes del uso de la balanza prevén que el aire del interior del globo pesa. <b>U1B, U2B, U3B, U4B, U5B, U6B, U7B, U8B, U9B, U10B, U11B, U12B, U13B, U14B, U15B, U16B, U17B, U18B, U19B, U20B, U21B, U22B, U23B, U24B, U25B, U26B, U27B, U28B, U29B, U30B</b></li> </ul>

**MÓDULO 13**

**IMAGEN DEL AIRE**

Items	Variable	Contenido
3.3 a 3.6	AAN	Imagen del aire antes y después de jugar con la jeringa y comprobar la alta compresibilidad/ Dibujos y explicaciones verbales.
13.1. Conciben el aire continuo. La compresibilidad del aire no les lleva a inferir ningún aspecto de discontinuidad.		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dibujan partículas de aire en un seno etéreo indefinido (no puede haber nada, será oxígeno o algo). <b>U7B</b></li> <li>▪ Dibuja partículas de aire en un seno que no puede ser nada, debe ser “vacío gaseoso expandido o comprimido”. <b>U10A, U25A</b></li> <li>▪ Dibuja partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas y más pequeñas y ya no quedan huecos. <b>U12A, U19A, U28A, U6B, U30B</b></li> <li>▪ Dibuja partículas de aire que dejan huecos en el aire expandido. En el aire comprimido dichas partículas están más unidas. <b>U1A, U3A, U4A, U8A, U9A, U13A, U14A, U15A, U21A, U23A, U11B</b></li> </ul>
13.2. Conciben el aire continuo pero introducen “aspectos de discontinuidad” para explicar la compresibilidad del aire.		13.5. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío necesario (partículas – vacío)
13.3. Introducen elementos de discontinuidad (partículas sobre fondos continuos de aire) pero éstos no forman un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos de aire.		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el aire con partículas de aire y nada en los huecos de las mismas pero cree que tiene que haber algo. “digo nada porque no sé lo que hay”. <b>U29A, U5B, U8B, U10B</b></li> <li>▪ Dibujan partículas de aire y dicen explícitamente que no puede haber nada más porque si lo hubiera eso también estaría formado por partículas. <b>U18A, U27A, U15B, U16B, U19B, U20B, U28B</b></li> <li>▪ Dibuja partículas de aire y dice que no puede haber nada más. <b>U22A, U1B, U9B, U12B, U13B, U17B, U24B</b></li> </ul>
13.4. Hay una transformación de los datos (partículas sobre fondos etéreos) lo que les lleva a adquirir un sistema explicativo coherente con la resistencia del vacío.		13.6. Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío y con movimiento necesario (partículas, vacío y movimiento)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Primero dibuja partículas de CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, motas de polvo, etc. más dispersas y más unidas. Ante la pregunta de qué es lo que hay entre ellas, primero responden que todo está lleno de gases pero después dice que no hay huecos, que las partículas se hacen más pequeñas o más grandes, de manera que nunca hay huecos. <b>U24A, AU26.</b></li> <li>▪ Dibujan partículas de aire en un seno etéreo indefinido (no puede haber nada, será algún gas). <b>AU5.</b></li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el aire con partículas continuamente en movimiento Entre las partículas no hay nada más. <b>U2B, U3B, U14B, U21B, U26B</b></li> <li>▪ Concibe el aire con partículas continuamente en movimiento Entre las partículas hay espacios vacíos. <b>U4B, U18B, U22B, U23B, U25B, U27B, U29B</b></li> </ul>

