

# CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS EN LA ESCUELA.

(Resultados de la investigación IAEP-92)

**Carlos Palacios Gómez**  
**M.ª Esther del Moral Pérez**  
**M.ª Paloma Varela Nieto**

Ministerio de Educación y Ciencia

**CIDE**

# **CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS EN LA ESCUELA**

**(RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN IAEP-92)**

**Autores:**

**Carlos Palacios Gómez  
M.<sup>a</sup> Esther del Moral Pérez  
M.<sup>a</sup> Paloma Varela Nieto**

Número: 119

Colección: INVESTIGACIÓN

1. Enseñanza Secundaria.—2. Enseñanza Primaria.—3. Ciencias.—4. Evaluación.—  
5. Medios de enseñanza.—6. Ambiente escolar.



© MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

Secretaría de Estado de Educación

Dirección General de Renovación Pedagógica

Centro de Investigación y Documentación Educativa

EDITA: CENTRO DE PUBLICACIONES – Secretaría General Técnica

Tirada: 1.200 ejs.

NIPO: 176-96-037-9

I.S.B.N.: 84-369-2797-4

Depósito legal: M-1.955-1996

Imprime: Solana e Hijos Artes Gráficas, S.A.

C/ San Alfonso, 26, La Fortuna (Madrid)

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	7
--------------------	---

## CAPÍTULO 1

LA INVESTIGACIÓN del IAEP .....	9
1.1. El estudio .....	9
1.2. Las pruebas. Estructura y resultados .....	12
1.3. Conclusiones más relevantes del estudio internacional .....	17
1.4. Introducción al estudio nacional .....	19

## CAPÍTULO 2

EL RENDIMIENTO EN CIENCIAS .....	21
2.1. Ciencias Físicas .....	21
2.1.1. <i>Interacción</i> .....	22
2.1.2. <i>Leyes de Conservación</i> .....	31
2.1.3. <i>La materia y sus cambios</i> .....	44
2.2. Procesos de la ciencia .....	56
2.3. Ciencias Naturales .....	65
2.3.1. <i>Ciencias de la vida</i> .....	65
2.3.2. <i>Ciencias de la Tierra y del Espacio</i> .....	85

## CAPÍTULO 3

ENTORNO FAMILIAR Y ESCOLAR Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EN CIENCIAS .....	95
3.1. Entorno familiar .....	97
3.1.1. <i>Tamaño de la familia</i> .....	97
3.1.2. <i>Número de libros en casa</i> .....	99

3.1.3.	<i>Interés de los padres por las ciencias</i> .....	102
3.2.	Actividades de tiempo libre .....	103
3.2.1.	<i>Ver la televisión</i> .....	103
3.2.2.	<i>La lectura</i> .....	106
3.2.3.	<i>Los deberes</i> .....	109
3.2.4.	<i>Deberes de ciencias</i> .....	111
3.3.	Entorno escolar .....	114
3.3.1.	<i>Metodología de enseñanza</i> .....	114
3.3.2.	<i>Organización del centro</i> .....	122
3.3.2.1.	Titularidad del centro .....	124
3.3.2.2.	Recursos: libros de texto .....	129
3.3.2.3.	Absentismo, indisciplina y vanda- lismo .....	130
3.4.	Actitudes hacia la ciencia .....	135
3.4.1.	<i>Interés de los padres por las ciencias</i> .....	141
3.4.2.	<i>Autoconcepto en ciencias</i> .....	143
3.4.3.	<i>Actitudes hacia las ciencias y rendimiento</i> <i>(población A)</i> .....	145
3.4.4.	<i>Utilidad de la ciencia para la vida</i> .....	148
3.4.5.	<i>Las ciencias y el logro de un buen empleo</i> ..	149
3.4.6.	<i>Actitudes hacia las ciencias y rendimiento</i> <i>(población B)</i> .....	150
3.4.7.	<i>Asignación de la actividad científica y género</i> ..	151
3.4.8.	<i>Actitudes científicas</i> .....	153
3.4.8.1.	El perfil de los científicos .....	154
3.4.8.2.	Los postulados científicos y su cuestionamiento .....	155
CAPÍTULO 4		
CONCLUSIONES	.....	157
CAPÍTULO 5		
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	163

# INTRODUCCIÓN

La comparación de los diferentes sistemas educativos, currículos y niveles de rendimiento de los alumnos es una práctica cada día más habitual en el mundo. Lo que aprenden los alumnos debe estar vinculado, necesariamente, a su entorno, aunque no podrán ser demasiado diferentes los conocimientos que adquieren los estudiantes coreanos, por ejemplo, y los españoles: la aldea global hacia la que nos encaminamos así nos lo impone.

Esta publicación presenta los resultados de la investigación realizada entre 1990 y 1991 sobre conocimientos científicos de alumnos y alumnas de 9 y 13 años en la que participaron veinte países. Los resultados que aquí se muestran ponen el énfasis en los obtenidos por la muestra española, que representan a la población escolar de nuestro país a excepción de Cataluña.

El lector en el que pensamos al redactar este informe es, fundamentalmente, el profesor de ciencias que desea conocer qué saben, y qué no saben, los alumnos del país. Por ello, y a diferencia del informe internacional, que hace hincapié en cuestiones más generales, nos hemos detenido en los diferentes ítems, que hemos analizado observando tanto el número de respuestas correctas como las respuestas alternativas de los alumnos. El resultado podría servir para ayudar a tomar decisiones a la hora de plantearse los currículos de ciencias en las edades consideradas y en las posteriores, dada la importancia de conocer todo lo que "saben" o "creen saber" los alumnos a la hora de planificar la secuencia de enseñanza y de aprendizaje.

El libro va dirigido también a otros profesionales de la enseñanza con competencias en el diseño de los currículos a otros niveles diferentes al aula, que han de tener siempre una referencia objetiva sobre cuál es el nivel de los alumnos del país cuando proponen reformas curriculares o innovaciones. Los resultados del informe respecto a temas no específicos de ciencias como son el entorno familiar y escolar y las actitudes hacia la ciencia son también de vital importancia a la hora de tomar decisiones cuando se planifican los currículos.

A lo largo de estos años han sido muchas las personas que han intervenido para que el proyecto llegara a buen puerto; recordarles y agradecer su interés es de justicia:

Mariano Alvaro coordinó la investigación, desde los acuerdos con la IAEP hasta la introducción de los datos. Reyes Hernández e Iciar Eraña, especialistas en planificación y evaluación, consiguieron que la investigación se desarrollara como estaba previsto; organizaron la aplicación de la prueba piloto, el muestreo, el trabajo de campo y la grabación de los datos, en un contacto permanente con los coordinadores internacionales. José Angel Calleja fue el responsable de elaborar el marco muestral del estudio a partir de un listado general de centros del país. Blanca Valtierra y Diana García colaboraron con gran interés en numerosas tareas que sin ser demasiado específicas son, ciertamente, imprescindibles. Junto a los ya mencionados, en el estudio participaron también especialistas en didáctica de las ciencias como José G. López de Guereñu, Enrique Sánchez e Ignacio Gonzalo que asesoraron revisando, diseñando items y discutiendo con los representantes de otros países, para que la prueba contuviera "los mejores items". Berta Martínez-Aznar se encargó de estudiar los currículos escolares con objeto de adecuar las pruebas a éstos. José Antonio Barahona se preocupó de facilitarnos los numerosos ficheros que se generaron, listos para ser estudiados.

A nosotros nos ha correspondido realizar la parte más grata en cualquier investigación, la explotación de los datos: sólo hemos tenido que trabajar con los ficheros de datos y observarlos atentamente. Sin todo el trabajo previo, esto no hubiera sido posible. En esta labor hemos de agradecer la gran ayuda de Guillermo Gil en la realización y posterior interpretación de los análisis factoriales que hemos realizado; M.<sup>a</sup> Antonia Núñez mecanografió una gran parte del informe y Mercedes Muñoz-Repiso, nos animó desde un principio a que nos embarcáramos en esta empresa, nos siguió animando cuando nuestra moral estuvo más baja y nos ha aportado numerosas e interesantes sugerencias que han mejorado, sin lugar a dudas, el manuscrito original.

## CAPÍTULO 1

# LA INVESTIGACIÓN DEL IAEP

### 1.1. EL ESTUDIO

Entre 1990 y 1991 un numeroso grupo de países de todo el mundo han participado en la 2.<sup>a</sup> Evaluación Internacional del Progreso en la Educación (IAEP)<sup>1</sup>.

Los motivos que les han llevado a participar en la investigación son variados: conocer qué saben de ciencias los alumnos del país, comparar los conocimientos de sus alumnos con los de los países vecinos o competidores, poner en marcha sistemas de evaluación nacionales, etc.. Sin embargo, hay un interés compartido por todos ellos como es identificar:

*"Qué es lo que pueden saber y qué es lo que pueden hacer en matemáticas y ciencias los alumnos de 9 y 13 años".*

Este objetivo común ha sido el que ha guiado todo el proceso en el que han participado 175.000 alumnos nacidos en los años 1977 y 1981. Algunos de los países han participado también en un estudio sobre conocimientos de geografía.

La dirección del trabajo ha sido llevada a cabo por el Educational Testing Service (ETS), organización privada, sin ánimo de lucro, dedicada a la investigación y la medida en el campo de la educación. Un departamento del ETS es el Center for the Assessment of Educational Progress (CAEP) cuya actividad principal es la administración del National Assessment of Educational Progress (NAEP) por encargo del Departamento de Educación de los EEUU; ha sido este departamento el encargado de coordinar la laboriosa tarea que supone una investigación de este tipo.

---

<sup>1</sup> Este apartado es un resumen adaptado de la introducción del informe internacional, Learning Science.

Esta clase de estudios está rodeada por la polémica: mientras que los más críticos ven el peligro de fomentar la competición entre países al estilo de las olimpiadas, pueden considerarse, no obstante, los beneficios que se derivarían de tal comparación, como son ampliar perspectivas, ayudar a promover cambios o aumentar el rendimiento personal y social.

Hay quienes consideran lo poco útil que podría resultar comparar a los alumnos de EEUU con los de Brasil o los de una escuela rural de China con los que viven en un barrio dormitorio de una gran ciudad; para éstos la enseñanza ha de estar, sobre todo, circunscrita a cada sociedad y cada cultura sin necesidad de compararse con lo que saben otros alumnos de otros países. Sin embargo, dentro de 20 años quizás coincidan, colaboren o compitan en el complejo mundo de los negocios y la tecnología; entonces, sus conocimientos de matemáticas y ciencias no podrán ser muy dispares.

Aunque los distintos países presentan numerosas diferencias en sus currículos, se ha tratado de compararlos en su parte común en lo que a estas edades se refiere. Junto a las pruebas de ciencias se han incluido otras cuestiones que pueden servir para conocer mejor las claves del aprendizaje, como son los relativos al ambiente en el que se desenvuelven: hogar y entorno escolar.

El estudio no pretende establecer relaciones causa-efecto sino conocer algunas de las claves

No todos los países han participado con muestras representativas de la población; algunos se han limitado a determinadas áreas geográficas, lenguas o cursos. En Brasil se han considerado dos poblaciones diferentes representativas de Sao Paulo y Fortaleza; en Canadá, en el estudio de 13 años las muestras representan a 9 de sus 10 provincias y cuatro de éstas han diferenciado entre dos submuestras de escuelas franco-parlantes y anglo-parlantes.

Para extraer la muestra se han considerado la titularidad de los centros, las divisiones administrativas y las características culturales. La muestra ha sido en todos casos sobre alumnos escolarizados. En algunas ocasiones, una parte importante de colegios o estudiantes de la muestra seleccionada no participaron, por lo que las observaciones pueden no responder a la realidad; los resultados de estos países se señalarán oportunamente.

La muestra típica de cada país consta de 3.300 estudiantes de 110 colegios para cada población y para cada curso; la mitad de los alumnos

realizaron la prueba de ciencias y la otra mitad la de matemáticas. Las pruebas se aplicaron en marzo de 1991 en 13 idiomas diferentes. En lo que sigue nos referiremos exclusivamente al estudio relativo a los conocimientos de ciencias.

## **El control de calidad**

Se tomaron diferentes medidas de control en todas las etapas del proyecto para asegurar la uniformidad en la aplicación de las pruebas que luego habrían de compararse. Los procedimientos para controlar la calidad fueron:

### **Traducción de las pruebas y comparación con las originales.**

Una vez traducidas y adaptadas a los diferentes idiomas fueron traducidas de nuevo al inglés y se compararon con las originales. Todos los países utilizaron el mismo tipo de cuadernillos de aplicación, estilo y paginación para las pruebas.

**Prueba piloto.** Se realizó una prueba piloto en todos los países con el propósito de elegir los mejores items.

**Control independiente de las muestras.** Las muestras de cada población se controlaron por parte del equipo coordinador para asegurar que los procedimientos y el peso de los diferentes factores considerados era incluido de forma adecuada.

**Entrenamiento y manuales de instrucciones.** Se prepararon manuales con objeto de desarrollar el proyecto de forma coordinada para realizar el muestreo, aplicar las pruebas e introducir los datos.

**Suministro de programas de ordenador.** Se desarrolló software para facilitar el muestreo y la introducción de datos que se facilitó a los países participantes.

**Administración de pruebas estandarizadas.** Los cuadernillos fueron aplicados a los estudiantes siguiendo las mismas instrucciones y los mismos tiempos. Los administradores de la prueba se entrenaron en los centros de evaluación de cada país (o provincia).

**Observación de las aplicaciones durante las aplicaciones.** Un observador asistió, sin haber avisado previamente, al 10-20% de las clases en las que se aplicaban.

**Control de calidad por personal independiente.** En todos los países, salvo Brasil, una persona que no pertenecía al proyecto visitó algunas clases en las que se administraba la prueba.

**Ficheros de datos y procedimientos de análisis validados.** Cada país depuró sus propios ficheros de datos utilizando programas proporcionados por el personal técnico coordinador del proyecto. El análisis de datos se hizo probando y calculando estadísticos mediante diferentes programas y comparando los resultados.

**Eliminación de items cuya respuesta podría estar condicionada por cuestiones curriculares o culturales.** Se analizaron los resultados de las pruebas y se realizaron análisis de "clusters" y se estudió el funcionamiento diferencial de cada ítem (DIF), se trataba de averiguar qué ítems eran respondidos de diferente forma por estudiantes de la misma habilidad; esto originó la exclusión del análisis internacional de 2 ítems en la prueba de 9 años y 8 en la de 13.

## 1.2. LA PRUEBAS, ESTRUCTURA Y RESULTADOS

Se prepararon dos pruebas dirigidas, cada una de ellas, a los alumnos de cada población y otras dos dirigidas a los directores de los centros según el tipo de población en la que participaba su centro. Con los resultados de ambas se crearon sendos ficheros de datos que posteriormente se integraron por poblaciones, haciendo corresponder a cada alumno de un centro las opiniones de su director.

Cuestionarios de alumnos:

Cada prueba consta de 5 partes. Las cuatro primeras son relativas a conocimientos científicos; para los alumnos de la población A (9 años) cada una de estas cuatro partes consta de 15 ítems, es decir 60 en total; para la población B (13 años) cada parte contiene 18 ítems (72 en total). En la última parte se preguntaban cuestiones relacionadas con el ambiente familiar y escolar, el cuadernillo de la población A contenía 13 ítems y el de la población B 22 ítems. El tiempo máximo permitido para las respuestas fue de 50 minutos para la parte de ciencias y 10 minutos para las cuestiones referidas al entorno familiar y escolar.

Cuestionarios dirigidos a los directores:

A los directores de los centros participantes, o en su lugar a los jefes de estudios, se les pidió que contestaran un cuestionario rela-

tivo a datos de matrícula, currículo, personal, recursos, etc.; el cuestionario de los centros de la población A consta de 53 preguntas y el de la población B contiene 72 ítems.

La prueba de ciencias se preparó seleccionando los ítems que superaron la prueba piloto y que cubrieran las cuatro áreas elegidas (ciencias de la vida, ciencias físicas, ciencias de la tierra y el espacio y procesos de la ciencia) y los tres procesos cognitivos asociados a la resolución de cada ítem que se consideraron: conocimientos, uso de conocimientos e integración de conocimientos (IAEP 1991).

La estructura de la prueba de ciencias, en función de estas dos dimensiones consideradas, se muestra en las TABLAS 1.1. y 1.2.:

**Tabla 1.1. Distribución de los ítems en función de la disciplina considerada.**

<i>Disciplina</i>	<i>Distribución de los ítems</i>	
	<i>9 años</i>	<i>13 años</i>
Ciencias de la vida	23 (38,3%)	25 (34,7%)
Ciencias físicas	19 (31,6%)	26 (36,1%)
Ciencias de la tierra y el espacio	10 (16,6%)	9 (12,5%)
Procesos de la ciencia	8 (13,3%)	12 (16,6%)

**Tabla 1.2. Distribución de los ítems de la prueba en función del proceso cognitivo de resolución.**

<i>Categoría</i>	<i>Ítems</i>	
	<i>9 años</i>	<i>13 años</i>
Conocer hechos, conceptos y principios.	26 (43,4%)	21 (29,5%)
Usar los conocimientos para solucionar problemas sencillos.	23 (38,3%)	32 (44,2%)
Integrar conocimientos para solucionar problemas complejos.	11 (18,3%)	19 (26,8%)

En el estudio internacional, una vez excluidos los ítems que podrían originar sesgos en la medida por cuestiones curriculares o cultu-

rales, se determinaron los aciertos y se expresó la puntuación en una escala que oscila entre 0 y 1000 con una media de 500 y una desviación típica de 100.

## Resultados

Pese a que la ordenación de los países no es el objetivo principal de la investigación, a continuación en las TABLA 1.3. y 1.4. se presentan los resultados de las pruebas de ciencias en cada uno de los países participantes, ordenados de mayor a menor puntuación, dado que es una información que puede resultar de interés:

**Tabla 1.3. Resultados de la prueba de ciencias por países. Población A.**

RESULTADOS PRUEBAS. POBLACIÓN A	
<i>Países con poblaciones mayoritarias</i>	<i>% Respuestas correctas y (Errores típicos jackknife)<sup>2</sup></i>
Corea	68 (0,5)
Taiwan	67 (0,5)
EEUU	65 (0,9)
Canadá	63 (0,4)
Hungría	63 (0,4)
España	62 (0,7)
ex-URSS	62 (1,2)
Israel	61 (0,7)
Eslovenia	58 (0,5)
Irlanda	57 (0,7)
<b>Países con baja participación:</b>	
Emilia-Romagna Italia	67 (0,9)
Inglaterra	63 (0,9)
Escocia	62 (0,7)
Portugal	55 (0,7)

<sup>2</sup> Se puede afirmar con un 95% de probabilidad de acierto que el porcentaje correspondiente a la población total está comprendido entre el porcentaje de la muestra y  $\pm 2$  Errores típicos.

**Tabla 1.4. Resultados de la prueba de ciencias por países. Población B.**

RESULTADOS PRUEBAS. POBLACIÓN B	
<i>Países con poblaciones mayoritarias</i>	<i>% Respuestas correctas y (Errores típicos jackknife)</i>
Corea	78 (0,5)
Taiwan	76 (0,4)
Suiza	74 (0,9)
Hungría	73 (0,5)
Unión Soviética	71 (1,0)
Eslovenia	70 (0,5)
Italia	70 (0,7)
Israel	70 (0,7)
Canadá	69 (0,4)
Francia	69 (0,6)
Escocia	68 (0,6)
España	68 (0,6)
Estados Unidos	67 (1,0)
Irlanda	63 (0,6)
Jordania	57 (0,7)
<b>Países con baja participación</b>	
Inglaterra	69 (1,2)
China	67 (1,1)
Portuga	63 (0,8)
Brasil (Sao Paulo)	53 (0,6)
Brasil (Fortaleza)	46 (0,6)

Como puede observarse, Corea y Taiwan son los países que obtienen mejores calificaciones en ambas pruebas. El alto nivel de los alumnos coreanos ya fue puesto de manifiesto en el primer estudio de la IAEP (1988) en el que participaron 12 poblaciones de 7 países, entre los que no se encontraba Taiwan (Lapointe A.E., Mead N.A., Philips G. W. 1989).

El informe internacional contiene numerosas tablas de datos que se complementan con "Reports" sobre temas específicos. De todas éstas hemos entresacado los más generales como son los que hacen referencia

a la comparación de los resultados de nuestros alumnos en función de las siguientes variables: disciplina, categoría de los ítems y sexo.

**Tabla 1.5. Resultados de la prueba de ciencias por disciplinas**

		<i>Ciencias de la Vida</i>	<i>Ciencias Físicas</i>	<i>Ciencias de la Tierra y el Espacio</i>	<i>Naturaleza de la Ciencia</i>
POBLACIÓN A	TOTAL	63,3	58,6	64,1	63,9
	ESPAÑA	65,7 (0,7)	54,1 (0,7)	62,7 (0,7)	65,1 (1,0)
POBLACIÓN B	TOTAL	68,0	64,4	66,9	70,9
	ESPAÑA	70,3 (0,6)	64,1 (0,7)	68,5 (0,7)	70,0 (0,7)

Como puede apreciarse, el porcentaje de respuestas correctas de los alumnos españoles es superior al de la muestra total en Ciencias de la Vida para ambas poblaciones. En cuanto a los ítems referentes a Ciencias Físicas, nuestros alumnos de 9 años obtienen peores resultados que la media de los países, aunque a los 13 años estas diferencias han desaparecido. Respecto a las Ciencias de la Tierra y el Espacio, mientras que a los 9 años los alumnos españoles obtienen un menor porcentaje de respuestas correctas, a los trece años se obtienen unos porcentajes algo superiores a los del conjunto de la muestra. En lo relativo a la Naturaleza de la Ciencia no se observan grandes diferencias en el porcentaje de aciertos de nuestros alumnos con el del conjunto de los países.

Al realizar el análisis de resultados considerando las categorías de los ítems en función de su demanda cognitiva se han obtenido los siguientes resultados:

**Tabla 1.6. Resultados de la prueba de ciencias según el tipo de ítem**

		<i>CONOCER</i>	<i>UTILIZAR</i>	<i>INTEGRAR</i>
POBLACIÓN A	TOTAL	63,9	62,7	56,9
	ESPAÑA	66,7 (0,7)	63,0 (0,7)	53,8 (0,8)
POBLACIÓN B	TOTAL	72,6	65,4	64,9
	ESPAÑA	76,3 (0,7)	65,2 (0,6)	64,3 (0,7)

De la tabla anterior se desprende que los alumnos españoles están por encima del conjunto de la muestra cuando se consideran ítems que para responderlos correctamente no hay más que conocer hechos, conceptos o principios; esta ventaja desaparece a medida que la complejidad cognitiva del ítem aumenta.