MÓDULO 14

IMAGEN DEL AIRE Y DEL AGUA AL COMPARAR LAS DISTINTAS COMPRESIBILIDADES

Items	Variable	Contenido
3.7 a 3.9	APO	Imagen del aire y del agua después de experimentar sus distintas compresibilidades/ Dibujos y explicaciones verbales.
<p><b>14.1. Conciben ambas sustancias continuas. La explicación de las distintas compresibilidades radica en la propia naturaleza de las sustancias.</b></p>		<p><b>propiedades observadas a los fondos de las partículas. Las explicaciones se basan en la naturaleza de los fondos.</b></p>
<p><b>14.2. Ajustan sus modelos inestables hasta el momento a las nuevas experiencias de compresibilidad, alcanzando modelos continuos con huecos solamente para el aire (y agua continua) o modelos continuos con huecos para ambas sustancias.</b></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/aire” y para el agua “partículas/agua”. <b>U3A, U17A, U20A</b></li> <li>▪ Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “partículas/sin huecos” y para el agua “continuo/burbujas huecas”. La explicación consiste en añadir que las partículas del aire se hacen más pequeñas con la compresión y que en el agua las burbujas huecas no se pueden romper. <b>U8A, U24A</b></li> <li>▪ Se mantiene el modelo “partículas/gas” para el aire. En cambio para el agua se pasa a concebir “partículas/gas” a otro modelo “partículas/líquido” que explica mejor las propiedades observadas. <b>U5A, U12A</b></li> <li>▪ Se mantiene el modelo “partículas /*oxígeno” para el aire. En cambio para el agua se hace una pequeña modificación pasando de un modelo “partículas/gas” al nuevo modelo “partículas/oxígeno comprimido”. <b>U16A</b></li> <li>▪ Se modifican ligeramente los modelos anteriormente elaborados tanto para el aire como para el agua, a saber: en el aire se pasa de “partículas/oxígeno” a “partículas/aire expandido”. En el agua se pasa de “partículas/oxígeno” al de “partículas/aire comprimido” Así se explican mejor las distintas compresibilidades. <b>U26A</b></li> <li>▪ Se mantiene el modelo “partículas/agua” para el agua pero en el caso del aire se salta desde un modelo “continuo” a otro de “partículas/aire”. <b>U6B</b></li> <li>▪ Se mantiene el modelo “partículas/gas” tanto para el aire como para el agua pero introduciendo la salvedad de que las partículas en el agua están ya rozando unas con otras. <b>U4A, U9A, U10A, U21A, U23A, U28A, U29A</b></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente llegó a concebir modelos continuos/huecos tanto para el aire como para el agua, elimina los “huecos” del agua quedando para ésta un modelo “continuo” y dejando para el aire el modelo anteriormente concebido de un “continuo/huecos” <b>U11A, U30A</b></li> <li>▪ Ante las distintas compresibilidades del agua y del aire si previamente había concebido el aire como un continuo con huecos y el agua con partículas en un fondo de agua, deja el mismo modelo para el aire, pero para el agua retrocede a un modelo continuo. <b>U7A</b></li> </ul>		
<p><b>14.3. Se alcanzan modelos más elaborados (discontinuos aparentes) para una de las dos sustancias. La otra sigue siendo continua. La sustancia continua se comporta así por su propia naturaleza. Para la “discontinuidad aparente” se hace una transposición de la propiedad macroscópica a los fondos microscópicos.</b></p>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se mantiene para el aire el modelo “partículas/vacío gaseoso” anteriormente concebido. En cambio, para el agua se eliminan los huecos de su modelo “continuo/huecos” quedando un modelo continuo para ésta. <b>U2A</b></li> <li>▪ Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo “continuo” y para el agua el de “gotitas de agua/agua”. <b>U6A</b></li> <li>▪ Se mantienen los modelos anteriormente concebidos tanto para el aire como para el agua, a saber: para el aire un modelo partículas con fondo etéreo” y para el agua “continuo con partículas pegando unas con otras”. <b>U13A, U19A</b></li> </ul>		
<p><b>14.4. Se alcanzan modelos “discontinuos aparentes” para ambas sustancias, esto es, se hace una transposición de las</b></p>		<p><b>14.5. Se alcanzan modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para el aire. El agua sigue siendo discontinua aparente (partículas/fondo lleno). Las explicaciones intentan ser algo más elaboradas que la mera transposición al nivel microscópico.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cambia sus modelos tanto del aire como del agua para ajustarlos a las nuevas</li> </ul>

experiencias. En el caso del aire pasa de concebir “partículas/sin huecos” a “partículas/huecos”. En el caso del agua pasa de concebirla “continua” a un nuevo modelo de “partículas/líquido”. **U30B**

- Se mantiene el modelo de “partículas/huecos vacíos” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/huecos vacíos” a “partículas sin huecos”. **U14A, U15A, U18A, U22A, U25A, U27A, U2B**
- Se mantiene el modelo de “partículas/huecos” para el aire. En el caso del agua, dado que no es compresible, se pasa de concebir “partículas/huecos vacíos” a “partículas/algo”. **U1A, U8B**
- Se cambia el modelo “partículas/gas” para el aire por el de “partículas/huecos”. En el agua se mantiene el modelo “partículas/líquido” que explica mejor las propiedades observadas. **U5B, U7B, U16B, U26B**

**14.6. Se mantiene los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, a pesar de que no constituyan un sistema lo suficientemente explicativo como para dar cuenta de las distintas compresibilidades. Explicaciones bloqueadas.**

- Se mantiene los modelos “partículas/vacío” tanto para el aire como para el agua, sin encontrar solución entonces al por qué el aire es compresible y el agua no. **U3B, U11B, U12B, U13B, U17B, U19B, U20B, U21B, U24B**

**14.7. Se mantienen los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, introduciendo estrategias o disposiciones que explican las distintas compresibilidades. Explicaciones desbloqueadas.**

- Se mantiene los modelos “partículas/vacío” tanto para el aire como para el agua y se añade que las partículas de agua están pegadas unas a otras, impidiéndose su compresibilidad. **U1B, U4B, U9B, U10B, U14B, U15B, U23B, U28B**

**14.8. Se alcanzan modelos discontinuos avanzados (partículas/vacío/fuerzas) para ambas sustancias, lo que se deduce como una necesidad derivada de las diferentes compresibilidades.**

- Se mantienen los modelos “partículas/vacío” tanto para el aire como para el agua y se añade que las partículas de agua deben estar sometidas a unas fuerzas de repulsión enormes que impide su acercamiento. Entre las partículas de aire normal, dichas fuerzas son nulas, pero entre las del aire comprimido, deben ser tan grandes como en el agua. **U22B, U25B**

**14.9. Desde un principio se concibe un modelo discontinuo común para ambas sustancias con la existencia de fuerzas entre partículas y movimiento de las mismas.**

- No tienen ninguna duda para interpretar las distintas compresibilidades, relacionando distintos aspectos de la teoría con un conocimiento previo manifiesto de la misma. **U18B, U27B, U29B**

MÓDULO 15

GAS COLOREADO

Items	Variable	Contenido
3.10 a 3.11	GCO	¿Cómo es posible que el gas coloreado ocupe todo el recipiente, aún después de sacar parte del mismo?/Imagen del gas coloreado/ Dibujos y explicaciones verbales.
15.1. Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos.		
15.2. Aún dominados por la percepción, introducen algún elemento de discontinuidad para dar una explicación a la compresibilidad del gas.		
15.3. Aún dominados por la percepción, introducen elementos (partículas) novedosos. La explicación se da en el nivel de la legalidad, de manera que las partículas no son protagonistas del comportamiento del gas.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado íntegramente por partículas naranjas más o menos disueltas en un fondo de partículas más disueltas. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. <b>U11A</b></li> <li>▪ Conciben el gas coloreado como formado por partículas de aire coloreado en un fondo de la misma naturaleza. Al sacar gas, quedan menos partículas y también un fondo más claro. <b>U2A, U3A, U6A, U7A, U13A, U30A</b></li> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado por partículas de oxígeno con un fondo de gas coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. El fondo queda también más expandido. <b>U19A, U26A</b></li> <li>▪ Concibe el gas coloreado como formado por partículas de aire en un seno de “nada” coloreado. Al sacar gas quedan menos partículas y más esparcidas. También queda menos “nada” coloreado. <b>U4A, U10A, U25A</b></li> </ul>		
15.4. Transforman los datos perceptivos, lo que lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la hinchazón de las partículas.		
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Se concibe el gas naranja como formado por partículas naranja que lo ocupan todo, pues aumentan o disminuyen de tamaño según queden menos o más partículas en el recipiente. <b>U16A</b></li> <li>▪ Se concibe el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de gas naranja que lo ocupan todo, pues aumentan o disminuyen de tamaño según queden menos o más partículas en el recipiente. <b>U30B</b></li> </ul>		
		15.5. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la disminución y separación de las partículas. Se evita aceptar el vacío en la materia.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>U5A, U8A, U9A, U12A, U17A, U20A, U23A, U24A, U28A, U2B, U6B, U7B</b></li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo de vacío gaseoso o de aire. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>U1A, U14A, U15A, U10B, U11B, U21A</b></li> </ul>
		15.6. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas y vacío necesario. Se explica el comportamiento del gas con la disminución y separación de las partículas.
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas naranja y nada más. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>U27A, U3B, U5B, U26B</b></li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>U18A, U22A, U29A, U4B, U9B, U13B, U14B</b></li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de oxígeno y partículas de gas naranja en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>U16B</b></li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire y partículas de color en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. En el gas comprimido no hay huecos. <b>U8B, U12B, U15B, U20B, U21B</b></li> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire que encierran las de color naranja, todo ello en un fondo vacío. Al sacar gas, quedan menos partículas y más separadas. <b>U17B, U19B</b></li> </ul>
		15.7. La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas, vacío, fuerzas y/o movimiento necesarios,
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Conciben el gas naranja como formado por partículas de aire naranja en un fondo vacío. Dichas partículas están lejanas entre</li> </ul>