Dado que la variable sexo se ha considerado y, como se verá en el siguiente punto, hay diferencias importantes de rendimiento entre chicos y chicas, se presentan a continuación los resultados de la muestra española:

**Tabla 1.7. Resultados de la prueba según la variable sexo**

	<i>MUJERES</i>	<i>HOMBRES</i>
POBLACIÓN A	59,7 (0,7)	63,4 (0,9)
POBLACIÓN B	66,0 (0,7)	69,2 (0,8)

Como puede apreciarse los alumnos responden a la prueba mejor que las alumnas; en cuanto a la diferencia entre porcentajes en la población de 9 años, los resultados nos sitúan en el tercer país del estudio, tras Taiwan y Corea, donde las diferencias inter-sexos son mayores. Por el contrario, a los 13 años las diferencias en los resultados según el sexo son menores que las de la mayor parte del resto de los países. Para ambas poblaciones las diferencias en la mayor parte de los países lo son a favor de los alumnos. Las diferencias extremas oscilan entre el 5,3 % a favor de los chicos irlandeses a los 13 años y el 0,6 % a favor de las chicas en Escocia en la población de 9 años.

### **1.3. CONCLUSIONES MÁS RELEVANTES DEL ESTUDIO INTERNACIONAL**

No hay una fórmula sencilla para el éxito. Los factores que influyen en el rendimiento académico interaccionan de manera muy compleja y son diferentes en las distintas culturas y sistemas educativos.

Los resultados del estudio muestran qué contenidos científicos pueden aprender los alumnos de 9 y 13 años, lo que podría orientar a la hora de diseñar nuevos objetivos y programas.

En la mayor parte de las poblaciones de 13 años, al menos el 10% de los estudiantes obtienen buenos resultados (15 o más puntos por encima de la media del IAEP) y al menos un 10% obtienen puntuaciones bajas (15 o más puntos por debajo de la media de la IAEP).

En casi todas las poblaciones, los chicos de 13 años obtienen mayores puntuaciones que las chicas de esa edad. Sin embargo, en casi todas de las poblaciones, tres cuartos o más de los estudiantes opinaron que "la ciencia es tanto para chicos como para chicas".

Las pruebas y exámenes de ciencias son más frecuentes en Taiwan, ex-URSS (escuelas ruso-parlantes), EEUU y Jordania. Entre el 67 y el 90 % de los estudiantes realizan pruebas o exámenes al menos una vez a la semana.

Una mayor frecuencia en las exposiciones del profesor está asociada con una mayor puntuación en la prueba en la mayoría de los países participantes, lo que sugiere la importancia tanto de la cantidad de instrucción en general como de esta práctica en particular.

En la mayor parte de los países con alta puntuación (a excepción de Taiwan) no son habituales las agrupaciones de alumnos en función de sus habilidades.

Los estudiantes de 13 años no dedican una gran cantidad de tiempo a realizar sus deberes de ciencias en casa. Entre el 55 y el 90% dicen que dedican una hora o menos cada semana a estas tareas a excepción de la ex- URSS, donde el 59% dedican 4 horas o más a la semana en la realización de los deberes de ciencias en sus casas.

Los estudiantes de 13 años están mucho más dispuestos a dedicar su tiempo libre a ver la televisión que a estudiar. La respuesta más frecuente sobre el tiempo dedicado a ver TV oscila entre 2 y 4 horas diarias. Más del 20% de los alumnos de Israel, Escocia, EEUU, Inglaterra y Fortaleza respondieron que veían la TV 5 o más horas al día.

La mayoría de los alumnos de la mayor parte de los países tienen actitudes positivas hacia la ciencia, a excepción de Corea, donde sólo una cuarta parte de los alumnos tienen tales actitudes.

A la inversa, los alumnos jordanos, con el máximo porcentaje de actitudes positivas hacia la ciencia (82%) obtienen unas puntuaciones en la prueba de las más bajas.

La diferencia de puntuaciones entre los alumnos de 9 y 13 años de las poblaciones estudiadas oscila entre 15 y 25 puntos.

## 1.4. INTRODUCCIÓN AL ESTUDIO NACIONAL

El desarrollo del estudio en nuestro país se ha realizado a partir de un muestreo aleatorio estratificado en el que se ha considerado el habitat (ciudades de menos de 10.000 habitantes, entre 10.000 y 100.000 habitantes y de más de 100.000), el tipo de centro y la Comunidad Autónoma. La TABLA 1.8. resume los tipos de centros participantes por comunidades y por titularidad (los centros "concertados" pertenecen a la categoría privados). Como ya se mencionó anteriormente la Comunidad Autónoma de Cataluña no participa en este estudio.

**Tabla 1.8. Distribución de los centros por comunidades y titularidad.**

COMUNIDADES	POBLACIÓN A			POBLACIÓN B		
	Total	Público	Privado	Total	Público	Privado
Andalucía	27	20	7	27	19	8
Canarias	5	5	—	4	3	1
Galicia	9	6	3	10	7	3
País Vasco	4	2	2	5	2	3
País Valenciano	14	9	5	13	8	5
Territorio M.E.C.	51	33	18	51	32	19
TOTALES	110	75	35	110	71	39

La selección de los alumnos que participaron de cada centro se realizó mediante un programa facilitado por la IAEP que consideraba las siguientes variables: año de nacimiento, sexo, curso y aula. Con esta información el programa generaba un listado en el que los alumnos seleccionados para la prueba de matemáticas no podían participar en la prueba de ciencias y viceversa. En cada centro se exigió un índice de participación mínimo del 85% de alumnos. En ambas poblaciones el índice de participación se situó en el 94%

Los resultados más generales de la prueba aplicada en España se resumen en la TABLA 1.9:

**Tabla 1.9. Parámetros generales de las pruebas.**

<i>POBLACIÓN</i>	<i>n.º ítems</i>	<i>n.º alumnos</i>	$\bar{x}$	<i>DT</i>	<i>Índice de dificultad</i>	$\alpha$ <i>de Cronbach</i>
9 años	60	2.345	35,6	9,1	0,41	0,86
13 años	72	2.370	47,5	10,6	0,34	0,89

En el estudio de la muestra española trabajaremos con puntuaciones directas y porcentajes de acierto para cada ítem, dado que no se ha utilizado la escala empleada por la IAEP (0-1000, y desviación típica 100).

Los análisis estadísticos se han realizado con el paquete de programas SPSS; se han utilizado los subprogramas: RELIABILITY, ANOVA, CROSSTABS, MEANS, REGRESSION y FREQUENCIES.

La organización global del informe que se presenta se ha realizado de la siguiente forma:

En el capítulo siguiente nos hemos preocupado especialmente por presentar la distribución de las respuestas correctas a cada ítem, así como a los distractores. La organización es similar para cada uno de los apartados: se comienza realizando unas consideraciones generales acerca del tema, se clasifican y describen los ítems, se presentan y discuten los resultados relativos a las respuestas correctas y los distractores y por último se describe, en la medida de nuestras posibilidades, cómo se encuentra la investigación en ese campo.

En el capítulo denominado entorno familiar y escolar se hace hincapié en la relación de todas las variables consideradas con el rendimiento.

En ambos capítulos se realizan constantes referencias y comparaciones con los resultados de los otros países.

## CAPÍTULO 2

# EL RENDIMIENTO EN CIENCIAS

### 2.1. CIENCIAS FÍSICAS

En el trabajo que nos ocupa se presentan, bajo este epígrafe, un total de cuarenta y cinco ítems (19 para la muestra de nueve años y 26 para los alumnos de trece) que representan porcentajes del orden del 33% en el conjunto de la prueba. Para su análisis los hemos agrupado, de acuerdo con la temática abordada, en tres bloques:

- Interacción (gravitatoria y electromagnética)
- Leyes de conservación (energía, masa y corriente eléctrica)
- La materia y sus cambios (propiedades, naturaleza corpuscular, cambios físicos y químicos)

En cada uno de los bloques, además de describir los porcentajes de aciertos conseguidos por el alumnado, se ha procedido a analizar los distractores, en nuestra opinión más relevantes, escogidos por los estudiantes de los dos grupos de edades evaluados. Para terminar el estudio, se han comparado estas respuestas con las aportadas por numerosos trabajos que se han realizado en este campo donde los investigadores destacan la existencia, en los alumnos a estas edades, de esquemas alternativos a los defendidos por la ciencia actual.

En el conjunto del estudio, el volumen de información dedicado a las Ciencias Físicas es superior al relativo a los otros campos, fundamentalmente debido a dos causas. Por una parte, la formación de los autores, especialistas en Física y Química y por otra, el hecho de que el número de trabajos publicados sobre ideas alternativas de los estudiantes, utilizados como referencia para realizar el análisis de las respuestas, es sensiblemente más numeroso en estas disciplinas que en Ciencias de la vida o en Ciencias de la Tierra y el espacio.

### 2.1.1. Interacción

#### a) *Consideraciones generales*

El término interacción se emplea con mucha frecuencia en el lenguaje cotidiano y en el escolar, aunque no todas las personas entienden lo mismo cuando se refieren a él. Desde un punto de vista más académico podemos definirlo como la acción recíproca entre dos fenómenos, factores o sistemas. Esta definición admite a su vez dos acepciones:

- *Interacción ecológica.* Relativa a las relaciones entre especies que viven juntas en una comunidad, o más concretamente, efecto que un individuo de una especie puede ejercer sobre un individuo de otra especie.
- *Interacción física.* Relaciones entre sistemas físicos que vienen determinadas mediante las fuerzas. Según Alonso y Finn: "La Física es una ciencia cuyo objetivo es estudiar los componentes de la materia y sus interacciones mutuas. En función de estas interacciones el científico explica las propiedades de la materia en conjunto, así como los otros fenómenos que observamos en la naturaleza". Más adelante definen **la fuerza** como una medida de esas interacciones entre dos sistemas con la condición de que se cumpla la tercera ley de Newton llamada por algunos autores "ley de la interacción" (Tipler, 1987).

El concepto de interacción ha ocupado un lugar importante en los diferentes programas de ciencias. Así, los programas actuales, enmarcados en la Ley General de Educación de 1970, incluyen el concepto de interacción, aunque no de una manera explícita. En los programas de todos los cursos del actual ciclo superior de E.G.B. así como en los de Bachillerato y COU, aparecen temas tales como: fuerzas y movimientos, el peso de los cuerpos, ley de Gravitación Universal, ley de Coulomb, la corriente eléctrica, electromagnetismo, teoría atómica, enlace químico, etc.

En los currículos que el Ministerio de Educación y Ciencia propone para la Enseñanza Secundaria Obligatoria dentro del área de Ciencias de la Naturaleza, el concepto interacción está recogida en las dos orientaciones que hemos descrito es decir, tanto dentro de las tradicionalmente llamadas Ciencias Naturales como en el campo de las Ciencias Físicas.

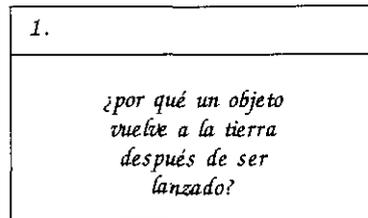
Como se desprende de todo lo anterior, la importancia que a este concepto se le ha dado, tanto desde las Ciencias como en los currículos escolares, es manifiesta. Ello nos ha llevado a escogerlo como categoría de clasificación para analizar las pruebas utilizadas.

### b) Clasificación y descripción de los ítems

Los ítems seleccionados bajo el epígrafe de interacción han sido agrupados en cuatro bloques:

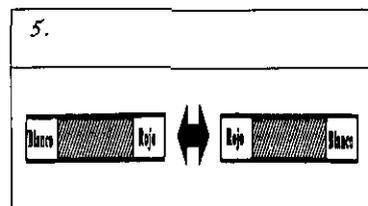
#### 1. Gravitatoria

- La Tierra atrae a los cuerpos que están en su proximidad.
- La atracción está dirigida siempre hacia el centro de la Tierra independientemente de la situación.



#### 2. Electromagnética

- Comportamiento eléctrico de la materia (conductores y aislantes).
- Reconocimiento de los polos magnéticos de un imán a través de la acción entre ellos.



#### 3. Efecto de una determinada interacción sobre un objeto (Leyes de Newton)

- Acción de la gravedad sobre un cuerpo que cae con una velocidad inicial.

#### 4. Interacción molecular

Pese a que la interacción molecular es de naturaleza electromagnética hemos preferido situarla en un apartado específico, debido a las características específicas de las respuestas de los alumnos.

- El aumento de la velocidad molecular media está relacionado con el aumento de la temperatura.

Para este apartado la prueba recoge un total de 10 ítems, de los cuales 3 se han pasado tanto a los 9 como a los 13 años.

#### c) Resultados y discusión

La tabla 2.1 recoge los resultados, expresados en porcentaje, para cada uno de los ítems tanto en la muestra española como en la global del estudio.

Tabla 2.1.

<i>Interacción</i>				
	<i>9 años</i>	<i>13 años</i>	<i>9 años</i>	<i>13 años</i>
1. ¿Por qué un objeto vuelve a la tierra después de ser lanzado al aire? <i>la gravedad</i>	65	—	42,1	82,9
2. Un hombre está colocado de pie en el Polo Sur. Deja caer una piedra. ¿Qué trayectoria seguirá? <i>hacia el centro de la tierra</i>	52	—	61,3	—

7.

*Cuando una nave espacial se aproxima a la Tierra, comienza a calentarse. ¿Cuál es la mejor explicación de lo que ocurre?*

Tabla 2.1. (Continuación)

				
	9 años	13 años	9 años	13 años
3. ¿Cuál de los siguientes objetos: trozo de madera, peine de plástico, goma de borrar y clavo de hierro, deberías conectar para cerrar un circuito? <i>un clavo</i>	79	89	76,6	92,7
4. Dados los materiales: plástico, papel, cristal y cobre. ¿Cuál conduce mejor la electricidad? <i>el cobre</i>	—	87	—	89,5
5. ¿Qué conclusión podemos obtener cuando observamos que los extremos del mismo color de dos imanes se repelen? <i>son del mismo polo</i>	—	64	—	74,7
6. ¿Cuál es la trayectoria más probable que seguirían unas gafas que se caen cuando la chica que las lleva frena bruscamente? <i>parabólica</i>	58	64	52,4	65
7. ¿Por qué se calienta, comenzando a ponerse incandescente, una nave espacial que se aproxima a la atmósfera? <i>rozamiento con el aire</i>	—	59	—	59,3
Media de los porcentajes de acierto	63,5	72,6	58,1	77,3

Existe un amplio porcentaje en los alumnos de nueve años (37% para el conjunto de la muestra y 42% para España) que no dan las respuestas correctas para el conjunto de los ítems que estamos tratando.

Al aumentar la edad se observa que disminuye el número de estudiantes que dan respuestas incorrectas (27,4% y 22,6% para el mundo y España respectivamente). Es interesante destacar que los alumnos españoles que a los 9 años están 5 puntos por debajo de la media general, a los 13 años se colocan 5 por encima. En cuanto a los ítems que se han repetido en los dos niveles hay que señalar que se obtienen resultados similares en ambas poblaciones.

En el conjunto de la muestra el aumento de la edad se corresponde con un ascenso de 9 puntos frente al espectacular 23% que se obtiene en España.

### Estudio de los distractores

Para profundizar en las contestaciones alternativas que dan los estudiantes españoles en los ítems que se les presentan, se han analizado los distractores que, en nuestra opinión, son más relevantes.

#### 1. *Interacción gravitatoria*

En el ítem 1, acerca de la causa por la que un cuerpo lanzado hacia arriba vuelve hacia la Tierra, el distractor más escogido, tanto a los 9 años (31,2%) como a los 13 años (7%), es el que incluye la idea de que el aire es el causante de la gravedad y por lo tanto de que los cuerpos caigan.

En el ítem 2, se pide cuál es la trayectoria de un cuerpo que se deja caer en el Polo Sur, aparece como respuesta alternativa mayoritaria (32,5%) la idea de que existe una "verticalidad absoluta" y, en virtud de ésta, el cuerpo se alejará de la superficie de la Tierra cuando "cae" en el Polo Sur.

#### 2. *Interacción electromagnética*

Resulta sorprendente que en el ítem 3, relativo a la conductividad eléctrica de los materiales, la madera sea ampliamente

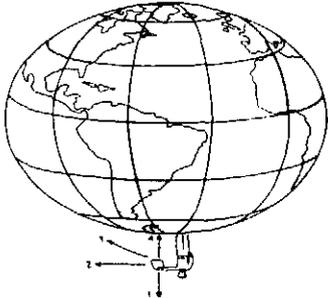
1.

A. La Tierra está rotando

B. La Tierra es magnética

C. La gravedad atrae a los objetos

D. El aire empuja a los objetos hacia arriba



El dibujo de arriba muestra la Tierra y a un hombre de pie en el Polo Sur. El hombre deja caer una piedra. ¿Qué flecha señala cómo caerá la piedra?

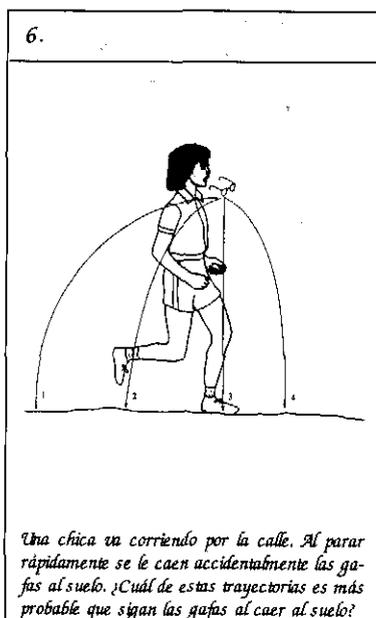
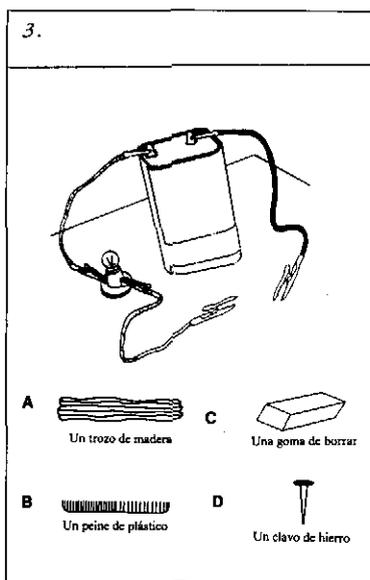
preferido para cerrar un circuito frente al plástico o la goma en opinión de los estudiantes de 9 años (un 16% frente al 2 y 3%).

### 3. Efecto de la interacción sobre los objetos

El distractor más escogido por los estudiantes dentro del conjunto que estamos comentando corresponde al ítem 6, sobre la trayectoria de un móvil que comienza a caer con una velocidad inicial horizontal. En él, un amplio porcentaje de estudiantes, un 39% a los 9 años y un 25,5% a los 13, escogen la opción en que, despreciando la velocidad inicial horizontal que llevan las gafas en el momento en que abandonan a la chica, consideran únicamente la acción de la gravedad y por lo tanto piensan que la trayectoria adecuada es la vertical.

### 4. Interacción molecular

En el ítem 7, relativo al calentamiento de una nave espacial cuando entra en la atmósfera, destaca la idea de que la nave se calienta al aproximarse a la Tierra debido a la acción de la gravedad (20%).



En el siguiente apartado se analizarán las investigaciones que sobre los esquemas alternativos de los alumnos se han desarrollado en los últimos diez años, buscando las posibles relaciones entre los resultados de estos estudios y los distractores más escogidos por los alumnos objeto de este informe.

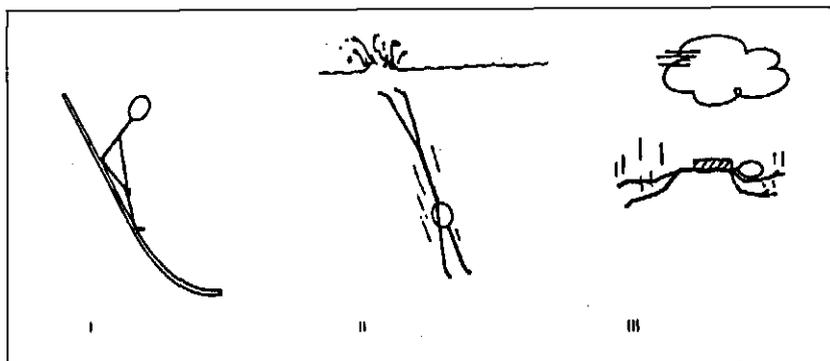
d) INVESTIGACIONES REALIZADAS SOBRE LAS IDEAS QUE PRESENTAN LOS ESTUDIANTES DENTRO DEL CAMPO: "LAS INTERACCIONES Y SUS EFECTOS"

En primer lugar, hay que destacar una dificultad inicial alrededor del concepto de interacción derivada del hecho de que ésta se pueda producir "a distancia", sin que medie un contacto directo a nivel macroscópico (Pozo, 87). Esta idea tropieza, además, con el concepto de fuerza que normalmente tienen los alumnos, que no va unido a la idea de interacción entre dos cuerpos sino a una propiedad característica que poseen éstos (Hierrezuelo, 89).

Cuando se ha profundizado en la interpretación que hacen los estudiantes de la 3.<sup>a</sup> ley de Newton, generalmente se ha visto que, sólo identifican una de las fuerzas de la pareja que existe en toda interacción y en caso de identificar las dos, suelen darle un valor diferente a cada una de ellas.

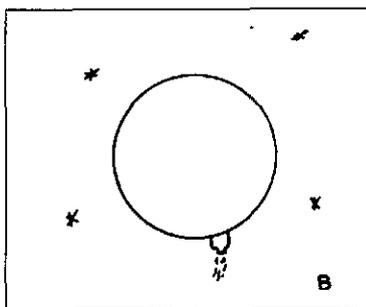
En la misma línea de argumentación, se pueden incluir las dificultades que aparecen para la comprensión del rozamiento como una fuerza y no como un fenómeno o una simple resistencia (Clement 79, 1983 b). Como indica Pozo, en su libro *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*, "los sujetos creen que sólo lo que actúa de modo perceptible y dinámico sobre un objeto hace fuerza sobre él". Complementariamente a esto, aparece una dificultad añadida debida a que, en determinadas situaciones, el rozamiento no sólo no se opone al movimiento, sino que permite el avance de los cuerpos.