sí y sometidas a fuerzas casi nulas. Esto permite poder comprimirlo. En el gas comprimido, las fuerzas de repulsión son grandes e impiden que se pueda seguir comprimiendo. **U1B, U23B, U25B, U28B**

- Se concibe el gas naranja como el formado por partículas naranjas continuamente en

movimiento en el seno de un vacío. Dicho movimiento es el que ocasiona la elasticidad del gas en el interior de la jeringa, esto es, la tendencia que tiene a volver a su posición original, para igualar los movimientos externos de las partículas de aire. **U18B, U22B, U24B, U27B, U29.**

*Anexo* 

**CATEGORÍAS  
ESTRUCTURALES**





**EXPERIENCIA 1A. DISOLUCIÓN DE UN SÓLIDO GRANULAR EN AGUA**

	<b>NIVEL 1</b>	<b>NIVEL 2</b>	<b>NIVEL 3</b>	<b>NIVEL 4</b>	<b>NIVEL 5</b>
	<b>¿Cómo imaginas una disolución de acuarela en polvo en agua cuando la ves amarilla?</b>				
<b>Módulo 3. AMA</b>	<b>3.1.</b> Hacen dibujos que se corresponden enteramente con lo que perciben.	<b>3.2.</b> Aún dominados por la percepción, introducen elementos que no se corresponden enteramente con ella.	<b>3.3.</b> Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes.		<b>3.4.</b> Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo transparente de agua.
	<b>¿Y si la diluimos hasta hacerla transparente?</b>				
<b>Módulo 4. AMP</b>	<b>4.1.</b> Hacen dibujos que se corresponden enteramente con lo que perciben.	<b>4.2.</b> Aún dominados por la percepción, hacen dibujos que no se corresponden enteramente con la misma. La conservación de la cantidad de sustancia les lleva a la necesidad de pintar amarillo cuando se ve transparente.  <b>4.3.</b> En un principio, no transforman nada los datos pero la contraprueba les lleva a hacerlo en mayor o menor extensión corrigiendo su ilustración 1.	<b>4.4.</b> Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer dibujos con fondos transparente con puntos amarillos “aunque a simple vista lo veamos todo amarillo.	<b>4.5.</b> Desde un principio transforman en cierta medida los datos perceptivos, pero esa capacidad de transformación evoluciona con la contraprueba lo que les lleva a corregir sus primeros dibujos.	<b>4.6.</b> Desde un principio, transforman los datos perceptivos, incluso para el fondo transparente del agua.