Otro aspecto importante de las fuerzas de rozamiento es que, según han detectado algunos autores, entre otros Stead y Osborne (1981), los alumnos tienen dificultad para reconocerlas en el caso de no producirse entre dos cuerpos en estado sólido. Cuando los autores citados, y según recoge Hierrezuelo en *La Ciencia de los alumnos*, presentaban a sus alumnos la figura siguiente:



un porcentaje nada despreciable señalaba la ausencia de rozamiento en los casos II y III; en esta línea puede interpretarse el elevado porcentaje de error, 41%, en el ítem en que se presenta a los estudiantes objeto de este trabajo la situación de movimiento de un sólido a través de un gas.

En lo referente al concepto de gravedad, diferentes autores (Nussbaum y Novak, 1976) destacan el hecho de que los alumnos piensan que los objetos caen hacia un "abajo absoluto" existente en el espacio. Así, cuando se les pide que indiquen cómo caería el agua de una botella colocada en el Polo Sur, suelen hacer un dibujo como el que se indica al margen.



Esta contestación coincide con los resultados obtenidos en la cuestión 2, en la que se planteaba qué trayectoria seguiría una piedra que se dejase caer en el Polo Sur. El 32,5% de los estudiantes de nueve años escogían un camino como el dibujado para el agua de la botella.

También se ha detectado que muchos alumnos asocian la gravedad con el aire

*"...los astronautas en sus viajes por el espacio no tienen aire, atmósfera, y por lo tanto no están sometidos a la acción de la gravedad..."*.

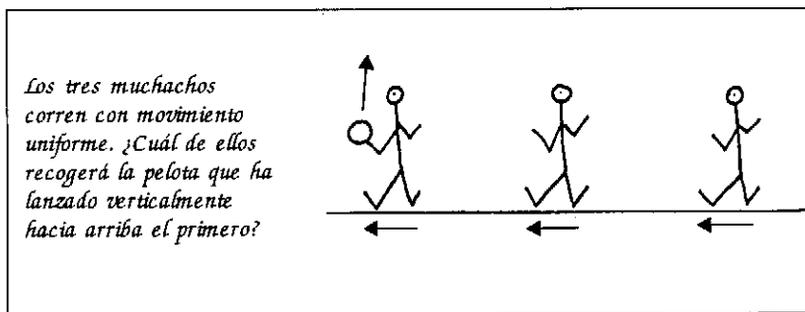
Esta idea va evolucionando con la edad en concordancia con los resultados obtenidos en el informe que estamos comentando.

En cuanto a los conceptos implicados en los ítems englobados en el bloque de interacciones electromagnéticas: diferente comportamiento de los materiales frente al paso de la corriente y reconocimiento de los polos de un imán, no conocemos investigaciones específicas ya que, la mayor parte de autores que han trabajado en ese campo lo han hecho sobre circuitos eléctricos y las magnitudes que intervienen en su funcionamiento y por tanto nos referiremos a ellos más adelante cuando abordemos esos tópicos.

De todos los ítems que se han abordado dentro de este apartado, es el ítem 6, relativo a la trayectoria seguida por las gafas que abandonan a la chica cuando frena bruscamente, es del que existen más trabajos publicados sobre las ideas que en él aparecen. La contestación alternativa más escogida en este ítem coincide con el esquema conceptual, ampliamente implantado en estudiantes de todas las edades,

*"el movimiento tiene lugar en la dirección de la fuerza"*

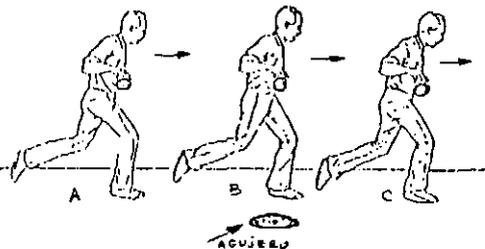
Algunas de las cuestiones que se han planteado relativas a este tema son las siguientes: (Carrascosa, 87).



Según indica el autor, siempre que esta cuestión ha sido ensayada incluso, con profesores en activo o en formación, el número de errores es del orden del 90%.

En McCloskey (83), el autor explica que cuando se les pide a los alumnos que realicen de forma práctica una tarea similar a la que se presenta en esta cuestión:

Un hombre va corriendo a velocidad constante. En un momento determinado deja caer una bola que lleva en la mano con la intención de que entre en un agujero. ¿En cuál de las tres posiciones A, B y C tiene que hacerlo para conseguir éxito? Razónalo.



La mayoría de los alumnos proponían lanzar la pelota justo cuando estaban encima del agujero sin tener en cuenta la velocidad que ellos llevaban, lo que está en consonancia con el esquema alternativo utilizado.

En relación con este tema, en la Revista Enseñanza de las Ciencias (Octubre de 1992) ha aparecido una extensa revisión bibliográfica realizada por Carrascosa, J y Gil, D. sobre los esquemas alternativos más frecuentes en Mecánica y más concretamente en Dinámica. Este trabajo, por su íntima relación con el problema de la interacción, constituye una interesante fuente de información para aquéllos que deseen profundizar en este campo.

### 2.1.2. Leyes de conservación

(Magnitudes que se conservan en las transformaciones físico-químicas)

#### a) Consideraciones generales

En las Ciencias Físico-Químicas las leyes de conservación tienen un papel muy relevante. Según indica R. Feynman en su libro "Física. Volumen I: Mecánica, radiación, calor" se puede abordar toda la Física, y por ende la Química, a partir de seis leyes de conservación. Tres son las que él denomina "sutiles", involucrando espacio y tiempo:

- Ley de conservación de la energía

— Ley de conservación de la cantidad de movimiento

— Ley de conservación del momento angular

Otras tres son calificadas como "simples", en el sentido de contar cosas:

— Ley de conservación de la carga

— Ley de conservación de bariones (neutrón, protón...)

— Ley de conservación de leptones (electrón, neutrino...)

Hasta donde podemos afirmar hoy día estas leyes son exactas.

La comprensión de estas leyes y su aplicación a los diferentes campos de las Ciencias tiene que ser un objetivo prioritario de la enseñanza de las mismas, y aparecer por tanto en los currículos escolares.

Los actuales programas de estudios abordan estas leyes con cierta profundidad adaptándolos a los diferentes niveles educativos. Así, aparecen estos conceptos en E.G.B:

Cómo investigar la materia:

La materia tiene masa y volumen

Medida de estas magnitudes

La energía se puede transformar

La energía nuclear

La energía eléctrica y sus transformaciones.

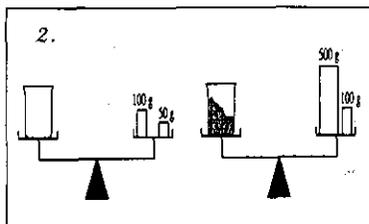
En los currículos del Area de Ciencias de la Naturaleza de la E.S.O. aparecen de forma explícita el principio de "conservación de la masa" (Bloque: Los cambios químicos) y el principio de "conservación de la energía" (Bloque: La Energía). Este último se recomienda para 4.º curso (16 años).

#### b) *Clasificación y descripción de los items*

Los items se han agrupado en diferentes categorías. En las dos primeras aparecen todos aquéllos encaminados a determinar la familiarización de los alumnos con los métodos de medida de masas y volúmenes. Tras estos, aparecen los items agrupados en torno a cada uno de los principios de conservación considerados.

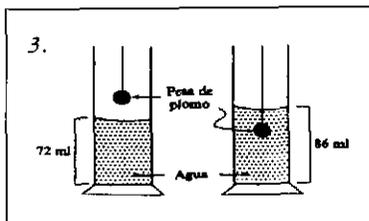
1. Medida de masas/pesos

- Determinación de masas utilizando su carácter aditivo.
- Determinación de masas utilizando la condición de equilibrio de una balanza.



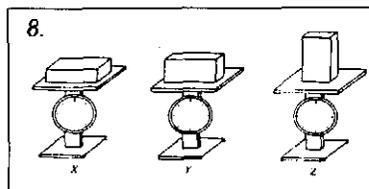
2. Medida de volúmenes

- Determinación de volúmenes de sólidos por inmersión en un líquido.
- El volumen cambia si cambia la cantidad de materia.



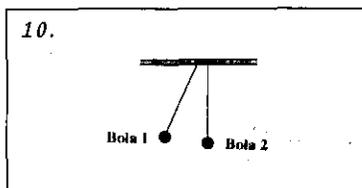
3. Conservación de la masa

- Aunque un objeto se divide en partes su masa sigue siendo la misma.
- La masa es independiente de la posición o de la forma externa de un objeto.



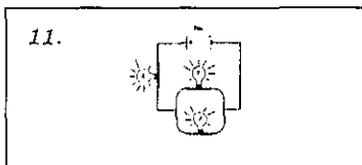
4. Conservación de la energía

- Los objetos pueden "almacenar" energía.
- En un choque elástico la energía se conserva.



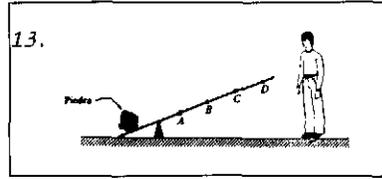
5. Conservación de la corriente eléctrica

- En un circuito eléctrico la corriente se conserva.



6. Conservación del momento de una fuerza (equilibrio)

- El momento de una fuerza es igual a la fuerza por la distancia al punto de apoyo.



c) *Resultados y discusión*

La tabla 2.2 muestra los resultados, expresados en %, obtenidos para cada uno de los ítems.

**Tabla 2.2. Resultados de los ítems**

LEYES DE CONSERVACIÓN				
	9 años	13 años	9 años	13 años
1. Si se colocan sucesivamente tres cajas de masas desconocidas en un platillo de una balanza y en el otro se coloca siempre la misma tara. ¿Cómo se puede saber cual es la mas ligera? <i>Aquella para la cual la tara quede en la posición más baja...</i>	63	—	49,2	—
2. Calcular la masa de una cantidad de arcilla que ha sido pesada en un recipiente cuya masa se ha determinado previamente <i>La masa es la diferencia entre las dos pesadas...</i>				
3. ¿Cómo se puede determinar el volumen de una bola de plomo suspendida dentro de un líquido? <i>Midiendo el desnivel producido en el líquido al sumergir la bola...</i>	—	67	—	62,4
4. Tres tubos de diferente sección contienen un líquido que llega hasta la misma altura. ¿Dónde hay más cantidad? <i>En el tubo de mayor sección</i>	82	—	78,7	—

Tabla 2.2. (Continuación)

LEYES DE CONSERVACIÓN				
	9 años	13 años	9 años	13 años
5. Un trozo de arcilla pesa P. Si se divide en 10 partes ¿Cuánto pesará? <i>Lo mismo...</i>	55	74	60,2	86,3
6. Una piedra se encuentra dentro de una probeta donde se lee el nivel del líquido. ¿Cambiará el nivel si la piedra se parte en tres trozos? <i>El nivel no cambia...</i>	—	70	—	67,9
7. ¿Varía el peso de un ladrillo si cambia la cara sobre la que se apoya? <i>El peso no varía...</i>	63	—	55,1	—
8. ¿Depende la masa y el volumen de un objeto que pueda adquirir diferentes formas, de la forma específica que tome? <i>La masa y el volumen no dependen de la forma...</i>	—	83	—	73
9. ¿Pueden una pila, un muelle y una lata de gasolina almacenar energía y posteriormente transferirla? <i>Los tres pueden hacerlo...</i>	53	—	50,2	—
10. ¿Qué le ocurre a una bola suspendida de un hilo cuando otra idéntica es lanzada sobre ella? <i>La bola se desplazará en sentido contrario...</i>	70	—	66,1	—
11. ¿Cómo es el brillo de tres bombillas iguales colocadas una en serie y dos en paralelo? <i>Las bombillas en paralelo brillan igual, aunque distinto a la otra en serie...</i>	—	61	—	39,6

Tabla 2.2. (Continuación)

LEYES DE CONSERVACIÓN				
	9 años	13 años	9 años	13 años
12. ¿En qué punto de un circuito con una ramificación hay que abrir para que todas las bombillas dejen de lucir? <i>En un punto de la rama principal...</i>	—	46	—	61,7
13. Si queremos subir una piedra con una palanca ¿En qué punto debemos aplicar la fuerza? <i>En el punto más lejano al punto de apoyo...</i>	71	77	69,8	74,6

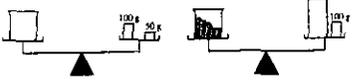
### Estudio de los distractores

Con el propósito de profundizar en las contestaciones alternativas que dan los alumnos españoles a los ítems que estamos describiendo, a continuación se discuten las respuestas que han dado a los distractores más relevantes para la enseñanza.

#### 1. Medida de masa/peso

En el ítem n.º 2 se calcula la masa de una cantidad de arenilla, pesando previamente el recipiente que la contiene. Un 31% de los alumnos de 13 años no tiene en cuenta la masa del recipiente.

2.



Como se muestra arriba, Paula ha medido la masa de un vaso. Después ha introducido en el vaso arenilla y ha medido la masa del vaso y la arenilla conjuntamente. ¿Cuál es la masa de arenilla en gramos?

A 150 g. B 450 g. C 600 g. D 750 g.

2. *Medida de volúmenes*

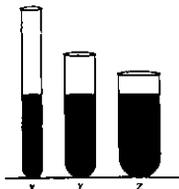
En el ítem n.º 4 se presentan tres tubos de diferente sección, con la misma altura de líquido, el distractor más escogido (un 16% frente a un 2 y 1%) es aquél que se corresponde con la idea de que la cantidad de agua viene determinada por la altura.

3. *Conservación de la masa*

En el ítem n.º 5, acerca de la conservación de la masa cuando un objeto se divide en partes, llama la atención que a los 9 años las contestaciones alternativas se repartan por igual entre las opciones presentadas (12% para cada una). Sin embargo, a los 13 años, un 6% de estudiantes escoge la respuesta que incluye la idea de que el peso de las partes es menor que el del todo, frente a un 3% de alumnos que prefieren las otras respuestas.

Cuando se presenta un problema similar, aunque sumergiendo el objeto dentro de un líquido, ítem n.º 6, la tendencia a responder que el volumen ocupado por las partes es menor que el volumen inicial aumenta respecto al ítem anterior. Un 22,4% de estudiantes de 13 años se inclinan por esta idea.

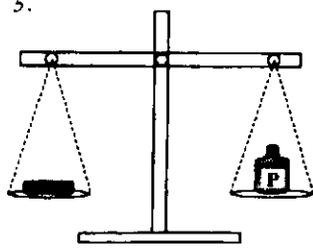
4.



Se han llenado tres tubos de cristal con agua hasta que han alcanzado el mismo nivel, tal como puedes observar en el dibujo de arriba. ¿Qué tubo tiene más agua?

A: X	B: Y	C: Z	D: todos igual
2,2%	1,1%	78,7%	16%

5.



Se coloca un trozo de arcilla en una balanza graduada y se equilibra con una pesa, P. Posteriormente, se divide el trozo de arcilla en 10 partes, y se colocan de nuevo en la balanza. ¿Cuánto pesan las 10 partes?

A: mucho menos que P	B: Lo mismo que P
(12,8%)	(60,2%)
C: Un poco más que P	D: Diez veces más que P
(12,2%)	(12,5%)

En cuanto al ítem n.º 7 puede verse que el distractor más escogido es el que afirma que cuando el ladrillo se apoya en la cara de mayor superficie (20,3% para estudiantes de 9 años) pesa más.

El ítem n.º 8 plantea el problema de si el peso y/o volumen de un objeto dependen de su forma. El distractor más escogido (21% frente a un 2% para las otras posibilidades) es el que reconoce la conservación de la masa, aunque no la del volumen. Así, el volumen es mayor cuando la superficie exterior se hace mínima.

#### 4. Conservación de la energía

El ítem n.º 9 plantea a los estudiantes de 9 años el problema de cuáles objetos pueden "almacenar" energía. Presenta dos distractores claramente preferidos: la pila (24,9%) y la lata de gasolina (19%). Frente a ello, el muelle sólo es escogido por un 4%.

#### 5. Conservación de la corriente eléctrica

Éste es uno de los pocos ítems donde una contestación errónea es escogida con preferencia (44,7%) a la alternativa correcta (39,6%). Este distractor presenta la idea de que bom-

7.



Objeto 1



Objeto 2

Dos objetos de diferentes formas están hechos cada uno con 4 cubitos como muestra la figura de arriba. Todos los cubitos son exactamente iguales. ¿Cuál es la relación entre dos objetos si se compara su peso y volumen?

- A El objeto 1 pesa más, pero ambos tienen el mismo volumen.  
 B El objeto 2 pesa más y tiene el mayor volumen.  
 C Ambos pesan igual, pero el objeto 1 tiene el mayor volumen.  
 D Ambos pesan igual y tienen el mismo volumen.

9.



Pila



Muelle



Lata de Gasolina

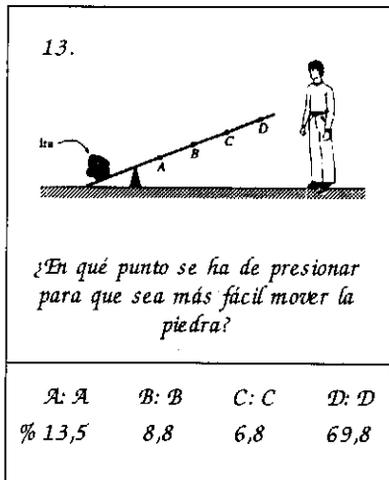
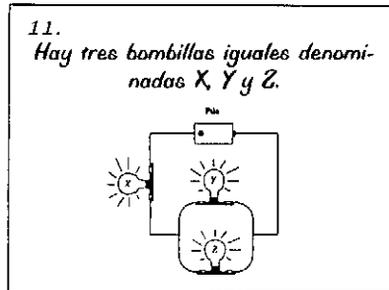
Arriba se muestran una pila, un muelle y una lata de gasolina. ¿Cuál de estos elementos puede almacenar energía que puede ser utilizada para que algo se mueva?

- A Solamente la pila. 24,9%  
 B Solamente el muelle 4,0%  
 C Solamente la gasolina 19,0%  
 D Los tres 50,2%

billas iguales brillan igual, independientemente de la corriente eléctrica que pase por ellas.

En el ítem n.º 12, que presenta un circuito idéntico al del ítem anterior, se plantea el problema de cómo afecta al resto del circuito el hecho de abrirlo por un punto. El distractor más escogido (25,1%) es que si abrimos el circuito por una rama del mismo, la corriente se anulará en todo el circuito.

6. Cuando se les plantea a los niños de 9 años, en qué punto de una palanca hay que aplicar una fuerza para subir una piedra colocada en el otro extremo, ítem n.º 13, el 13,5% escoge el punto más próximo al fulcro. Este porcentaje disminuye, equiparándose al de las otras respuestas alternativas, cuando esta cuestión se les propone a los estudiantes de 13 años (aproximadamente un 9%).



d) *Investigaciones realizadas acerca de las ideas de los alumnos sobre por qué hay magnitudes que se conservan*

Los estudios piagetianos han mostrado con bastante claridad como la casi totalidad de las conservaciones que se pueden establecer con respecto al mundo que nos rodea son el producto de nuestro esfuerzo cognitivo y por tanto, lejos de ser una intuición, son una construcción. Nuestro pensamiento tiende a centrarse más en lo que cambia que en

lo que permanece, y ésta puede ser la justificación de los problemas con que se encuentran los alumnos cuando tienen que enfrentarse con las llamadas "leyes de conservación".

Pozo et al. (1992) han sugerido la existencia de tres núcleos principales que hay que asumir para una comprensión correcta de la Química: la noción de discontinuidad de la materia, la conservación de las propiedades no observables de la misma y la cuantificación de las relaciones o la representación cuantitativa de las leyes físico-químicas. En opinión de estos autores, la conservación es un concepto directamente relacionado con la noción de discontinuidad, de tal manera que se podría considerar la asimilación de esta noción como una condición, necesaria pero no suficiente, para llegar a comprender la conservación de la materia en los distintos cambios que puede sufrir.

Sobre cada una de las leyes de conservación analizadas se han realizado diferentes estudios. Algunos de los más relevantes se comentan a continuación.

### 1. Conservación de la masa

Existen numerosos trabajos que han investigado acerca de las ideas que tienen los estudiantes sobre los conceptos de masa y volumen. Estos conceptos se consideran prerequisites para comprender posteriormente magnitudes fundamentales como la densidad o leyes generales como la ley de conservación de la masa.

Piaget e Inhelder (1971) sostienen que la distinción entre masa y volumen es una conquista del desarrollo intelectual. Desde una perspectiva piagetiana el grupo del Chelsea College de la Universidad de Londres ha diseñado una tarea denominada "peso y volumen" para investigar, junto con otras seis tareas, la relación entre el estadio de desarrollo cognitivo en que, desde la teoría de Piaget, el alumno puede operar y la comprensión de los conceptos científicos que puede alcanzar (Science Reasoning Task, S.R.T.). Según los autores el primer concepto en "crystalizar" es la masa (corresponde a un nivel de razonamiento concreto). Algo después se adquiere el concepto de peso y llega a diferenciarse, de forma intuitiva, la densidad como algo distinto del peso. Posteriormente, se adquiere la idea de volumen, diferenciándolo de masa y peso. Finalmente, con volumen y masa diferenciados, se puede llegar al concepto analítico de densidad como la relación masa/volumen (alumnos en un estadio formal inicial). Algunos de los ejercicios que

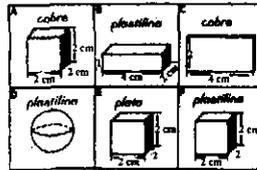
componen la tarea que estamos describiendo coinciden con los items objeto de este estudio. Una descripción detallada se puede leer en el libro "La Ciencia de enseñar Ciencias" de Shayer y Adey (1984).

Oñorbe et al. (1992) han investigado si un conjunto de alumnos, desde 8.º EGB hasta COU (713), distinguían claramente entre masa y volumen cuando tenían que resolver determinadas tareas en que se modificaba la naturaleza y la forma de diferentes objetos. Los resultados han sido muy clarificadores: sólo el 12% de alumnos de 3.º de BUP han conseguido responder correctamente.

Con posterioridad, se les pasó unas pruebas sobre conservación de la masa en diferentes procesos: disolución de un sólido en un líquido (prueba realizada por Driver et al. (1985) con anterioridad) y combustión en un recipiente cerrado.

**PROBLEMA 1**

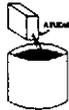
Observa las siguientes figuras y responde a las preguntas



- A tiene igual volumen que-----.
- B tiene igual masa que-----.
- A tiene igual masa que-----.

- A tiene mayor volumen que-----.
- Si alguna pregunta te resulta dudosa explica por qué

**PROBLEMA 2**



- En un cazo, como el de la figura, se añaden 200 g. de azúcar y 1000 g. de agua y se agita hasta que todo el azúcar se disuelve.
- a) El contenido del cazo tendrá ahora una masa de (hacer cruz en la casilla correspondiente):

  - Menos de 1000 gramos.
  - 1000 gramos.
  - Más de 1000 gramos pero menos de 1200 gramos
  - Más de 1200 gramos

- b) Explicar las razones por las que se ha elegido la respuesta.

**PROBLEMA 3**



- En una botella, como la de la figura, situada sobre una balanza, se introduce un papel encendido que pesa 20 gramos y se cierra inmediatamente. Una vez cerrada, la aguja de la balanza marca 520 gramos.
- Cuando el papel se queme totalmente la balanza marcará:

  - Menos de 500 gramos.
  - 500 gramos
  - Entre 500 y 520 gramos.
  - 520 gramos.
  - Más de 520 gramos.

- Explicar las razones por las que se ha elegido la respuesta.

Los resultados obtenidos pusieron de manifiesto la dificultad para comprender de forma significativa el principio de la conservación de la masa en cualquier situación. Los porcentajes de acierto en el caso de la combustión son sensiblemente menores que en el proceso de disolución. Situaciones como ésta ponen de manifiesto que las ideas utilizadas por los estudiantes cuando tienen que resolver las tareas dependen fuertemente del contexto en el que se presentan (Driver 88).

Llorens (1989) estudió la influencia del lenguaje en el aprendizaje de las Ciencias. En una parte de la investigación se enfrentó a los estudiantes con varias pruebas de lápiz y papel sobre la conservación de la masa en diferentes procesos tales como cambios de estado, calentamientos, etc...

Uno de los resultados de la investigación fue que había relaciones significativas entre las respuestas alternativas y el uso de significados cotidianos empleados por los alumnos, de manera que éstos podían interferir en la construcción de los conceptos de masa y volumen.

Fernández (1985) presentó los resultados obtenidos con una muestra de 256 alumnos de 2.º de BUP cuando se les planteaban cuestiones como las siguientes:

1) Si sumergimos objetos de diferente naturaleza (plástico, hierro, madera y corcho), pero del mismo volumen. ¿Cuál de ellos desalojará menos agua?

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que el 62,2% de los estudiantes responden que desaloja más volumen el hierro porque es un "cuerpo pesado".

2) Se planteó el mismo problema, aunque con objetos que teniendo el mismo volumen, presentan diferente forma (bola, cilindro, caja, botella).

Se encontró que el 27% de los alumnos creen que desaloja más volumen la bola que los otros objetos, a pesar de tener todos el mismo volumen.

3) En otro momento se incluyeron objetos que además de tener el mismo volumen tienen la misma masa.

La respuesta más escogida refleja una fuerte tendencia a escoger la masa frente al volumen como variable,

4) También realizó la experiencia con el mismo conjunto pero con diferente peso.

El 72% de alumnos que escogen como cuerpo que desaloja mayor volumen el cuerpo de mayor peso.

El autor concluye que un gran número de alumnos cree que cuando se sumerge un cuerpo sólido en un líquido el volumen desalojado no tiene nada que ver con el volumen del propio sólido. La magnitud que para ellos influye más es la masa o el peso del cuerpo.

## 2. Conservación de la energía

Los resultados obtenidos en el ítem n.º 9 relativo a la posibilidad de que determinados sistemas sean capaces de "almacenar" energía para posteriormente transferirla, muestran la existencia de un porcentaje importante de alumnos que no considera que el muelle pueda almacenar energía. Esta elección podría tener su origen en el hecho de que una pila "transfiriendo energía" a un objeto que se mueve, así como, un coche o una moto funcionando cuando echamos gasolina representa una situación más familiar para los alumnos que un muelle produciendo movimiento.

Los resultados obtenidos en la prueba que investigamos coinciden con los destacados en diferentes investigaciones. Así, Watts (1983) como resultado de entrevistas sobre ejemplos realizados a estudiantes entre 12 y 18 años, encontró que algunas de las categorías más populares eran: energía como fuente de actividad, energía y movimiento y energía como combustible, en consonancia con los datos que aparecen en este informe. Estas contestaciones coinciden también con las encontradas en trabajos realizados en nuestro país con alumnos de las mismas edades.

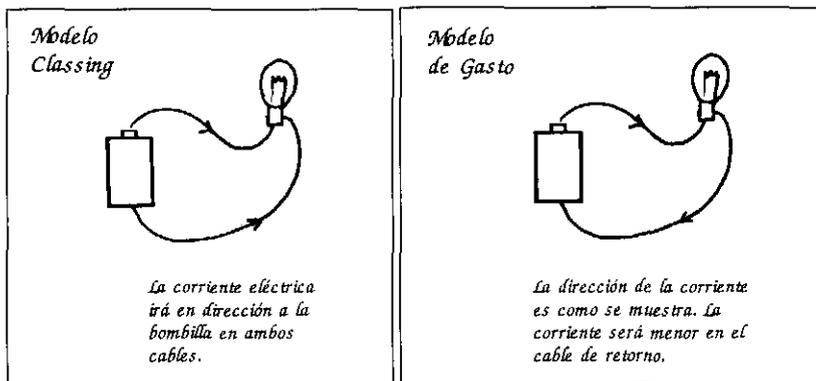
Como información complementaria se puede decir que se ha detectado en numerosas ocasiones que los estudiantes no utilizan el principio de conservación de la energía cuando tienen que resolver problemas, especialmente en el campo de la Mecánica (Duit 1981).

Black y Solomón (1983) han estudiado la dificultad que tienen los alumnos a la hora de integrar el concepto de conservación en su experiencia cotidiana debido en parte al conflicto entre el uso científico de las palabras energía y conservación y el significado que se les da en la vida diaria donde se utilizan términos como "consumo energético" o "producción de la energía" en clara contradicción con la idea de conservación.

## 3. Conservación de la corriente eléctrica en circuitos

Numerosas investigaciones han puesto de manifiesto que un porcentaje elevado de alumnos de diferentes edades, no reconocen la con-

servación de la corriente eléctrica a lo largo de un circuito (consecuencia del principio de conservación de la carga), ni siquiera en circuitos muy sencillos como el que aparece en los ítems 11 y 12 de este estudio. Así, Osborne y Freyberg (1991) han detectado en alumnos jóvenes los denominados modelos "classing" y de "gasto" indicados en las figuras siguientes:



Se ha comprobado la existencia de estos modelos en estudiantes de superior edad (17 años) (Shipstone D. 1984) e incluso en alumnos universitarios (Dupin J.J. y Johsua S. 1985). En España, Varela et al. (1988), en estudios similares han llegado a los mismos resultados. Se puede generalizar que, la no asunción por parte de los estudiantes del principio de conservación de la corriente eléctrica imposibilita la correcta comprensión del funcionamiento de los circuitos.

### 2.1.3. La materia y sus cambios

#### a) Consideraciones generales

Dentro del marco de la ciencia actual, la materia tiene una naturaleza corpuscular y discontinua, estando constituida por partículas que pueden moverse y combinarse. Uno de los principales objetivos de la enseñanza de la ciencia es proporcionar a los alumnos un modelo interpretativo de la naturaleza de la materia que les permita un conocimiento de la misma y que tenga capacidad para explicar tanto los cambios físicos como los cambios químicos que se producen en ella.

Para conseguir este objetivo, todos los conceptos relacionados con el título de este epígrafe, "La materia y sus cambios", tales como átomo, molécula, cristal, sustancia pura, mezcla, disolución, cambios de estado, reacciones químicas, etc.. han aparecido formando parte tradicionalmente de los programas de Ciencias de nuestro país. Así, en la actual Enseñanza General Básica aparecen los siguientes contenidos:

- Cómo investigar la materia (6.º)  
Un primer intento de clasificar las sustancias:  
propiedades características
- Clasificando las sustancias (8.º)  
La separación de las sustancias  
Elementos y compuestos
- Naturaleza de la materia (8.º)  
Partículas  
El "átomo" como unidad de materia.

En lo referente al Bachillerato y COU surgidos de la Ley de Educación de 1970, podemos encontrar sistemáticamente temas titulados:

- Estructura atómica
- Estados de agregación de la materia
- Disoluciones
- Reacciones químicas
- Introducción a la química del carbono

Estos contenidos aparecen también en los programas que el Ministerio de Educación propone para el área Ciencias de la Naturaleza de la Educación Secundaria Obligatoria donde textualmente se dice:

*"Los contenidos se organizan en este área alrededor de algunos conceptos fundamentales tales como energía, **materia**, interacción y **cambio**. A través de ellos se reconoce la importancia de la adquisición de las ideas más relevantes del conocimiento de la naturaleza y de su organización y estructuración en un todo articulado y coherente".* (Real Decreto 1345/1991).

En el desarrollo de los bloques temáticos aparece:

**BLOQUE 1:** Diversidad y unidad de estructura de la materia.

**BLOQUE 2:** La energía ( dentro del cual se contemplan los cambios de estado),

**BLOQUE 3:** Los cambios químicos.

b) *Clasificación y descripción de los items*

Los items que se han incluido dentro de este apartado se han agrupado en las siguientes categorías:

1. Propiedades de la materia

- Dos líquidos se separan si tienen diferente densidad.
- Dos sólidos, previamente mezclados, se separan si tienen diferente comportamiento frente a un campo magnético.
- Un criterio de clasificación de sustancias puras es el estado físico que presentan a temperatura ambiente.

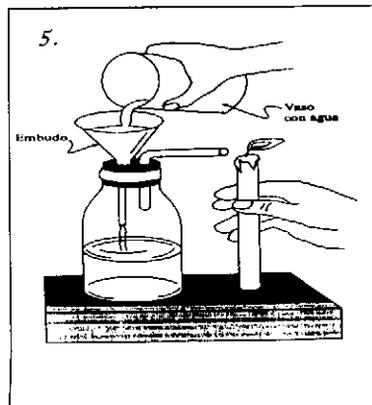
3.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Hélio	Madera	Alcohol
Oxígeno	Aluminio	Agua
Aire	Hierro	Gasolina

*Estas sustancias, a temperatura ambiente, han sido clasificadas en tres grupos. ¿En qué propiedad se basa dicha clasificación?*

2. Naturaleza corpuscular de la materia

- Cuando un gas se calienta aumenta su volumen.
- Los gases, en concreto el aire, ocupan volumen.
- Un gas se caracteriza porque la interacción entre sus moléculas es más débil que en los líquidos y los sólidos.



3. Cambios físicos y cambios químicos

a) Proceso de disolución

- Unas sustancias se disuelven en agua mejor que otras.
- El proceso de disolución está determinado por diversos factores.
- En una disolución se puede recuperar el soluto por evaporación del disolvente.

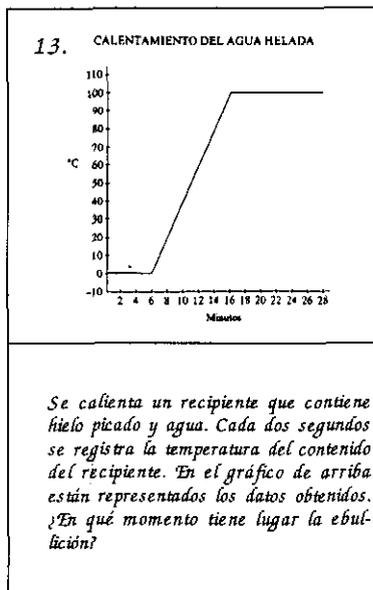


b) Cambios de estado

- El agua aumenta de volumen cuando se congela.
- Mientras dura el cambio de estado la temperatura no varia.
- Los cambios de estado no modifican la composición química de las sustancias.

c) Reacciones químicas

- En las reacciones de combustión es necesario el oxígeno.



c) *Resultados y discusión*

En la tabla 2.3 se presentan las contestaciones correctas a los distintos ítems, expresadas en tanto por ciento, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

Tabla 2.3. Constataciones correctas a los distintos ítems

LA MATERIA Y SUS CAMBIOS				
	9 años	13 años	9 años	13 años
1. En una mezcla de aceite y agua ¿En qué orden se colocan los líquidos? <i>El aceite encima del agua...</i>	—	—	34,1	—
2. ¿Cómo podrían separarse virutas de hierro y arena previamente mezclados? <i>Usando un imán...</i>	56	—	39,5	—
3. Dados tres grupos de sustancias: sólidas, líquidas y gaseosas ¿Con qué criterio se han agrupado? <i>Por el estado físico en que se encuentran...</i>	45	—	29,6	—
4. ¿Por qué un globo colocado en la boca de una botella que se calienta aumenta de volumen? <i>Porque el aire de la botella se expande...</i>	—	52	—	50,0
5. Una botella tiene un tapón con dos agujeros. Por uno de ellos se echa agua con un embudo. En el otro se coloca un tubo acodado. ¿Por qué se agita la llama de una vela colocada enfrente de la salida del tubo? <i>Porque el aire ocupa espacio...</i>	—	72	—	79
6. ¿Cuál es el estado de la materia en el que las moléculas están muy separadas e interaccionan débilmente? <i>El estado gaseoso...</i>	—	49	—	45

TABLA 2.3. (Continuación)

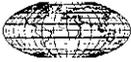
LA MATERIA Y SUS CAMBIOS				
	9 años	13 años	9 años	13 años
7. Dadas las sustancias arcilla, pimienta, azúcar y arena ¿Cuál se disuelve mejor?				
<i>El azúcar...</i>	53	—	51,5	—
8. Dadas las sustancias sal, azúcar, alcohol y aceite ¿Cuál se disuelve menos en agua?				
<i>El aceite...</i>	—	58	—	83,3
9. En una disolución de azúcar en agua ¿qué factor no influye en la solubilidad?				
<i>Tapar el recipiente...</i>	—	77	—	48,3
10. ¿Cómo se puede recuperar sal sólida de una disolución en agua?				
<i>Evaporando el agua...</i>	—	66	57,4	45,3
11. ¿Por qué una muestra de tierra de jardín pesa menos si se deja en reposo, y en un recipiente abierto, durante una semana?				
<i>Porque se evapora el agua...</i>	—	64	—	52,5
12. ¿Qué propiedad cambia en el agua cuando se congela?				
<i>El volumen...</i>	48	37	39,2	31,6
13. Dada una curva de calentamiento de una mezcla de hielo y agua líquida ¿Cuándo tiene lugar la ebullición?				
<i>Cuando se alcanzan 100°C y la temperatura permanece constante en el transcurso del tiempo...</i>	—	52	—	42,4

Tabla 2.3. (Continuación)

LA MATERIA Y SUS CAMBIOS				
	9 años	13 años	9 años	13 años
14. ¿En qué cambio la composición química permanece igual? <i>Cuando se funde el hielo...</i>	—	57	—	40
15. Tres velas iguales arden en presencia de una cantidad limitada de oxígeno, ¿cuál arderá más tiempo? <i>La que disponga de más cantidad de oxígeno...</i>	—	76	—	76,9

### Estudio de los distractores

A continuación se discuten las contestaciones alternativas más destacadas que han dado los estudiantes españoles en el conjunto de items relativos a la materia y a sus cambios que estamos analizando.

#### 1. *Propiedades de la materia*

En el ítem n.º 1, donde se plantea a los alumnos de 9 años mezclar aceite y agua llama la atención que un 43,2 de la muestra española piense que el aceite y el agua se mezclan de forma homogénea. Sorprende asimismo, que dada una mezcla sólida de hierro y arena la contestación alternativa mayoritaria, 23% a los 9 años edad, sea que los componentes se pueden separar con las manos (ítem n.º 2).

En lo que respecta al ítem n.º 3 que presenta una clasificación de sustancias según el estado físico en que se encuentran a temperatura ambiente el 31,5% de los alumnos de 13 años escogen como respuesta correcta la que afirma que el criterio de clasificación ha sido la composición química de las sustancias.

#### 2. *Naturaleza corpuscular de la materia*

En el ítem n.º 4, presentado a los alumnos de 9 años, se pregunta por las causas del aumento de volumen de un globo cuando se calienta

la botella a la que está unido. La contestación más escogida no es la correcta, así, para el 32% la causa del aumento de volumen es un aumento de la presión del aire exterior. El porcentaje de alumnos que responden correctamente es el 29,6%.

En el ítem n.º 6, presentado a estudiantes de 13 años, se pregunta acerca de cuál es el estado físico de una sustancia cuyas moléculas interaccionan muy débilmente. Las contestaciones alternativas se reparten por igual entre todas las posibilidades que aparecen: sólido, líquido y cristalino.

### 3. *Cambios físicos y cambios químicos*

#### a) Proceso de disolución

En el ítem n.º 7, los alumnos de 9 años tienen que decidir qué sustancia, de entre varias, se disuelve mejor en agua. El distractor más escogido es la arena (22,3%), seguido de la arcilla (16,4%). A los 13 años las respuestas alternativas se reparten por igual entre todas las posibles contestaciones.

En lo que respecta a los factores que no influyen en los procesos de disolución, ítem 9, hay que destacar que un 18% de los alumnos, a los 13 años, incluyen el aumento de temperatura entre éstos.

En los ítems que hacen referencia a la separación del soluto (sal sólida) del disolvente (agua), tanto a los 9 años como a los 13, el distractor escogido mayoritariamente es aquél que asume que los componentes de una disolución pueden separarse por medios físicos (papel de filtro...)

#### b) Cambios de estado

Llama la atención que cuando se plantea a los alumnos de 13 años qué cambios experimenta el agua cuando se congela, un 40,5% (mayor porcentaje que el 31,6% que dan la respuesta correcta) responden que no solamente cambia el volumen sino también el peso y la composición química.

En el ítem 13, relativo a la interpretación de una curva de calentamiento, la contestación alternativa más elegida, un 25,6% en estudiantes de 13 años, reconoce que en los cambios de estado la temperatura no varía (tramo horizontal), aunque colocan el punto de ebullición a los 0 °C, lo cual podría ser debido a una lectura incorrecta de la gráfica.

c) Reacciones químicas

Cuando se les plantea a los alumnos, en el ítem 14, en qué procesos de cambio —de entre un conjunto que se les plantea— la composición química de las sustancias **permanece igual**, un 22% de estudiantes de 13 años escogen la oxidación de un clavo. Parece que no hay una idea clara de qué es una reacción de oxidación. En la misma línea podríamos encuadrar las respuestas que dan los alumnos al ítem 15, donde un 16,2% no reconocen la importancia de la existencia de una cantidad determinada de oxígeno para la combustión de una vela.

d) *Investigaciones realizadas acerca de las ideas de los alumnos sobre la materia y sus cambios*

Se presentan un conjunto amplio de investigaciones realizadas con la finalidad de profundizar en la comprensión de las ideas que tienen los alumnos sobre la **naturaleza corpuscular** de la materia. Según autores destacados en este tipo de estudios, Nussbaum, Llorens, Pozo, la asunción de la naturaleza corpuscular es un factor decisivo para poder realizar un aprendizaje comprensivo de la Química.

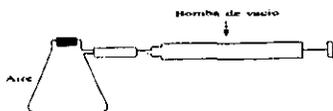
No hay una respuesta definitiva a la pregunta de si los estudiantes entre 12 y 18 años tienen una idea clara de la estructura corpuscular de la materia. Numerosos trabajos realizados al efecto parecen indicar que en lo referente a la materia en estados sólido y líquido no parecen razonar utilizando un modelo de partículas; el estado gaseoso parece, por el contrario, beneficiarse del uso de este modelo aunque cuando se analizan las respuestas de los alumnos aparecen numerosas contradicciones. En esta línea, Llorens (88) presentó un cuestionario de seis ítems, algunos de ellos similares a los números 4 y 5 de la prueba que estamos analizando a una muestra de 606 alumnos de 1.º de F.P. y 2.º de BUP antes de comenzar el estudio de la Química en estos niveles. El análisis de las respuestas le llevó a concluir: "que existen dificultades, incluso en alumnos bien dotados, para la adquisición de una concepción discontinua de la materia, pese a la evidencia de una cierta familiaridad con conceptos y representaciones corpusculares. La razón de este hecho es que algunas de estas representaciones tienen una base epistemológica distinta, siendo compatibles con una visión de la realidad basada en lo perceptual y macroscópico"

Stavy (1985), citado por Pozo (1991), estudió el pensamiento de una muestra desde 5 hasta 13 años, sobre los conceptos de "sólido" y "líquido" encontrando que no explican dichos estados en términos de teoría atómico-molecular.

Novick y Nussbaum (1981) trabajaron con una muestra de 576 alumnos (desde los 10 años, hasta estudiantes de Universidad no especializados en Ciencias) y concluyeron también que estos estudiantes no utilizaban una visión discontinua de la materia para sólidos y líquidos. Por otro lado, Nussbaum (1985b) había realizado un estudio con 150 alumnos de 14 años encontrando que entre un 40 y un 70% (dependiendo de la tarea) utilizaron un modelo corpuscular para explicar fenómenos físicos relacionados con los gases. Reproducimos a continuación algunas de las tareas empleadas por Nussbaum que se han convertido en "clásicas" para los investigadores dentro de este campo.