**EXPERIENCIA 1B. DISOLUCIÓN DE UN LÍQUIDO EN AGUA A DISTINTAS TEMPERATURAS**

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
<b>Módulo 5. VER</b>	¿Cómo afecta la temperatura del agua a la disolución de un colorante verde líquido? Dibujos				
	5.1. Dominados por la percepción, hacen dibujos que corresponden con la misma.	5.2. Aún dominados por la percepción, introducen elementos que deducen de la transformación.	5.3. Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer modelos con fondos transparentes de agua.	5.4. La necesidad les lleva a hacer dibujos donde hay también transformación para el fondo de agua.	5.5. La necesidad y/o el conocimiento previo les lleva a admitir el espacio vacío.
<b>Módulo 6. TEM</b>	¿Cómo afecta la temperatura del agua a la disolución de un colorante verde líquido? Explicación verbal				
	6.1. La explicación no pasa de ser una descripción de los hechos observados (Nivel de legalidad exclusivamente).	6.2. Se da una explicación causal que puede ser más o menos válida, pero que permanece en el plano macroscópico (nivel macroscópico exclusivamente).  6.3. La explicación se fundamenta en la división en partículas de la gota de colorante. (Nivel macroscópico – microscópico)	6.4. La explicación se fundamenta tanto en las partículas del agua como en las del colorante (Nivel explicativo macroscópico-1)	6.5. La explicación se fundamenta en las partículas del agua exclusivamente. No obstante, no coincide con la interpretación académicamente aceptada (Nivel explicativo microscópico 2)	6.6. Las explicaciones se fundamentan en la velocidad de las moléculas del agua. Esta explicación es aceptada académicamente (Nivel explicativo microscópico 3)

**EXPERIENCIA 2. MEZCLA DE ALCOHOL Y AGUA CON REDUCCIÓN DE VOLUMEN**

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
	¿Qué pasará al mezclar el alcohol y el agua?				
<b>Módulo 7. ALA</b>	<p><b>7.1.</b> Imaginan que al agitar el alcohol y el agua quedará todo mezclado. Las previsiones de la altura y el peso indican generalmente una indiferenciación de estos conceptos.</p> <p><b>7.2.</b> Piensan que al agitar el alcohol y el agua se quedará todo mezclado y se producirá un calentamiento de la mezcla y una dilatación. La altura aumenta y el peso no cambia.</p>	<p><b>7.3.</b> La experiencia les evoca la mezcla de dos líquidos inmiscibles, tales como aceite y agua. Prevén el mismo peso y la misma altura.</p> <p><b>7.4.</b> La experiencia les evoca la mezcla normal de dos líquidos miscibles. Prevén el mismo peso y la misma altura.</p>			<p><b>7.5.</b> Hacen una previsión coincidente con lo que sucederá, considerando que todo quedará mezclado con el mismo peso pero menor altura.</p>
	¿Por qué ha bajado la altura al mezclar el alcohol y el agua?				
<b>Módulo 9. ALP</b>	<p><b>9.1.</b> Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos observados.</p> <p><b>9.2.</b> Aún dominados por la percepción, aprovechan algún elemento de la misma para dar una explicación a la disminución de altura</p>	<p><b>9.3.</b> Hay cierta transformación de los datos, pero no hay explicación o al menos no se sabe reaccionar ante la contradicción que supone tener fondos llenos para explicar la disminución de la altura.</p> <p><b>9.4.</b> Hay cierta transformación de los datos que resulta útil para explicar de forma artificiosa la disminución de la altura.</p>	<p><b>9.5.</b> Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a hacer un modelo común para ambas sustancias que además les permite dar una explicación a la disminución de la altura. Hay resistencia a la admisión del vacío absoluto.</p>	<p><b>9.6.</b> La necesidad de explicar la experiencia les lleva, por primera vez, a admitir espacios vacíos entre las partículas</p>	<p><b>9.7.</b> Explican la experiencia con un modelo previamente construido antes de la entrevista o durante la misma.</p>