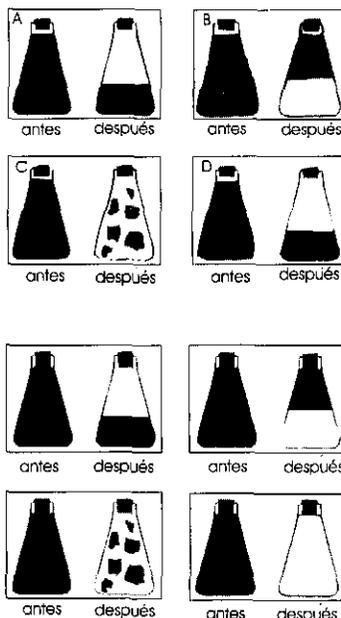
**TAREA 1**

*Supón que tienes unas gafas mágicas a través de las cuales puedes ver el aire que está contenido en el matraz. Dibuja lo que verías antes y después de que la bomba de vacío extraiga aire (Tomado de Nussbaum, 1985).*



**TAREA 2**

*Aquí tienes algunos dibujos realizados por alumnos de otro colegio antes y después de extraer aire del matraz. ¿Qué dibujo crees que representa mejor el aire del interior en cada caso? (Tomado de Nussbaum, 1985)*



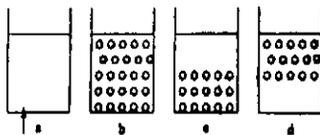
En el libro "Procesos cognitivos en la comprensión de la Ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la Química", Pozo y col. hacen una extensa revisión (Cap 4) de los resultados encontrados en investigaciones encaminadas a explorar las ideas de los alumnos sobre la estructura

de la materia y la influencia de estas ideas en la comprensión de conceptos más complejos. Esta revisión representa una fuente de datos de suma importancia para aquéllos que estén interesados en el tema.

Las ideas previas de los estudiantes acerca de las **disoluciones** han sido relativamente poco investigadas y en general, los autores coinciden en la dificultad de entender a nivel microscópico qué es lo que está pasando al disolver un sólido, situando el origen de estas dificultades en las ideas alternativas que tienen los alumnos acerca de la estructura corpuscular de la materia.

Serrano y Blanco (1988) realizaron una serie de entrevistas a alumnos de 11 a 15 años con la finalidad de profundizar en sus ideas

*¿Cuál de los siguientes dibujos representa mejor a las partículas de azúcar disueltas en agua?*



*no hay azúcar  
en el agua*

sobre disolución (a partir del ejemplo agua/azúcar), y el concepto de concentración (diferentes volúmenes de agua y  $\text{KMnO}_4$ ). A partir de las respuestas obtenidas elaboraron un cuestionario de 10 ítems de opción múltiple que contestaron 172 alumnos entre 11 y 16 años. Algunas de las conclusiones que destacan los autores son:

- Un porcentaje elevado de alumnos de las diferentes edades piensan que el soluto se deposita en el fondo de la disolución. (No admiten una distribución homogénea soluto / disolvente).
- Antes de los 16 años es preferible no introducir el concepto de concentración, debido a la dificultad de los alumnos para manejar simultáneamente dos variables.

Llorens (1991) ha investigado también sobre las ideas que tienen los alumnos acerca de qué es una disolución, con la intención de profundizar en el conocimiento de sus concepciones corpusculares de la materia. Les presentaba dos vasos de precipitados llenos de agua a diferentes temperaturas en los que se echaban unas gotitas de  $\text{KMnO}_4$

muy diluido. Las explicaciones que hacen uso del modelo corpuscular tiene cierta importancia para estudiantes entre 14 y 16 años, aunque simultáneamente aparecen respuestas del tipo:

- "Las moléculas de agua absorben la tinta y entonces el agua queda coloreada".
- "Al ajustarse las gotas de tinta con el agua en un determinado tiempo, el agua adopta ese color debido a las moléculas de agua que se colorean".
- "Cada molécula y átomo toma el color".

En cuanto al efecto de la temperatura en la velocidad de difusión, algunos de los razonamientos fueron:

- "Porque cuando el agua está más caliente, las partículas se separan más y dejan paso a las del líquido que están más unidas".
- "Porque en el agua caliente algunas de ellas se han transformado en gases, entonces quedan espacios vacíos".

Estas respuestas podrían explicar que el 17% de los alumnos de 13 años no reconozcan la temperatura como un factor influyente en el ítem 9 de la prueba que estamos analizando.

En cuanto al epígrafe denominado **cambio de estado** los trabajos de Pozo et al. (1991) resultan de un gran interés. En ellos se realiza una extensa revisión bibliográfica (Cap. 6) y agrupan las concepciones alternativas que presentan los alumnos sobre este tema, en cuanto a su origen, en las siguientes categorías:

- 1) Confusión entre cambio químico y cambio físico.
- 2) Ideas erróneas sobre sólido, líquido y gas ligadas a los problemas de estructura de la materia.
- 3) Falta de comprensión de los cambios de estado como procesos de transferencia de energía.

Dentro del primer apartado podríamos encontrar la explicación al elevado porcentaje de los alumnos de la muestra que estamos estudiando (40,4%) que creen que cuando el agua se congela cambia no solamente el volumen sino también el peso y la **composición química**.

En esta línea, también, Osborne y Cosgrove (1983) han encontrado respuestas para explicar la condensación del tipo "La superficie fría y el aire reaccionan para formar agua" y Llorens (1991) indica la existencia de una tendencia muy acusada a explicar la evaporación del

agua puesto que los átomos que forman las moléculas se separan entre sí. También, dentro de esta confusión cambio físico/cambio químico, se podrían incluir los errores que aparecen cuando se plantea, como en el ítem 14, en qué procesos no se van a producir cambios en la composición química de las sustancias que se citan: el 60% de los estudiantes de 13 años no reconocen que la fusión del hielo no lleva asociado un cambio en la composición química.

## 2.2. PROCESOS DE LA CIENCIA

### a) Consideraciones generales

En la prueba que se está describiendo aparecen bajo este epígrafe diferentes ítems (ocho para estudiantes de 9 años y 12 para los de 13) cuyos contenidos corresponden a algunos de los llamados procesos o destrezas científicas. En el estudio de las Ciencias de la Naturaleza en sus dos vertientes, físico-químicas y ciencias naturales, se ha considerado tradicionalmente de gran importancia que los alumnos se familiaricen, en mayor o menor grado, con una serie de pautas de trabajo características del quehacer científico. Así, en la mayor parte de los programas de ciencias de los distintos países se contempla el aprendizaje de los procedimientos científicos en las clases de ciencias y como consecuencia de ello, su evaluación.

En lo que respecta a los currículos actualmente en vigor en nuestro país, la enseñanza y el aprendizaje de los procesos de la ciencia ocupa un lugar destacado en los programas oficiales. Sin embargo, el poco peso que se les ha otorgado en pruebas homologadas, como las antiguas reválidas de Bachillerato y las actuales pruebas de Acceso a la Universidad y el considerable esfuerzo que supone la enseñanza de estos contenidos (por su gran componente experimental) ha repercutido en una cierta despreocupación por su enseñanza.

Esta situación podría sufrir un cambio importante con la entrada en vigor los nuevos programas propuestos por el MEC para la Enseñanza Secundaria Obligatoria donde se especifican tres tipos de contenidos: conceptos, procedimientos y actitudes. En cuanto a los contenidos procedimentales se dice expresamente:

*"Al sistema conceptual altamente organizado de la ciencia están indisolublemente vinculadas pautas y reglas que caracterizan métodos*

*científicos de indagación de la realidad. Por ello, los alumnos deben conocer y utilizar algunos métodos habituales en la actividad científica a lo largo del proceso investigador..”(Real Decreto 1345/1991)*

Posteriormente, se recalca la importancia de evaluar este tipo de conocimientos.

## **b) Clasificación y descripción de los itens**

Se han agrupado los itens correspondientes a este apartado de acuerdo con unas categorías ampliamente aceptadas por la comunidad científica:

### 1. *Observar*

- Relacionar descripciones con figuras
- Observar a partir de descripciones

### 2. *Leer e interpretar datos*

- Interpretar tablas y gráficos
- Extraer información de una tabla
- Leer escalas
- Interpolar datos en una gráfica
- Comprobar medidas

### 3. *Diseñar experimentos*

- Comprender el experimento a partir de una descripción
- Diseñar un experimento controlando variables

### 4. *Extraer conclusiones*

- A partir de representaciones gráficas de experimentos

## **c) Resultados y discusión**

En la tabla 2.4 se presentan las contestaciones correctas, expresadas en tanto por ciento, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

**Tabla 2.4. Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra**

OBSERVAR/LEER DATOS																						
	9 años	13 años	9 años	13 años																		
<p>1. De entre los siguientes cangrejos ¿Cuál es el correspondiente a la descripción dada?</p> <p>A  B  C  D </p> <p><i>El cangrejo marino morado tiene un cuerpo de forma casi cuadrada. Sus ojos están separados entre sí y tiene unas tenazas pequeñas. ¿Cuál de estos dibujos podría ser el dibujo del cangrejo marino morado?</i></p> <p><i>El D</i></p>	85	—	86,7	—																		
<p>2. Sabemos que un insecto tiene 6 patas ¿Cuál de los siguientes dibujos corresponde a un insecto?</p> <p>A  B  C  D </p> <p><i>El B</i></p>	78	—	78,1	—																		
<p>3. A partir del dibujo representado ¿Qué podemos inferir?</p> <p></p> <p><i>Hay algunas manzanas en el suelo y otras en el árbol</i></p>	—	82	—	39,8																		
<p>4. Dada la tabla de la figura ¿Qué animal se encontró en mayor número bajo las piedras secas?</p> <table border="1" data-bbox="191 1235 586 1376"> <thead> <tr> <th>Animales</th> <th>N.<sup>o</sup> de animales encontrados en zonas pedregosas</th> <th>N.<sup>o</sup> de animales encontrados en zonas secas</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Escarabajos</td> <td>xxxxxx</td> <td>xxxxxx</td> </tr> <tr> <td>Arañas</td> <td></td> <td>xxxxxx</td> </tr> <tr> <td>Lombrices de tierra</td> <td>xxx</td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Caracoles</td> <td>xxxx</td> <td>xxx</td> </tr> <tr> <td>Ciempis</td> <td>xxx</td> <td>xxxxx</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Las arañas</i></p>	Animales	N. <sup>o</sup> de animales encontrados en zonas pedregosas	N. <sup>o</sup> de animales encontrados en zonas secas	Escarabajos	xxxxxx	xxxxxx	Arañas		xxxxxx	Lombrices de tierra	xxx	x	Caracoles	xxxx	xxx	Ciempis	xxx	xxxxx	60	84	59,9	58,5
Animales	N. <sup>o</sup> de animales encontrados en zonas pedregosas	N. <sup>o</sup> de animales encontrados en zonas secas																				
Escarabajos	xxxxxx	xxxxxx																				
Arañas		xxxxxx																				
Lombrices de tierra	xxx	x																				
Caracoles	xxxx	xxx																				
Ciempis	xxx	xxxxx																				

Tabla 2.4. (Continuación)

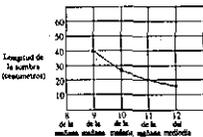
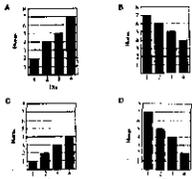
LEER E INTERPRETAR DATOS																			
	9 años	13 años	9 años	13 años															
<p>5. Dada la gráfica de la figura ¿Cuál era la longitud de la sombra a las 11 de la mañana?</p>  <p>20 cm.</p> <p>3. Las palomas mensajeras encuentran el camino de regreso a casa desde grandes distancias. Un hombre soltó una paloma a 30 kilómetros de su casa. Hizo esto durante cuatro días seguidos y anotó el tiempo que tardaba la paloma en regresar a casa. Obtuvo los siguientes resultados.</p> <table border="1" data-bbox="246 785 464 916"> <thead> <tr> <th>Día</th> <th>Tiempo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>7 horas</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>5 horas</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4 horas</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>2 horas</td> </tr> </tbody> </table> <p>6. Dada la tabla de datos siguiente ¿Qué gráfico representa mejor los datos?</p>  <p>El gráfico D</p>	Día	Tiempo	1	7 horas	2	5 horas	3	4 horas	4	2 horas	51	—	60,4	—					
Día	Tiempo																		
1	7 horas																		
2	5 horas																		
3	4 horas																		
4	2 horas																		
<p>7. Dada la tabla siguiente ¿Qué podemos afirmar?</p> <table border="1" data-bbox="200 1241 545 1401"> <thead> <tr> <th></th> <th>Número de hojas</th> <th>Altura de las plantas (cm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Planta 1</td> <td>6</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>Planta 2</td> <td>2</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Planta 3</td> <td>4</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Planta 4</td> <td>2</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table> <p>La planta 1 tiene mayor número de hojas</p>		Número de hojas	Altura de las plantas (cm)	Planta 1	6	15	Planta 2	2	5	Planta 3	4	4	Planta 4	2	10	—	83	—	89,8
	Número de hojas	Altura de las plantas (cm)																	
Planta 1	6	15																	
Planta 2	2	5																	
Planta 3	4	4																	
Planta 4	2	10																	
	—	84	—	82,6															

Tabla 2.4. (Continuación)

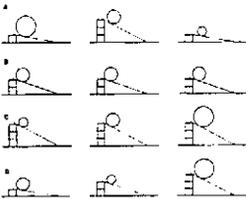
LEER E INTERPRETAR DATOS/DISEÑAR EXPERIMENTOS				
	9 años	13 años	9 años	13 años
<p>8. ¿Qué marca el aparato de la figura?</p>  <p>25 kilogramos</p>	81	—	72,2	—
<p>9. ¿Cuál es la mejor estimación del número de ratones que hubo en 1975?</p>  <p>125 ratones</p>	—	65	—	65,9
<p>10. A partir de la observación de la figura ¿Qué podemos afirmar?</p>  <p>Los bloques tienen distinto peso</p>	—	—	—	75,1
<p>11. De entre los siguientes montajes ¿Cuál serviría para comprobar que las pelotas grandes se alejan más que las pelotas pequeñas cuando llegan al final de la rampa?</p>  <p>E1C</p>	54	77	48,7	79,5

Tabla 2.4. (Continuación)

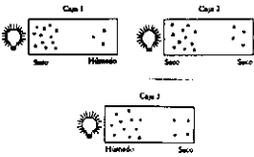
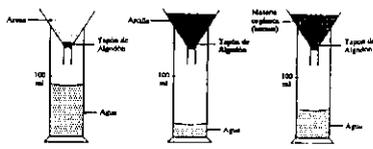
DISEÑAR EXPERIMENTOS/EXTRAER CONCLUSIONES																									
	9 años	13 años	9 años	13 años																					
<p>12. Queremos comprobar que la causa de que un vaso estalle cuando le echamos agua caliente es la diferencia de temperatura entre el agua y el vaso ¿Cuál de los siguientes experimentos es el más adecuado?</p> <p>A  B  C  D </p> <p><i>El experimento A</i></p>	—	57	—	39																					
<p>13. ¿Qué información podemos deducir de la tabla siguiente?</p> <table border="1" data-bbox="194 774 535 965"> <thead> <tr> <th>Nombre de la sustancia</th> <th>Atraerá</th> <th>No atraerá</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Clavo de hierro</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Palillo</td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Canica de cristal</td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Cuchara de acero</td> <td>x</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Moneda de plata</td> <td></td> <td>x</td> </tr> <tr> <td>Cable de cobre</td> <td></td> <td>x</td> </tr> </tbody> </table> <p><i>Los imanes atraen a algunos metales pero a otros no</i></p>	Nombre de la sustancia	Atraerá	No atraerá	Clavo de hierro	x		Palillo		x	Canica de cristal		x	Cuchara de acero	x		Moneda de plata		x	Cable de cobre		x	49	—	47,7	—
Nombre de la sustancia	Atraerá	No atraerá																							
Clavo de hierro	x																								
Palillo		x																							
Canica de cristal		x																							
Cuchara de acero	x																								
Moneda de plata		x																							
Cable de cobre		x																							
<p>14. Un científico quiere comprobar si las larvas de un determinado insecto reaccionan a la luz y a la humedad..... Para ello preparó un experimento cuyo resultado se muestra en la figura. ¿qué se puede concluir correctamente de estos resultados?</p> <p></p> <p><i>Las larvas son atraídas por la luz</i></p>	—	57	—	51,6																					

Tabla 2.4. (Continuación)

EXTRAER CONCLUSIONES				
	9 años	13 años	9 años	13 años
<p>15. Un alumno echa 100 ml de agua dentro de tres embudos, cada embudo contiene una sustancia diferente. El alumno espera hasta que el agua deja de caer... y obtiene los resultados de la figura. ¿Qué puede concluir correctamente con estos resultados</p>  <p><i>La arcilla absorbe más agua que el "humus"</i></p>	—	60	—	46,6

En la primera categoría, "Observar" el análisis de las respuestas pone de manifiesto que este tipo de destreza no presenta apenas dificultades para los estudiantes de 9 años. Aparece una media de aciertos del orden del 82%. Cabe señalar que en el ítem 3 que se ha presentado a alumnos de 13 años, el 60% realizan inferencias que estrictamente no se desprenden de lo observado en el dibujo; en nuestra opinión, están contestando a partir de su experiencia vital que les dice que, cuando debajo de un árbol hay fruta, la razón puede ser alguna de las alternativas que se les presentan en la prueba: las manzanas del árbol están listas para ser recogidas, o las manzanas están podridas o el viento las ha tirado.

El grupo de ítems correspondiente a la categoría "interpretar datos", ítems del 4 al 10, presenta una dificultad mayor para alumnos de 9 años ya que alrededor del 36% no responden adecuadamente, mientras que para la población de 13 años no parece que este tipo de pruebas les supongan demasiados problemas, alrededor del 80% han contestado correctamente.

Si analizamos los ítems que hemos englobado dentro del título "diseñar experimentos" en que aparece, entre otros, el problema del control de variables, los resultados positivos sufren un descenso apreciable. Sólo el 47,7% de los alumnos de 9 años son capaces de comprender cuál es el propósito de una experiencia cuando se les hace una descripción de la misma o cuál sería el diseño más adecuado para comprobar determinadas hipótesis. El porcentaje de aciertos llega sólo al 61,5% para los estudiantes de 13 años, aproximadamente 18 puntos por debajo del obtenido en el apartado anterior. Podemos deducir por tanto que este tipo de procedimiento tiene una dificultad importante para alumnos de estas edades.

Mayor grado de dificultad presentan los ítems englobados bajo el epígrafe "extraer conclusiones" a partir de los resultados de una experiencia. Los alumnos de 13 años encuestados sólo consiguen éxito en un porcentaje del 49%.

Así pues, la dificultad que encuentran los alumnos para responder a los ítems relativos a los procesos de la ciencia va emparejada a la complejidad epistemológica del proceso en cuestión.

d) *Algunas investigaciones sobre la evaluación de los procesos de la ciencia*

Tal como se indicaba en el primer apartado, los currículos de ciencias han tenido entre sus finalidades la adquisición por parte de los estudiantes de determinados conocimientos en los llamados procesos o destrezas científicas. Al hilo de este objetivo se ha creado la necesidad de evaluar tales niveles lo que ha conducido a diseñar instrumentos válidos y fiables para esta evaluación.

Uno de los más conocidos entre los profesores de nuestro país ha sido el diseñado por Gerald Dillashaw y Okey en 1980 (adaptado por Vera et al. 1982). Esta prueba (TIPS) constituida por 36 ítems de opción múltiple tenía como objetivo evaluar las siguientes destrezas:

- identificación de variables
- definición operacional de variables
- identificación de hipótesis
- reconocimiento de diseños experimentales
- análisis de datos gráficos

En la misma línea que los autores citados Cañas et al., en 1987, diseñaron una prueba de 40 ítems de opción múltiple con la finalidad de evaluar diferentes aspectos de la enseñanza de las ciencias. Para su validación se aplicó una muestra de aproximadamente 2.500 alumnos españoles de 2.º de BUP obteniéndose unos resultados algo menos esperanzadores que los obtenidos en el estudio que nos ocupa.

Fuera de nuestras fronteras merece destacarse el programa inglés Assessment of Performance Unit (APU), donde profesores e inspectores han diseñado un conjunto de materiales cuya finalidad es evaluar el nivel adquirido por los alumnos de diferentes edades en los procesos de la ciencia siguientes:

Uso de representaciones gráficas y simbólicas.

Utilización de aparatos de medida.

Observación.

Interpretación y aplicación.

Planificación de investigaciones.

Realización de investigaciones.

La aplicación de estos materiales a grandes muestras ha permitido introducir modificaciones en los currículos de este país.

Respecto a las causas que pueden estar en el origen de la dificultad de aprender los procesos de la ciencia, se han realizado estudios que los relacionan con el desarrollo cognitivo. Así, Palacios et al. 1989 han investigado la relación del nivel de desarrollo cognitivo de los estudiantes con el dominio de diferentes habilidades científicas. Tanto la selección de las destrezas a evaluar como las pruebas empleadas para ello fueron extraídas de la versión española del TIPS (Test of the Integrated Science Process Skills) de Dillashow ya comentado. A partir de una muestra de 189 sujetos de aproximadamente 16 años de edad se obtuvieron los siguientes resultados:

- En lo que se refiere a "análisis de datos gráficos" no se encontró una relación clara con el nivel de desarrollo cognitivo. El porcentaje de sujetos que tienen adquirida esta habilidad es el 42%, muy por debajo del porcentaje obtenido por los alumnos de la prueba que analizamos.
- En cuanto a los resultados obtenidos en los ítems correspondientes a "identificación de variables" y "reconocimiento de diseños experimentales" (similares a algunos de los ítems de

nuestro estudio incluidos en la categoría "diseñar experimentos") se observa que la media de aciertos es del 56% próxima al 61% obtenida en el trabajo que nos ocupa.

- En relación con el nivel de desarrollo cognitivo se ha encontrado que para la habilidad "reconocimiento de variables" se necesita una considerable exigencia intelectual que se atribuye a problemas de terminología, ya que los alumnos parecen desconocer términos como variable dependiente, independiente, etc. Por el contrario, la capacidad de identificar diseños experimentales no requiere un nivel de desarrollo cognitivo elevado: aciertan el 75% de alumnos en el estadio de transición y un 86% de los que se encuentran en el estadio formal.

Algunos trabajos han llamado la atención sobre el error que supone centrar la enseñanza de las Ciencias en los procesos "superando los currículos habituales centrados en los contenidos conceptuales". En esta línea, destaca el trabajo de Millar y Driver (1987) en que se hace una crítica en profundidad de este tipo de planteamientos muy extendidos en países como el Reino Unido donde trabajan los autores. Millar y Driver, desde la perspectiva de la filosofía de la ciencia muestran la inexistencia de lo que se denomina "Método Científico", del que los procesos de la ciencia serían una descripción operativizada. Más aún, los autores dudan que este tipo de actividades constituyan aspectos relevantes y distintivos del quehacer científico y señalan la imposibilidad de enseñarlos en un contexto independiente de los contenidos.

## 2.3. CIENCIAS NATURALES

### 2.3.1. Ciencias de la Vida

#### a) *Consideraciones generales*

Bajo el epígrafe Ciencias de la Vida se presentan, dentro de la prueba cuyos resultados estamos describiendo, una serie de ítems que abarcan un amplio espectro de contenidos cuya clasificación presenta-

mos a continuación, indicando los puntos más relevantes que se han abordado dentro de cada uno de ellos.

- *Continuidad genética y desarrollo*  
Herencia  
Ciclos de los seres vivos
- *Unidad y diversidad*  
Clasificación de los seres vivos  
Características de los seres vivos
- *Estructura y función*  
Identificación de la estructura y la función en plantas y seres humanos: funciones de nutrición y reproducción.
- *Adaptaciones*  
Modificaciones en animales y plantas
- *Ecología*  
Cadenas alimenticias  
Interacción de animales y plantas

A la población de 9 años se le ha planteado 22 ítems y a la de 13 años 21, indicando los autores de los mismos que los alumnos para resolverlos pueden usar los conocimientos de la vida cotidiana. Sin embargo, desde nuestro punto de vista nos parece que para contestarlos es preciso integrar conocimientos desde diferentes disciplinas así como conocer conceptos escolares.

Los temas tratados en la encuesta relativos a estos contenidos se abordan actualmente en nuestro país dentro de los currículos del área de Ciencias Naturales de la actual EGB, y en las asignaturas correspondientes del Bachillerato, siendo esta temática también ampliamente tratada en los nuevos programas para la Enseñanza Primaria (Conocimiento del Medio natural y social) y Secundaria Obligatoria (Área de Ciencias de la Naturaleza). Así, en los diseños curriculares de Primaria aparece el bloque "los seres vivos" donde se recomienda insistir fundamentalmente en aspectos de diferenciación y relación, de forma similar a como se plantea en esta investigación.

En la Enseñanza Secundaria Obligatoria existen dos grandes bloques que hacen alusión a los conceptos que estamos tratando aquí:

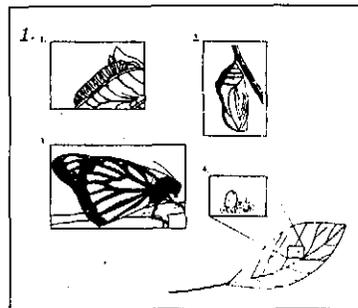
- **Diversidad y unidad de los seres vivos;** en el que se hace hincapié en aspectos de organización y funciones de nutrición, reproducción y relación.
- **Interacción de los componentes abióticos y bióticos del medio natural,** donde se resalta la dinámica y las interacciones en los ecosistemas naturales.

### b) *Clasificación y resultados de los items*

Los items seleccionados bajo este epigrafe han sido agrupados en cinco grandes bloques: continuidad genética y desarrollo; unidad y diversidad; estructura y función; adaptaciones y ecología. A continuación se presentan los resultados de la prueba y un breve análisis de los distractores para cada uno de estos apartados.

#### 1. Continuidad genética y desarrollo

- Las fases de la vida de una polilla después de poner el huevo son: oruga, pupa y crisálida.
- Los hijos heredan determinados caracteres de sus padres.
- Los pollitos se alimentan de las sustancias que hay en el huevo.
- La mariposa tiene cuatro etapas en su vida: huevo → oruga → pupa → crisálida o mariposa.



### Resultados y discusión

En la tabla 2.5 se presentan las contestaciones correctas, expresadas en tanto por ciento, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

**Tabla 2.5. Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra**

CONTINUIDAD GENÉTICA Y DESARROLLO				
	9 años	13 años	9 años	13 años
1. ¿Cuál es la secuencia de la vida de una polilla después de la puesta de huevos? <i>Oruga, pupa y crisálida o mariposa.</i>	47	—	44,7	—
2. ¿Por qué los niños se suelen parecer físicamente a sus padres? <i>Porque han heredado algunas características de sus padres</i>	65	—	67,5	—
3. ¿Cómo se alimenta un pollito antes de salir del huevo? <i>Usa el alimento acumulado en el huevo</i>	—	65	—	60,5
4. ¿Cuál es el ciclo vital de las mariposas? <i>Huevo→oruga→pupa→crisálida</i>	—	54	—	41

### Estudio de los distractores

En el ítem n.º 1 el 41,3% de los estudiantes de 9 años escogen la secuencia pupa→oruga→crisálida. Esta contestación incorrecta vuelve a elegirse por un elevado número de alumnos de 13 años, cuando se les plantea el mismo problema: el 29,6% del total en el ítem n.º 4.

En este apartado llama también la atención que cuando se les plantea porque los hijos se parecen físicamente a los padres, haya un 13,6% que lo atribuye al hecho de vivir juntos y otro 13,6% a que los hijos han recibido las mismas enseñanzas que los padres. El otro 4% que resta atribuye el parecido a la alimentación.

#### 2. Unidad y diversidad

- Los mamíferos alimentan a sus crías con la leche que producen.

- La abeja es un animal terrestre y sin huesos.
- La ballena es un animal acuático y con huesos.
- La paloma no es un mamífero.
- Las mariposas, abejas y hormigas son insectos.
- Las ranas son anfibios.
- Las mariposas tienen seis patas, dos pares de alas y cuerpo con cabeza, tórax y abdomen.
- La característica común de las ballenas, focas, murciélagos y caballos es que producen leche para alimentar a sus crías.

### Resultados y discusión

En la tabla 2.6 se presentan las contestaciones correctas, expresadas en tanto por ciento, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

**TABLA 2.6.** Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra

UNIDAD Y DIVERSIDAD				
	9 años	13 años	9 años	13 años
5. Dados los siguientes animales: pollos, ranas, serpientes y monos ¿Cuál produce leche para alimentar a sus crías? <i>Los monos</i>	77	—	74,3	—
6. Dada la tabla de doble entrada: animales terrestre y acuáticos frente a poner huevos o no poner huevos ¿A cuál pertenece la abeja? <i>Animal terrestre y sin huevos</i>	71	—	68,4	—
7. Dada la tabla anterior ¿A cuál pertenece la ballena? <i>Animal acuático y que no pone huevos</i>	63	—	61,7	—

Tabla 2.6. (Continuación)

UNIDAD Y DIVERSIDAD																
	9 años	13 años	9 años	13 años												
8. ¿Cuál de los animales: ballena, león, paloma y murciélago no es un mamífero? <i>La paloma</i>	50	75	62,2	78,1												
9. ¿A qué tipo pertenecen las mariposas, abejas y hormigas? <i>A los insectos</i>	82	—	87,6	—												
10. ¿Dados los grupos: peces, reptiles, mamíferos y anfibios ¿A cuál pertenecen las ranas? <i>A los anfibios</i>	—	—	—	89,7												
11. ¿Qué animal tiene seis patas, dos pares de alas y un cuerpo con cabeza, tórax y abdomen? <i>Una mariposa</i>	—	69	—	70,8												
12. ¿Cuál es la característica común a ballenas, focas, murciélagos y caballos? <i>Producen leche para alimentar a sus crías</i>	—	67	—	56,4												
13. Dado el siguiente cuadro y las hojas ¿Cuál colocaríamos en el cuadro que falta?																
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Hoja lobada</td> <td style="text-align: center;">Hoja lisa</td> <td style="text-align: center;">Hoja serrada</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Aurea</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Esmeralda</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <div style="margin-left: auto; margin-right: auto; margin-top: 10px;">     </div>		Hoja lobada	Hoja lisa	Hoja serrada	Aurea				Esmeralda				—	79	—	86,1
	Hoja lobada	Hoja lisa	Hoja serrada													
Aurea																
Esmeralda																
<i>La B</i>																

## Estudio de los distractores

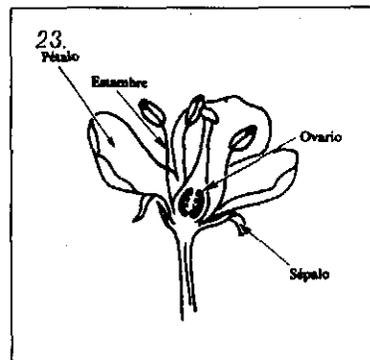
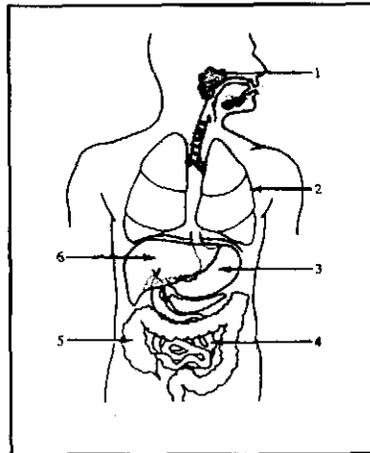
En la tabla de doble entrada que se plantea a alumnos de 9 años en los ítems 6 y 7 las respuestas que llaman más la atención son: la ballena es acuática pero sin huesos (17,1%) y la abeja es terrestre pero con huesos (25%).

En cuanto al reconocimiento de los mamíferos, bien por sus características, o por clasificarlos junto con otros, un numeroso grupo de los alumnos de 9 años piensan que el pollo es un mamífero (13,4%) y el murciélago no lo es (16,8%).

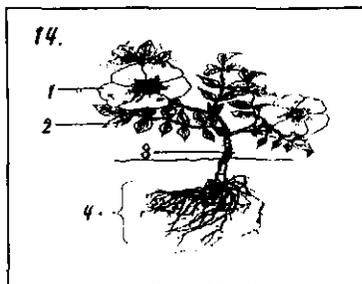
A los 13 años un 23,6% piensan que los mamíferos respiran por branquias y un 17,1% que la carne es su principal alimento.

### 3. Estructura y función

- La hoja es la parte de la planta donde se absorbe la luz del Sol y se produce la mayor cantidad de alimento.
- La función del corazón es bombear sangre a todas las partes del cuerpo.
- La digestión de la comida se produce en el estómago.
- Cuando una persona aspira, el aire entra en los pulmones.
- La gripe se coge porque nos infectamos con el virus de la gripe.
- La germinación es el proceso por el cual las semillas al ser regadas se hinchan y les crecen las raíces.
- Cuando se golpea la rodilla con un martillo se está explorando el sistema nervioso.



- El polen de las flores se produce en los estambres.
- Las plantas absorben la mayor parte del agua por las raíces.
- Las semillas se producen en las flores.
- En un esquema del cuerpo humano se puede reconocer dónde están los pulmones, el hígado y el intestino delgado.
- El alimento, una vez digerido, se utiliza en todo el cuerpo.



## Resultados y discusión

En la tabla 2.7 se presentan el porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

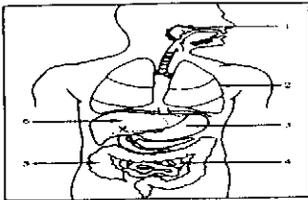
**Tabla 2.7.** Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN				
	9 años	13 años	9 años	13 años
Dada la siguiente planta				
				
14. ¿ Por dónde toma la mayor parte de agua? Por 4	76	—	81,4	—

**Tabla 2.7. (Continuación)**

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN				
	9 años	13 años	9 años	13-años
15. ¿En qué parte de la planta se produce la semilla? <i>En 1</i>	55	—	38,4	—
16. ¿En qué parte de la planta absorbe la luz del Sol y produce la mayor cantidad de alimento? <i>En 2</i>	38	—	47,8	—
17. ¿Cuál es la función del corazón? <i>Bombear sangre a todas las partes del cuerpo.</i>	65	—	73,9	—
18. Dadas las partes del cuerpo: hígado, pulmón, estómago y corazón. Dónde tiene lugar la digestión de la comida? <i>En el estómago</i>	83	—	90,4	—
19. Dados los órganos del cuerpo humano: pulmones, estómago, corazón e hígado ¿Dónde entra el aire cuando una persona aspira? <i>En los pulmones</i>	86	—	93,8	—
20. ¿Cuál es la causa de la gripe? <i>Ser infectado por el virus de la gripe</i>	48	—	53,6	—
21. ¿Cómo se llama el proceso por el cual las semi-llas, al ser regadas, se hinchan y les crecen las raíces? <i>Germinación</i>	40	—	34,7	—
22. Dado los sistemas nervioso, circulatorio, óseo y endocrino ¿Cuál se pretende explorar cuando se golpea la rodilla con un martillo? <i>El sistema nervioso</i>	—	70	—	73,3

Tabla 2.7. (Continuación)

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN				
	9 años	13 años	9 años	13 años
Dado el siguiente diagrama de una flor				
				
23. ¿Qué parte de la flor produce polen? <i>El estambre</i>	—	69	—	62
24. ¿Qué parte de la planta produce semillas? <i>El ovario</i>	—	—	—	62,6
Dado el dibujo siguiente				
				
25. ¿Qué número señala una parte del sistema respiratorio? <i>La 2</i>	—	79	—	89,3
26. ¿Cuál de estos números señala el hígado? <i>El 6</i>	—	—	—	78,4
27. ¿Cuál de los números indicados señala el órgano donde la mayor parte de la comida digerida es absorbida por el cuerpo? <i>El 4</i>	—	68	—	74,1

## Estudio de los distractores

Cuando se presenta a los estudiantes de 9 años un dibujo de una planta donde se indican las diferentes partes, las contestaciones alternativas más llamativas son: el 11,7% piensa que la mayor cantidad de agua la toman por el tallo el 39,5% (más que el 38,4% que dan la contestación correcta) piensan que las semillas se producen en las raíces y el 28,2% que las plantas absorben la luz del sol y producen la mayor cantidad de su alimento a través de las flores (items 14 y 15).

Suponemos que el hecho de señalarles esta cuestión de la producción de alimento ha llevado al 11,9% de los alumnos a indicar la raíz como contestación correcta.

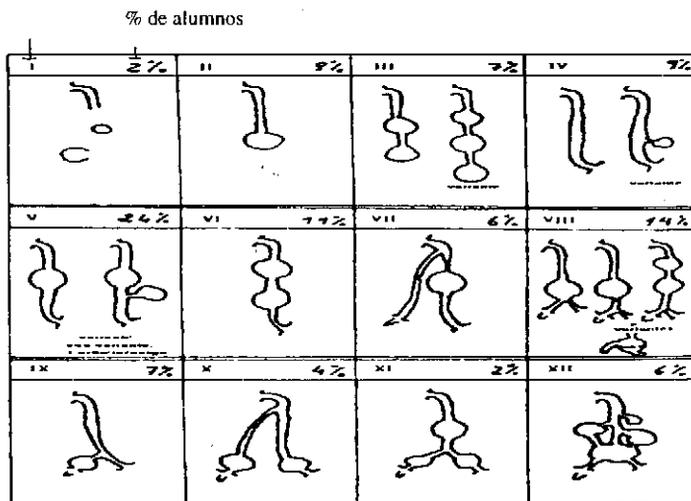
En cuanto al proceso de germinación de las semillas, sólo un 37,4% lo identifican a través de su descripción. El 17,5% lo llama siembra y el 29,4% plantación.

A la muestra de 13 años de edad, se les ha presentado un dibujo de una flor donde se indican las diferentes partes de la misma (items 23 y 24). El 22,3% piensa que el ovario es el órgano donde se produce el polen y por contrapartida, el 19,5% señalan el estambre como lugar donde se producen las semillas.

En cuanto al reconocimiento de los órganos por la función que desempeñan existen también contestaciones llamativas. El 10% de los estudiantes de 9 años piensan que el papel del corazón es bombear aire a los pulmones y el 6% que la digestión tiene lugar en el hígado (items 17 y 18). A los 13 años el 20% confunde el estomago con el hígado, trabajando sobre un esquema del cuerpo humano (item 26) y el 17,3% piensan que la mayor parte de la comida digerida es absorbida a través del hígado (item 27).

## Algunas investigaciones sobre estructura y función

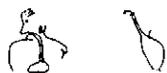
Las investigaciones acerca de cómo conceptualizan los estudiantes el proceso de la digestión se remontan a hace más de 10 años. Giordan, en su libro "Los orígenes del saber" (1987), presenta los resultados de niños de 9 a 10 años cuando se les pedía que dibujaran la trayectoria, dentro del cuerpo humano, de una manzana y de un zumo de naranja después de haberse ingerido ambos alimentos. En la figura siguiente se presentan las XII categorías que se han detectado a partir de los dibujos presentados.



DESCRIPCION	CONCEPCION SUBYACENTE
LEYENDA DE LA TABLA	DISTINTAS CONCEPCIONES
I. Organos sin relación morfológica entre ellos	Sin continuidad, sin noción de aparato
II. Un tubo que llega a una bolsa; una entrada, sin salida	No existe preocupación por el devenir de los alimentos
III. Un tubi y varias bolsas; una entrada, sin salidas	¿Inicio de la idea de especialización?
IV. Un tubo, una entrada, una salida	Visión simplista: los alimentos sólo atraviesan el cuerpo
V. UN tbo con una bolsa; 2 orificios	Puede haber algo más que un tránsito
VI. Un tubo con 2 bolsas; 2 orificios	¿Una mayor especialización?
VII. Un tubo con una bolsa + un tubo especial para los líquidos; 3 orificios	Aparición de una separación precoz entre alimentos sólidos y líquidos que se vuelve a encontrar en los casos siguientes
VIII. Un tubo con una o más bolsas; una entrada, 2 salidas (líquidos y sólidos)	
IX. Un tubo; una entrada, 2 salidas en una de ellas con una bolsa de acumulación	Idea de almacenaje de la orina
X. Un tubo; una entrada y 2 salidas cada una de ellas con una bolsa de acumulación	Tránsito + almacenaje por 2 vías distintas
XI. Un tubo con una bolsa; una entrada y 2 salidas, cada una de ellas con una bolsa de acumulación	Tránsito + selección + almacenaje
XII. Sistema en red más o menos compleja: un tubo, una bolsa general; una entrada y 2 salidas; bolsas suplementarias unidas entre ellas	Idea de complejidad materializada por una red sin conocer su funcionamiento

Del análisis de esta información, el autor señala los numerosos errores que aparecen, relativos al lugar y a la sucesión de los órganos, y destaca el hecho de que en la mayoría de los casos hay dos trayectorias separadas: una para los sólidos y otra para los líquidos. Inicialmente, Giordan encuentra lógicas estas explicaciones ya que los niños de la muestra analizada no han recibido instrucción alguna al respecto. Sin embargo, cuando se les plantea el mismo problema a chicos de 16 años y adultos de 25 años, futuros enseñantes, los resultados han sido los siguientes:

16 años                  25 años



*La digestión = estómago*



*La digestión se corresponde con un trayecto a través de los órganos*



*Funciona una doble digestión:  
! para los sólidos,  
! para los líquidos*

A la vista de estas representaciones el autor constata que la instrucción recibida no ha introducido grandes cambios "Sólo cambia el embalaje, la presentación, dejando al lado algunas excepciones, las ideas básicas no cambian".

Más recientemente, en nuestro país, Banet y Núñez (1988-89), han presentado una investigación sobre las ideas de los alumnos acerca de la digestión, tanto sus aspectos anatómicos como fisiológicos.

Con ánimo de estudiar la evolución con la edad, estos autores han trabajado con una muestra que se extiende desde 6.<sup>o</sup> de E.G.B., pasando por B.U.P., hasta alumnos de Magisterio y la toma de datos se ha hecho antes de iniciar el tema en cada uno de los niveles con la excepción del curso 8.<sup>o</sup> de E.G.B., donde se efectuó la investigación seis semanas después de finalizado el estudio correspondiente.

El cuestionario utilizado constaba de dos partes. La primera eran preguntas referentes a:

- 1) trayectorias seguidas por los alimentos (similar a la empleada por Giordan),
- 2) ordenación de diferentes órganos relacionados con la digestión según el camino seguido por el alimento,
- 3) reconocimiento de órganos que forman parte del aparato digestivo.

La segunda parte hacía referencia a los órganos donde se segregan determinados jugos tanto el hígado como el páncreas. El estudio se completó con entrevistas individuales para terminar de elaborar las teorías de los alumnos.

Los resultados obtenidos y la discusión presentada por los autores es la siguiente:

a) **Los órganos de tubo digestivo:** el número de alumnos que dibujan y/o reconocen de forma correcta todas las partes del tubo digestivos es muy reducido en todos los niveles. Entre un 10% y un 20% de alumnos no relacionan el hígado y el páncreas con el aparato digestivo.

b) **Situación de los distintos órganos del tubo digestivo:** A la vista del bajo número de respuestas correctas, los autores destacan el amplio porcentaje de alumnos que consideran el intestino grueso situado entre el estómago y el intestino delgado, atribuyéndolo a un papel muy relevante en el proceso digestivo y de absorción.

c) **Secreciones del hígado y páncreas:** Son numerosos los alumnos que señalan el estómago como destino de ambas secreciones (sensiblemente superior a los que eligen como destino de estas secreciones al intestino delgado). También es relativamente elevado el número de alumnos cuya opinión es que una glándula vierte a la otra, antes de que ambas secreciones lleguen al tubo digestivo.

En un trabajo posterior (Banet y Núñez, 89), han profundizado en los conceptos de digestión y de absorción intestinal trabajando con la misma muestra transversal que ya hemos descrito, los objetivos planteados fueron:

- a) determinar cuál es la importancia que conceden a los diferentes órganos del tubo digestivo, según la intensidad de sus acciones,
- b) determinar el papel que atribuyen a las diferentes secreciones digestivas, a partir de las acciones digestivas y de la transformación de los alimentos,

c) poner de manifiesto las ideas de los alumnos en relación con diferentes aspectos de la absorción de sustancias.

Los resultados obtenidos fueron:

1) **Localización de las acciones digestivas:** el estómago es considerado el órgano de mayor importancia en todos los niveles estudiados, sensiblemente por encima del intestino delgado que colocan en segundo lugar (a excepción de los alumnos de Magisterio). Concluyen los autores que el intestino delgado es considerado por los estudiantes o bien como un receptor de sustancias de desecho ya que la digestión finalizaría en el estómago o bien como lugar de absorción de compuestos resultantes de la digestión.