**EXPERIENCIA 3. ¿POR QUÉ EL AIRE SE COMPRIME Y EL AGUA NO?**

	NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5
	<b>Imagen del aire antes y después de jugar con la jeringa y comprobar la alta compresibilidad</b>				
<b>Módulo 13. AAN</b>	<p><b>13.1.</b> Conciben el aire continuo. La compresibilidad del aire no les lleva a inferir ningún aspecto de discontinuidad.</p>	<p><b>13.2.</b> Conciben el aire continuo pero introducen “aspectos de discontinuidad” para explicar la compresibilidad del aire.</p> <p><b>13.3.</b> Introducen elementos de discontinuidad (partículas sobre fondos continuos de aire) pero éstos no forman un sistema explicativo. Por tanto no hay explicación o, al menos, no hay reacción ante la contradicción que supone tener fondos llenos de aire.</p>	<p><b>13.4.</b> Hay una transformación de los datos (partículas sobre fondos etéreos) lo que les lleva a adquirir un sistema explicativo coherente con la resistencia del vacío</p>	<p><b>13.5.</b> Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío necesario (partículas – vacío).</p>	<p><b>13.6.</b> Hay una transformación de los datos lo que les lleva a un sistema explicativo con vacío y con movimiento necesario (partículas, vacío y movimiento)</p>
	<b>Imagen del aire y del agua después de experimentar sus distintas compresibilidades</b>				
<b>Módulo 14. APO</b>	<p><b>14.1.</b> Conciben ambas sustancias continuas. La explicación de las distintas compresibilidades radica en la propia naturaleza de las sustancias.</p>	<p><b>14.2.</b> Ajustan sus modelos inestables hasta el momento a las nuevas experiencias de compresibilidad, alcanzando modelos continuos con huecos solamente para el aire (y agua continua) o modelos continuos con huecos para ambas sustancias.</p> <p><b>14.3.</b> Se alcanzan modelos más elaborados (discontinuos aparentes) para una de las dos sustancias. La otra sigue siendo continua. La sustancia continua se comporta así por su propia naturaleza. Para la “discontinuidad aparente” se hace una transposición de la propiedad macroscópica a los fondos microscópicos.</p> <p><b>14.4.</b> Se alcanzan modelos “discontinuos aparentes” para ambas sustancias, esto es, se hace una transposición de las propiedades observadas a los fondos de las partículas. Las explicaciones se basan en la naturaleza de los fondos.</p>	<p><b>14.5.</b> Se alcanzan modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para el aire. El agua sigue siendo discontinua aparente (partículas/fondo lleno). Las explicaciones intentan ser algo más elaboradas que la mera transposición al nivel microscópico.</p> <p><b>14.6.</b> Se mantiene los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, a pesar de que no constituyan un sistema lo suficientemente explicativo como para dar cuenta de las distintas compresibilidades. Explicaciones bloqueadas,</p>	<p><b>14.7.</b> Se mantienen los modelos “discontinuos rudimentarios” (partículas/vacío) para ambas sustancias, introduciendo estrategias o disposiciones que explican las distintas compresibilidades. Explicaciones desbloqueadas.</p>	<p><b>14.8.</b> Se alcanzan modelos discontinuos avanzados (partículas/vacío/fuerzas) para ambas sustancias, lo que se deduce como una necesidad derivada de las diferentes compresibilidades.</p> <p><b>14.9.</b> Desde un principio se concibe un modelo discontinuo común para ambas sustancias con la existencia de fuerzas entre partículas y movimiento de las mismas.</p>

**EXPERIENCIA 3B. ¿POR QUÉ EL GAS COLOREADO SE COMPRIME Y EL AGUA NO?**

¿Cómo es posible que el gas coloreado ocupe todo el recipiente, aún después de sacar parte del mismo?				
<b>Módulo 15. GCO</b>	<b>15.1.</b> Hacen dibujos dominados por la percepción. No hay explicación o ésta se da en el nivel de los hechos.	<b>15.2.</b> Aún dominados por la percepción, introducen algún elemento de discontinuidad para dar una explicación a la compresibilidad del gas.	<b>15.4.</b> Transforman los datos perceptivos, lo que lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la hinchazón de las partículas.	<b>15.6.</b> La necesidad de explicar sus observaciones les lleva a admitir un modelo de partículas y vacío necesario. Se explica el comportamiento del gas con la disminución y separación de las partículas.
		<b>15.3.</b> Aún dominados por la percepción, introducen elementos (partículas) novedosos. La explicación se da en el nivel de la legalidad, de manera que las partículas no son protagonistas del comportamiento del gas.	<b>15.5.</b> Transforman los datos perceptivos, lo que les lleva a usar modelos con fondos transparentes. Se encuentra explicación del comportamiento del gas en la disminución y separación de las partículas. Se evita aceptar el vacío en la materia.	