2) **Ideas de los alumnos sobre la digestión y el papel e los jugos gástricos:** los estudiantes tienen en general los siguientes opiniones:

- los alimentos están formados por una mezcla de sustancias buenas o aprovechables y por sustancias malas. En general los confunden con las sustancias nutritivas que contienen,
- el alimento, tal como lo comemos, no puede llegar a las células, sino que es necesario descomponerlos. Para ello "se mezclan" con los jugos digestivos,
- la digestión consiste, además de "machacar" y "triturar" los alimentos, en "separar" las sustancias buenas de las malas contenidas en los alimentos.

Con el aumento de edad las explicaciones encontradas son más elaboradas y precisas pero siguen conteniendo muchas imprecisiones.

En cuanto al papel que desempeñan los jugos digestivos, más del 20% de alumnos dan una respuesta disparatada o no contestan. En un número abundante de casos se les atribuye el papel de contribuir al proceso digestivo, ayudando a la digestión, mezclándose con los alimentos para separarlos o triturarlos. Un porcentaje bajo reconoce su importancia en la descomposición de los alimentos (notablemente superior en Magisterio). La saliva no es reconocida prácticamente como secreción digestiva, siendo los más conocidos el jugo pancreático y la bilis.

3) **Concepto de absorción:** en cuanto al órgano donde se realiza la absorción, solamente en Magisterio se encontró un porcentaje elevado de aciertos (74%). Entre un 10% y un 15% opinan que la absorción tiene lugar en el estómago donde finaliza, en su opinión, el

proceso digestivo. Uno de cada tres alumnos de E.G.B. o B.U.P. no contestan o dan respuestas atípicas.

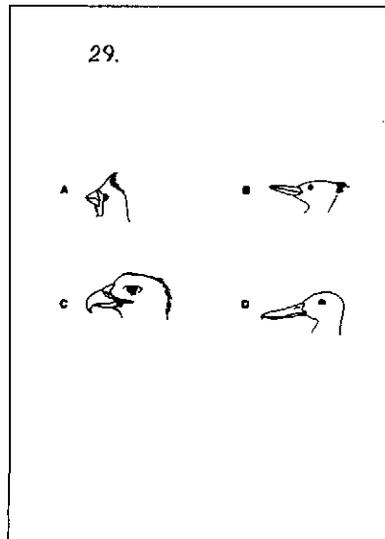
En cuanto a la idea que tienen los alumnos sobre en qué consiste el proceso de absorción, destacan los autores que existe una idea de la absorción, quizás no claramente expuesta, como el proceso por el cual las sustancias más pequeñas se incorporan a la sangre. Un 10% lo describen como el tránsito de alimentos por el tubo digestivo y un número reducido confunden absorción con digestión.

Las contestaciones alternativas de los alumnos a los 9 y 13 años de la muestra que estamos estudiando en este informe, cuando responden a los ítems 18, 26 y 27 apoyarían algunas de las conclusiones de los trabajos de Banet y Núñez que se han comentado anteriormente.

También coinciden con los resultados del trabajo citado las respuestas alternativas que aparecen en el ítem 42: a los 9 años un 31,4% piensan que el alimento, una vez digerido, se utiliza solamente en el estómago, disminuyendo su cantidad. Este porcentaje se reduce al 10,6% a los 13 años.

#### 4. Adaptaciones

- Los pájaros que viven en los pantanos tienen las patas muy largas.
- Un pájaro que se alimenta de insectos, que saca de las grietas de las cortezas de los árboles, tiene el pico largo y afilado.
- Los cactus se han adaptado a vivir en el desierto porque pueden almacenar agua.
- Las plantas que viven en el suelo de los bosques tienen las hojas más grandes para aumentar su capacidad de absorber luz.



**Resultados y discusión**

En la tabla 2.8 se presentan las contestaciones correctas, expresadas en tanto por ciento, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

**Tabla 2.8. Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra**

ADAPTACIONES				
	9 años	13 años	9 años	13 años
<p>28. Dados los siguientes pájaros ¿Cuál vive probablemente en zonas pantanosas?</p> <p>A  B </p> <p>C  D </p> <p>EIA</p>	87	—	84,7	—
<p>29. Si un pájaro se alimenta de los gusanos que saca de las grietas de la corteza ¿Cuál de los dibujos representa el pájaro más adecuado?</p> <p>A  B </p> <p>C  D </p> <p>EIB</p>	62	65	59,3	80,7
<p>30. ¿Cómo se han adaptado los cactus para vivir en el desierto?</p> <p>Almacenando agua</p>	55	—	67,4	—

Tabla 2.8. (Continuación)

ADAPTACIONES				
	9 años	13 años	9 años	13 años
31. ¿Por qué las plantas que nacen en el suelo del bosque tienen mayores las hojas que los que crecen en campo abierto? <i>Para aumentar su capacidad de absorber luz</i>	—	44	—	44,7

### Estudio de los distractores

En este apartado los distractores más sobresalientes son los que aparecen en el ítem 30: un 19% de la población de 9 años cree que los cactus se han adaptado a vivir en el desierto porque necesitan arena para crecer y un 7,5% porque no crecen bien en la sombra.

Por otra parte, cuando se les ha preguntado a los estudiantes de 13 años por qué las plantas del suelo de los bosques se han adaptado a su medio mediante hojas más grandes que las que crecen en campo abierto, el 25% contestan que este hecho favorece la absorción de oxígeno y el 5,9% que favorece la atracción de los insectos. Las confusas interpretaciones que hacen los alumnos sobre la fotosíntesis y la nutrición, ampliamente constatado en otros estudios, pueden estar en el origen de algunas de estas respuestas.

### 5. Ecología

- Según el tipo de piel ciertos animales pueden camuflarse en medios determinados.
- Los insectos transportan el polen de unos árboles a otros.
- Los animales respiran el oxígeno que producen las plantas.
- En una cadena formada por hierba / conejo / ratón de campo y zorro, el zorro es el depredador.
- Los peces necesitan el oxígeno disuelto en el agua para vivir.
- La cadena alimenticia del prado es: hierba → insectos → mirlos → halcones.
- El frío retarda el desarrollo de las bacterias.

**Tabla 2.9. Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra**

ECOLOGÍA				
	9 años	13 años	9 años	13 años
<p>32. El dibujo siguiente muestra una cebra</p>  <p>¿Cuál de los dibujos muestra el mejor sitio para que la cebra se esconda?</p> <p>A  B </p> <p>C  D </p> <p><i>El D</i></p>	79	—	67,4	—
<p>33. ¿Cómo ayudan los insectos a muchos tipos de plantas?</p> <p><i>Transportando el polen de unas flores a otras</i></p>	56	79	58,8	82,4
<p>34. Utilidad del oxígeno para los seres vivos</p> <p><i>Los animales se morirían sin el oxígeno que producen las plantas</i></p>	50	—	58,9	—
<p>35. Dada la siguiente cadena alimenticia</p> <pre>         Zorro        /  \       /    \      /      \     Conejo  Ratón de campo      \      /      \    /       \  /        Hierba     </pre> <p>¿Cuál es el papel del zorro?</p> <p><i>El depredador</i></p>	—	80	—	86

Tabla 2.9. (Continuación)

ECOLOGÍA				
	9 años	13 años	9 años	13 años
36. ¿De qué tiene que carecer el agua para que los peces mueran? <i>De oxígeno disuelto</i>	—	62	—	85,3
37. En qué orden hay que colocar la hierba, insectos, mirlos y halcones para que representen la cadena alimenticia del prado: <i>Hierba → insectos → mirlos → halcones</i>	—	71	—	67,9
38. ¿Por qué la leche que se deja en sitio fresco no se pone amarga enseguida? <i>Porque el frío retarda la acción de las bacterias de la leche</i>	—	78	—	79,9
39. Si queremos saber si las plantas crecen mejor en la oscuridad que en la luz, además de controlar el riego y la temperatura ¿qué otra cosa hay que controlar en el experimento? <i>Que sean del mismo tipo de plantas las que se ponen en la oscuridad y en la luz</i>	—	69	—	68,5

### Estudio de los distractores

Cuando se les pregunta a alumnos de 9 años cómo ayudan los insectos a muchos tipos de plantas, sorprende que un 16% responda que comiéndose las hojas y un 14,7% que dejándoles huevos dentro de ellas. Estos porcentajes quedan reducidos, lógicamente a un 8% y 7,3% para los alumnos de 13 años (item 33).

El porcentaje de aciertos en los ítems 36 y 38, relativos a las cadenas tróficas, en la muestra de 13 años es aceptable. Llama la atención sin embargo el 26,3% que escogen opciones colocando en primer lugar a los halcones y mirlos invirtiendo el orden natural de la cadena alimenticia del prado.

En cuanto a la necesidad del oxígeno para la supervivencia de los seres vivos (ítems 34 y 36) las contestaciones alternativas más llamativas son: el 21,6% de los alumnos a los 13 años piensan que tanto los

animales como las plantas producen oxígeno y el 9,3% que ninguno de los seres vivos de estos dos grupos lo consumen. En cuanto a la alimentación de los peces, el 18,2% piensa que los peces morirían si no hubiera en el agua dióxido de carbono.

### 2.3.2. Ciencias de la tierra y del espacio

#### a) *Consideraciones generales*

En el trabajo que estamos estudiando, y dentro del apartado Ciencias de la Tierra y el espacio, encontramos nueve ítems (tanto en la prueba de la población de nueve años como en la de la población de 13 años que hacen referencia a los contenidos que se presentan a continuación:

- *El lugar de la tierra en el universo*
  - Sistema solar
  - Interacciones Sol-Tierra-Luna
- *Fenómenos atmosféricos*
  - Ciclo del agua
  - Presión atmosférica
  - Tormentas
- *Biografía de la tierra*
  - Origen del petróleo
  - Evolución de la superficie terrestre

Los coordinadores resaltan la importancia que tiene que los estudiantes conozcan los conceptos que se abordan en este epígrafe ya que van a desarrollar su capacidad, como futuros ciudadanos, para participar en decisiones públicas particularmente las que conciernen a asuntos medioambientales.

Al igual que ocurre en el apartado anterior, la mayor parte de esos temas se abordan en los currículos actuales, estando también presentes en los nuevos programas que entrarán en vigor con la LOGSE. Así, para la Enseñanza Primaria y dentro del área de Conocimiento del Medio natural y social se propone el bloque "El medio Físico" donde se profundiza en el estudio del aire, las rocas y el suelo, el agua y el cielo (movimiento del sol, la luna y la tierra).

En el currículo del área de Ciencias de la Naturaleza, correspondiente a la Enseñanza Secundaria Obligatoria, aparecen tres bloques que hacen referencia a la temática que nos ocupa:

- La Tierra y el Universo, donde se desarrollan ideas sobre el sistema solar, movimiento Tierra-Luna y el Universo y sus dimensiones.
- Los materiales terrestres: el agua, las rocas y minerales y el suelo.
- Los cambios en el medio natural: los seres humanos principales agentes del cambio.

Estos datos confirman la importancia que puede tener para los educadores, el conocimiento de los resultados que estamos analizando.

#### b) *Clasificación y descripción de los ítems*

Los ítems correspondientes a este apartado se han agrupado en tres bloques

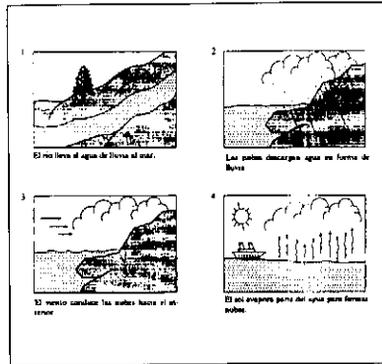
##### 1. El lugar de la Tierra en el Universo

- Dada una serie de objetos, sólo emiten luz propia las estrellas.
- La Tierra realiza una órbita de un año de duración alrededor del Sol.
- La Luna refleja la luz del Sol por la noche.
- La Luna presenta diferentes fases.
- Las galaxias no forman parte de nuestro sistema solar.
- La Tierra gira alrededor de su eje.
- Los eclipses se deben a las diferentes posiciones que ocupan la Tierra, el Sol y la Luna.
- En la Tierra y en la Luna hay rocas.

##### 2. Fenómenos atmosféricos

- El ciclo del agua puede considerarse constituido por cuatro fases

- Durante una tormenta el sitio más seguro es pararse en un descampado sin árboles
- Saber orientarse es útil para determinar la dirección del viento
- La presión atmosférica en un punto es mayor cuanto mayor sea la altura de la capa de aire que tiene encima



3. Biografía de la Tierra

- Las áreas de la Tierra donde hay rocas calizas estuvieron cubiertas en otras épocas por agua
- Las áreas desérticas que tienen petróleo estuvieron pobladas por plantas y animales en épocas anteriores.

c) Resultados y discusión

En la tabla 2.10 se presentan las contestaciones correctas, expresados en tanto por ciento, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra.

Tabla 2.10. Porcentaje de contestaciones correctas, según la edad de los estudiantes y la procedencia de la muestra

EL LUGAR DE LA TIERRA EN EL UNIVERSO				
	9 años	13 años	9 años	13 años
1. Dados los objetos: espejo, Luna, Sol, papel blanco. ¿Cuál emite luz propia? <i>El Sol...</i>	73	—	90,6	—

Tabla 2.10. (Continuación)

EL LUGAR DE LA TIERRA EN EL UNIVERSO				
	9 años	13 años	9 años	13 años
2. La Tierra realiza una órbita de una año de duración alrededor del Sol..	70	80	70,4	85,5
3. La Luna brilla por la noche porque Refleja la luz del Sol	66	78	63,6	77,0
4. Dada la siguiente representación ¿En qué posiciones está la Luna cuando, vista desde la línea, aparece la mitad iluminada y la mitad oscura?				
				
En las posiciones 1 y 5	40	—	43,6	—
5. De los objetos Sol, plantas, Luna, y galaxias ¿Cuál no pertenece al sistema solar?				
Las galaxias	62	—	81,3	—
6. ¿Por qué una persona puede ver el Sol por el día y no por la noche?				
Porque la tierra gira sobre su eje	—	81	—	79,2
7. Cuando la Luna se encuentra alineada entre la Tierra y el Sol ¿Qué ocurrirá?				
Un eclipse de sol	—	54	—	42,5

**Tabla 2.10 (Continuación)**

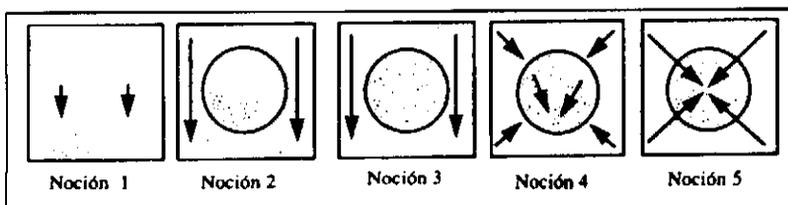
FENÓMENOS ATMOSFÉRICOS				
	9 años	13 años	9 años	13 años
8. Dados los elementos aire, rocas, plantas y animales ¿Cuál de ellos se encuentra en la Tierra y en la Luna? <i>Las rocas</i>	54	—	41,0	—
9. El ciclo del agua consiste en: <i>El agua del mar se evapora, el viento conduce las nubes hacia el interior, las nubes descargan el agua y los ríos llevan el agua al mar</i>	45	72	44,7	75,6
10. ¿Cuál es el lugar más seguro para una persona durante una tormenta? <i>Un descampado sin árboles</i>	56	—	29,9	—
11. Si caminas hacia el norte y el viento te da por la espalda ¿De dónde proviene? <i>Del sur</i>	—	88	—	92,1
12. Dados un conjunto de puntos a diferente altura sobre el nivel del mar ¿dónde será mayor la presión atmosférica? <i>Donde la altura sea menor</i>	—	33	—	24,3
13. ¿Por qué hay rocas calizas en zonas alejadas del mar si su origen es marino? <i>Porque estas zonas estarían cubiertas de océanos en épocas anteriores</i>	—	77	—	74,9
14. ¿Qué podemos decir de las zonas desérticas donde hay petróleo? <i>Que en épocas anteriores estuvieron cubiertas de plantas y animales</i>	—	41	—	52,6
15. Dados los materiales: hierro, cobre, vidrio, arena, carbón, petróleo, sal y mármol ¿Cuál utilizan las personas como combustibles? <i>El carbón y el petróleo</i>	79	—	68,0	—

d) *Algunas investigaciones sobre las concepciones de los niños acerca de la tierra y el lugar que ocupa en el universo*

El problema de cuáles son las ideas más sencillas para entender qué es la Luna y su papel dentro del Universo han preocupado a los investigadores interesados por la enseñanza de estos temas.

En esta línea, Nussbaum (1985 a) ha realizado un trabajo encaminado a comprender las exigencias cognitivas que plantea el aprendizaje de estos conceptos. Quizás, la primera dificultad que ejerce una gran influencia es el fenómeno general del "egocentrismo infantil" descrito por Piaget; desde este punto de vista los niños conceptualizan la Tierra como plana, el firmamento horizontal, y las direcciones absolutas paralelas arriba-abajo. Para superar estas ideas hay que pasar a imaginar cómo sería la realidad (en este caso la Tierra) desde otras perspectivas, es decir abandonar el punto de vista egocéntrico.

Para realizar sus investigaciones, Nussbaum ha empleado el método de las entrevistas ayudándose de determinados objetos como una esfera terrestre y figuras que representan personas que van a poder moverse sobre la Luna. La muestra entrevistada fueron niños de edades comprendidas entre los 8 y los 14 años. Como resultado de estas tareas el autor presenta a los niños agrupados en cinco categorías que van desde una idea muy elemental en el sentido "la Tierra en la que vivimos es plana y no redonda" hasta una muy elaborada que admite una tierra esférica, rodeada de espacio, hacia cuyo centro caen los objetos. En la siguiente figura se presenta un resumen de las cinco nociones. Los tres elementos esenciales de la noción de la Tierra se presentan como variables que aparecen en formas diversas entre los dos extremos.



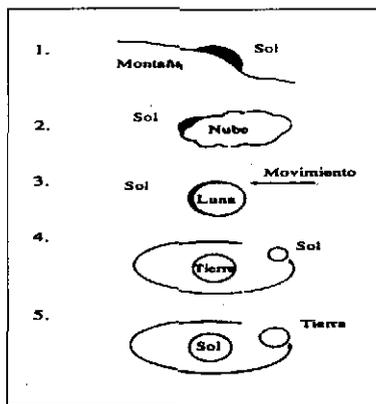
El autor concluye afirmando que estas ideas aparecen también en niños de otros países y que es una tendencia generalizada la evolución positiva que se aprecia con la edad y la enseñanza recibida.

Otro trabajo relacionado con el tema es el realizado por Baxter en Gran Bretaña (1989) sobre la comprensión de los niños de ciertos hechos relacionados con la Astronomía. La investigación se ha centrado sobre hechos que son observables: el día, la noche, las estaciones del año, las fases de la Luna, etc. Las edades de la muestra de alumnos estaba comprendida entre los 9 y los 16 años, realizándose el estudio en dos fases: en la primera, mediante entrevistas individuales realizadas a 20 niños seleccionados de acuerdo con un criterio de habilidad, y la segunda a través de una encuesta escrita contestada por 100 estudiantes repartidos en todo el rango de edades mencionadas. En ambas fases se ha procurado que hubiera el mismo número de chicos que de chicas.

De entre los resultados que están más relacionados con algunos de los que se han encontrado al analizar los items del trabajo que nos ocupa, caben destacar:

En el apartado que el autor llama "día y noche" ha detectado cinco niveles de respuestas que, esquemáticamente, son:

1. El Sol se esconde detrás de la colina.
2. Las nubes tapan el Sol.
3. La Luna tapa el Sol.
4. El Sol gira alrededor de la Tierra una vez al día.
5. La Tierra gira alrededor del Sol una vez al día.
6. La Tierra gira sobre su eje realizando una vuelta, una vez al día.



Con el análisis del porcentaje de alumnos que se incluyen en cada una de las categorías, Baxter comprueba como, a medida que aumenta la edad, los estudiantes van evolucionando hacia posiciones más cer-

canas a las científicas abandonando las más próximas a las que pueden deducirse de la observación directa (los niveles 1 y 2)

El nivel 3, "La Luna se coloca por la noche delante del Sol" fue escogida por un número amplio de estudiantes de todas las edades. En concordancia con este dato, en el ítem n.º 6 de la prueba que estamos analizando, se ha encontrado que un 19,5% de los alumnos de 13 años encuestados contestan en los mismos términos frente a porcentajes que no alcanzan al 1% de lo que escogen los otros distractores presentados en la línea de que la noche es debida a la presencia de nubes o a que las estrellas brillan más que el Sol.

En cuanto al apartado "fases de la Luna" las respuestas de los alumnos fueron agrupadas en los siguientes cinco niveles:

1. La nubes cubren parte de la Luna.

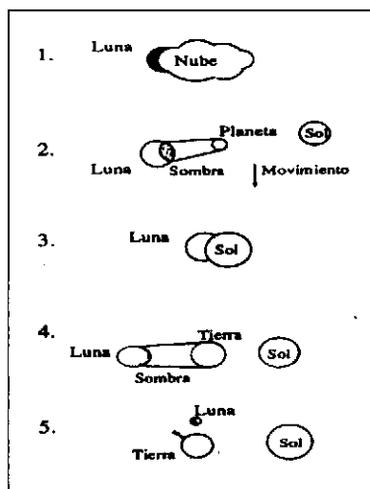
2. Los planetas proyectan una sombra sobre la Luna. Reconocen que puede haber alguna regularidad en los cambios de forma de la Luna, pero no saben por qué.

3. La sombra del Sol cae sobre la Luna. Los alumnos no están seguros de que haya alguna regularidad.

4. La sombra de la Tierra cae sobre la Luna. Observan alguna regularidad e incluso algunos estudiantes hablan de un período de un mes.

5. Las fases de la Luna son explicadas en términos de iluminación de partes de la Luna visibles desde la Tierra. Un alumno habla de un período de un mes.

Baxter destaca en las conclusiones el hecho de que en cuatro de los cinco niveles, la noción de fases de la Luna va unida a la idea de que existe un objeto que oscurece o proyecta sombra sobre la Luna. La alternativa más escogida, con mucha diferencia, es la correspondiente al nivel 4 donde aparece cierta confusión entre las fases de la Luna y los eclipses de la misma. Todas estas ideas tienen coincidencia con alguno



de los distractores elegidos por la muestra de estudiantes objeto de nuestro estudio. Así, en el ítem 4 sobre las fases de la Luna, un 56,4% escogen respuestas incorrectas para explicar la iluminación de la Luna vista desde la Tierra. Asimismo, en el ítem 7 donde se les pregunta el esquema de un eclipse de Sol, el 40,3% de estudiantes de 13 años lo confunden con un eclipse de Luna.



### CAPÍTULO 3

## **ENTORNO FAMILIAR Y ESCOLAR Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EN CIENCIAS**

Este apartado se centra en la descripción y el análisis de las variables que genéricamente se han denominado "entorno familiar y escolar" y cómo están asociadas con el rendimiento en ciencias. En la versión internacional del informe a estas variables se las denomina de "background"; y hacen referencia a aspectos tan diferentes como el entorno familiar, las actividades de tiempo libre, el entorno escolar y las actitudes hacia la ciencia.

El estudio se realiza a partir de las respuestas de alumnos de 9 y 13 años de 16 países. En 15 de éstos las muestras son representativas de la mayor parte de la población escolar a esas edades. Estos países son: Canadá, Corea, Escocia, Eslovenia, España, E.E.U.U., Francia, Hungría, Irlanda, Israel, Italia, Jordania, Suiza, Taiwan y la ex-U.R.S.S. A estos países se ha añadido uno, Inglaterra, dado que aunque la participación de alumnos no representa a la población, es un país que por su tradición didáctica sirve de referente a otros en algunos aspectos educativos.

El cuestionario al que han respondido los alumnos que ha servido para obtener los datos analizados contiene 22 ítems para los de 13 años y 13 ítems de los anteriores para los de 9 años; la elección de estos ítems se ha efectuado, en algunos casos, porque reflejan las diferencias existentes en el nivel socioeconómico, lo que debería tener repercusiones en el rendimiento y en otros, se han incluido con el propósito de explorar cuáles son los factores que, independientemente del estatus socioeconómico, pueden contribuir a un mayor rendimiento. Para realizar el análisis, tales ítems se han agrupado en torno a las cuatro categorías ya mencionadas.

El grupo denominado **entorno familiar** incluye el tamaño de la familia, el número de libros en casa y el interés de los padres por las ciencias.

En **actividades de tiempo libre** se han incluido los ítems relativos al tiempo dedicado a ver la televisión, a la lectura, a realizar los deberes escolares en general y a los deberes de ciencias en particular.

En la categoría **entorno escolar** se han incluido variables relativas a la metodología de enseñanza junto con otras consideradas relevantes para el buen funcionamiento de un centro. Entre las incluídas en el apartado metodología se han considerado la frecuencia con la que escuchan clases expositivas de ciencias y con que realizan experimentos. También se ha efectuado un estudio aproximativo con respecto a variables como el grado de problemática existente en los centros en función de su titularidad, las dotaciones de libros de texto, el absentismo, la indisciplina y el vandalismo en los mismos.

El grupo **actitudes hacia la ciencia** incluye tanto éstas como las denominadas actitudes científicas. La atribución de diferentes actitudes a cada alumno se ha realizado a través de las respuestas que han dado a preguntas relacionadas con su interés por las ciencias, su auto-concepto, la utilidad de las ciencias, etc..

La organización del capítulo es similar para cada una de las tres primeras categorías analizadas. Se comienza con una breve justificación de la inclusión del ítem en la prueba; tras esto, se presenta una visión panorámica de las respuestas de los alumnos de los diferentes países al ítem observado, haciendo hincapié en la situación de los alumnos españoles dentro del marco general y se concluye con la comparación de los rendimientos de los alumnos para cada una de las variables. El estudio de las diferencias de las puntuaciones obtenidas en la prueba de ciencias se ha realizado mediante análisis de varianza (ANOVAs).

Los ANOVAs han sido efectuados a través del contraste de medias por medio de la prueba de F de Fisher, donde la variable dependiente es la puntuación de los sujetos de 9 y 13 años, respectivamente, obtenida en la prueba objetiva de ciencias.

Dado el elevado tamaño de la muestra, el nivel de significación con el que se ha trabajado ha sido del 0,1 %. Es decir, el criterio adoptado será considerar como significativos aquellas diferencias cuya probabilidad de que ocurran al azar son menores del 0,1 %.

Los resultados de dichos análisis se adjuntan, sólo, cuando han resultado significativos. De la misma forma, cuando la variable sexo ha resultado relevante variable ha sido incluida.

La organización del apartado dedicado a las actitudes es diferente ya que el informe internacional agrupa todos los items en una única variable "actitudes hacia la ciencia", mientras que el estudio realizado con la muestra nacional aporta los resultados tanto para cada uno de los items por separado, como agrupados en diversas categorías.

### 3.1. ENTORNO FAMILIAR

El grupo denominado entorno familiar incluye variables tales como el tamaño de la familia, el número de libros en casa y el interés de los padres por las ciencias.

#### 3.1.1. Tamaño de la familia

El número de hijos que integra la unidad familiar puede considerarse una variable que correlaciona con el rendimiento escolar de los estudiantes. Los alumnos procedentes de familias numerosas frecuentemente suelen tener menos oportunidades de promoción, causa, —entre otras muchas—, que ha motivado políticas de ayuda y cooperación (UNESCO, 1994).

Sin contarte a tí mismo. ¿Cuántos hermanos y hermanas tienes?

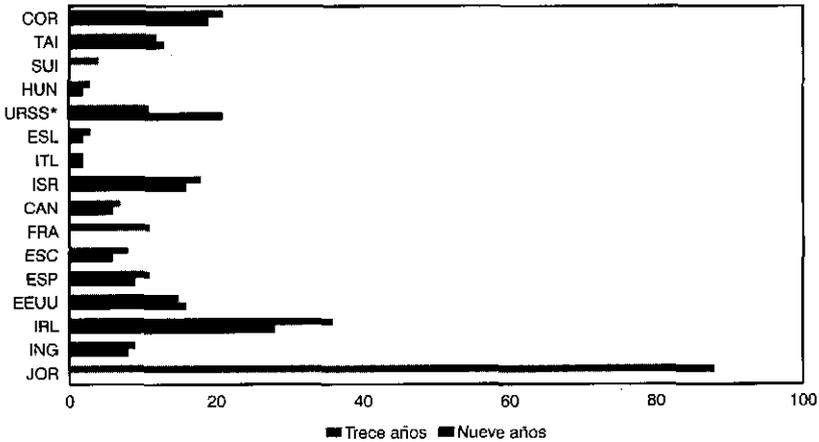
- |            |               |
|------------|---------------|
| — Ninguno. | — Cuatro.     |
| — Uno.     | — Cinco.      |
| — Dos.     | — Seis o más. |
| — Tres.    |               |

Dentro del **contexto internacional**, cabe señalar que el tamaño de la familia es relativamente pequeño en la mayor parte de los países industrializados que han tomado parte en el estudio. El descenso de la natalidad en estos países ya ha sido puesto de manifiesto en otros estudios.

Entre los países europeos destaca Irlanda con más de un tercio de los alumnos que tienen cuatro o más hermanos. Jordania, con un 88% de los alumnos que tienen cuatro o más hermanos, sobresale en cuanto al tamaño de la familia.

El porcentaje español de familias numerosas (11%) es similar al de los países de nuestro entorno.

**GRAFICO 3.1**  
**% Estudiantes con 4 o más hermanos/as**



\* ex-URSS

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 63)

El tamaño de la familia correlaciona negativamente con el *rendimiento en ciencias* en 11 de los países participantes en el estudio, incluida España. En el resto de los países, entre los que se encuentran los tres con un mayor porcentaje de familias numerosas (Jordania, Irlanda e Israel), no se han encontrado relaciones estadísticamente significativas entre tamaño de la familia y el rendimiento en ciencias.

En la TABLA 3.1 se presentan los datos correspondientes a la muestra española donde se comparan las puntuaciones medias en la prueba de ciencias en función del tamaño de la familia, para cada una de las poblaciones, de nueve años (Población A) y de trece (Población B).

Una posible interpretación de la tabla es la siguiente: podemos afirmar, con una probabilidad del 99,9% ( $p < 0,001$ ) que la variable número de hermanos está asociada con el rendimiento en ciencias en este estudio. Además, los alumnos con más hermanos rinden menos en la prueba: hasta un 35% menos en la Población A y un 20% menos en la Población B (13 años), aunque no se puede dejar al margen la correlación de otro importante grupo de variables que, como se irá indicando más adelante *pueden contribuir a explicar en mayor medida tal relación*.

**Tabla 3.1. Distribución de las medias del rendimiento en función del n.º de hermanos/as. Resultados del análisis de varianza**

Número de hermanos y/o hermanas	Población A		Población B	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
Ninguno	10,2	38,1 (8,4)	6	48,1 (9,6)
Uno	42,5	38,2 (8,3)	38	49,6 (10,1)
Dos	26,0	35,8 (9,0)	30,0	48,9 (9,6)
Tres	12,2	32,9 (8,7)	14,6	47,2 (10,2)
Cuatro	4,3	32,6 (9,1)	7,1	45,8 (10,8)
Cinco	2,3	30,5 (9,5)	2,0	44,9 (12,6)
Seis o más	2,6	28,2 (8,6)	2,4	40,0 (10,0)

Significación:

F: 22,34 p < 0,001
-----------------------

F: 8,25 p < 0,001
----------------------

### 3.1.2. Número de libros en casa

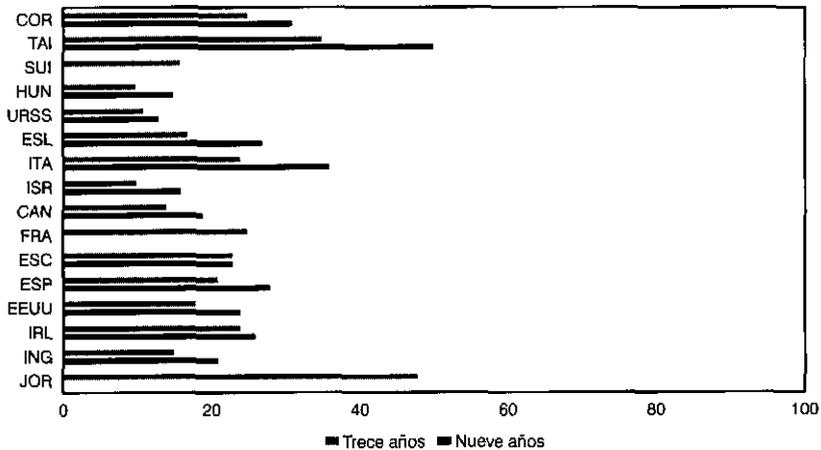
El nivel cultural constituye una variable frecuentemente asociada al rendimiento. Como, por otra parte, uno de los indicadores del nivel socio-económico y cultural es el número de libros que hay en el hogar, habitualmente se viene relacionado disponer de muchos libros en casa con un mayor rendimiento escolar, ya que existen estudios

que relacionan la presencia de libros con el tiempo dedicado a la lectura (Elley B., 1992) y ésta, a su vez, se relaciona con el rendimiento.

En el **contexto internacional** se observa que el número de libros a disposición de los estudiantes en sus casas varía considerablemente según las características socioculturales y el nivel de desarrollo de los países. Así, en los países más industrializados se dispone de un mayor número de libros en casa que en los países menos industrializados.

<p>Sin contar periódicos, revistas o tebeos, ¿Cuántos libros hay en casa?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Muy pocos o ninguno (0-10).</li> <li>— Menos de 25.</li> <li>— Suficientes como para llenar una estantería (25-100).</li> <li>— Suficientes como para llenar varias estanterías (más de 100).</li> </ul>
---

**GRAFICO 3.2**  
**% Estudiantes con menos de 25 libros en casa**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 63)

Inicialmente se establecieron cuatro categorías diferentes según el número de libros disponibles en casa; en una fase posterior y al objeto de comparar los resultados, éstas se han reagrupado en dos, según se dispusiera de más o de menos de 25 libros.

Entre los países con mayor proporción de alumnos que disponen de más de 25 libros en su casa destacan Israel y Hungría junto con la ex-Unión Soviética. Los estudiantes de Jordania, Taiwan y Corea son los que cuentan con menos material impreso en sus hogares.

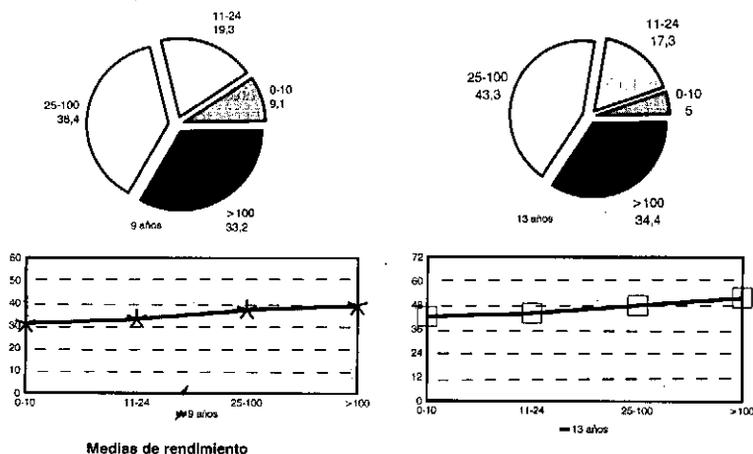
Se constata que España, con un 21% de estudiantes que poseen menos de 25 libros en casa, no constituye un país que sobresalga entre el resto en cuanto a la falta de libros.

En todas las poblaciones analizadas existe una relación positiva, estadísticamente significativa, entre el número de libros en casa y el rendimiento en ciencias. Los alumnos de los países con suficiente número de libros en sus casas alcanzaron mejores resultados en las pruebas de rendimiento en ciencias.

En Corea y Taiwan, a pesar de encontrarse entre los países con un menor número de libros por hogar y poseer los rendimientos superiores de todos los países del estudio, la variable considerada también se relaciona positivamente con el rendimiento.

La distribución porcentual del número de libros que dicen tener los alumnos en sus casas es la siguiente, según se ilustra en la FIGURA 3.1:

**FIGURA 3.1. Número de libros en casa**



En España, la variable número de libros en casa está relacionada positivamente con el rendimiento en ciencias. La TABLA 3.2 adjunta ilustra esta relación:

**TABLA 3.2. Distribución de las medias del rendimiento en función del n.º de libros que poseen en casa. Resultados del análisis de varianza**

N.º de libros en casa	Población A	Población B
	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
0-10	30,8 (8,1)	42,2 (11,0)
11-24	32,9 (8,5)	44,0 (10,2)
25-100	37,0 (8,6)	48,0 (9,4)
> 100	39,0 (8,4)	51,9 (9,6)

F: 56,02  
p < 0,001

F: 52,92  
p < 0,001

### 3.1.3. Interés de los padres por las ciencias

La implicación de los padres en las tareas escolares de sus hijos puede influir en el éxito académico de éstos, independientemente de su nivel socioeconómico (IAEP, 1992). Unã gran parte de los estudiantes piensan que sus padres están interesados por las ciencias, aunque es muy probable que lo que entiende cada alumno por "tener unos padres interesados por las ciencias" sea muy diferente.

A mis padres les interesan las ciencias:

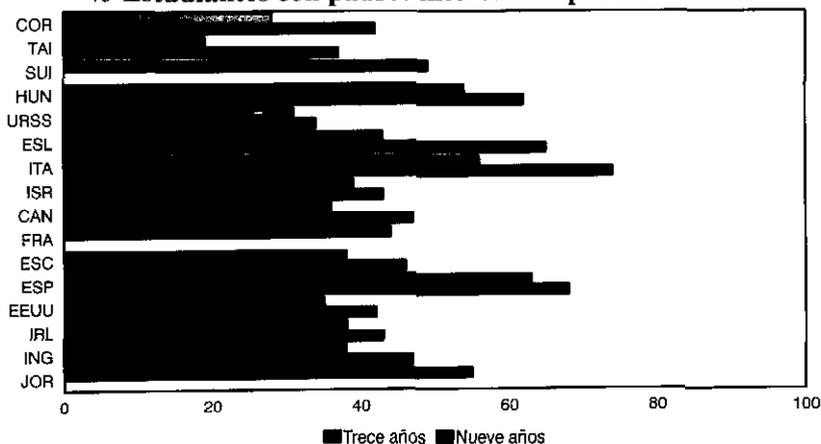
- De acuerdo.
- Indeciso.
- Desacuerdo.

Otras dos preguntas que se han formulado en el estudio, muy relacionadas con la que nos ocupa, son: si los alumnos hablan con alguien en casa sobre sus clases de ciencias y si encuentran ayuda en casa en la realización de sus deberes.

Dentro del **contexto internacional**, las respuestas de los alumnos varían considerablemente según los países.

En la mayoría de los países, entre un 30 y un 60 por ciento de los estudiantes, dan respuestas positivas cuando se les pregunta si creen que sus

**GRAFICO 3.3**  
**% Estudiantes con padres interesados por las ciencias**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 63)

padres están interesados por las ciencias. Una excepción a lo anterior lo constituyen Corea y Taiwan donde, en opinión de sus hijos, se encuentran los mínimos porcentajes de padres interesados por este área.

Los padres españoles, con un 63% de ellos interesados por las ciencias, en opinión de sus hijos, se sitúan en primer lugar en la población de trece años. Y en segundo lugar, detrás de Italia, en la de nueve.

Los porcentajes de alumnos españoles que hablan en sus casas de ciencias y los que encuentran ayuda en su casa para realizar los deberes de ciencias son similares al anterior.

En más de la mitad de los países consultados existe una relación estadísticamente significativa entre la actitud de interés mostrada por los padres de los estudiantes y el rendimiento de éstos en ciencias. La relación es positiva, no siendo en ningún caso negativa. Es de destacar Corea, uno de los países en los que según los estudiantes sus padres muestran, en gran medida, una indiferencia hacia las ciencias, también manifiesta esta relación positiva con el rendimiento.

En cambio, el rendimiento de los estudiantes españoles no se ha encontrado que esté relacionado con el interés de sus padres hacia las ciencias.

### 3.2. ACTIVIDADES DE TIEMPO LIBRE

Las preguntas relativas a cómo emplean los alumnos su tiempo libre tienen el propósito de conocer cuáles son las actividades que pueden reforzar o frenar su rendimiento. En este apartado se han incluido las variables relativas al tiempo que dedican los estudiantes a ver la televisión diariamente, a la lectura como actividad de tiempo libre, a realizar los deberes escolares de todas las asignaturas diariamente y el tiempo semanal que dedican a los deberes de ciencias en particular.

#### 3.2.1. Ver la televisión

Los alumnos dedican habitualmente una gran parte de su tiempo libre a ver la televisión, de ahí que ésta haya sido una variable que se venga relacionando habitualmente con el rendimiento escolar.

¿Cuánto tiempo ves en casa la televisión habitualmente un día de clase normal?

- 0-1 h.
- 2-4 h.
- 5 ó más h.

La televisión es un instrumento controvertido. Para unos puede contribuir a desarrollar determinadas habilidades académicas (UNESCO, 1984), mientras que para otros sólo se trata de un artefacto que provoca un considerable consumo de horas que podrían dedicarse a actividades que requieren un mayor esfuerzo intelectual (IAEP, 1992).

El tiempo dedicado por los niños a ver la televisión no se reduce exclusivamente a las programaciones infantiles o juveniles como puede deducirse al observar la franja horaria de estas programaciones, por lo general más reducida que el tiempo que dedican los niños a ver la televisión (Institut National de l'Audiovisuel, 1992). Aunque las programaciones infantiles de los distintos países son diferentes en cuanto a su diversidad y calidad, en la presente investigación sólo se ha considerado el tiempo que dedican los alumnos a ver la televisión.

En el estudio se parte de la hipótesis de que el tiempo dedicado a ver la televisión puede constituir un predictor del rendimiento escolar en general (ETS, 1991) aunque no se indica en qué sentido.

Las respuestas de los estudiantes se han agrupado inicialmente en los tres intervalos del ítem.

En el **contexto internacional** se ha observado que la mayor parte de los alumnos (incluidos los españoles) afirman ver la televisión entre dos y cuatro horas diarias.

Las comparaciones entre los países se han realizado a partir de los porcentajes de alumnos que dedican un excesivo número de horas a ver la televisión (cinco horas o más). En la gráfica adjunta se presentan los resultados internacionales correspondientes a esta categoría.

El número de alumnos españoles que ven la televisión en exceso no sobresale si se compara con el de los países anglosajones, que superan cualquier límite prudencial. Sin embargo, los más jóvenes se van aproximando a las primeras posiciones, ya que alrededor del 20% de niños de 9 años afirman ver la televisión cinco o más horas al día.

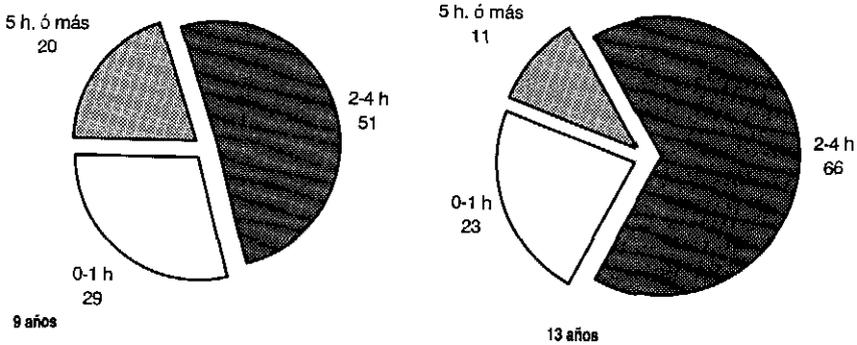
El tiempo que dedican los alumnos españoles a ver la televisión está representado en la FIGURA 3.2. Cuando se comparan las dos po-

**Tabla 3.3. Distribución según la dedicación a ver la TV**

<i>Tiempo dedicado a ver TV</i>	<i>0-1h.</i>	<i>2-4h.</i>	<i>5 h. ó más</i>
13 años	23%	66%	11%
9 años	29%	51%	20%

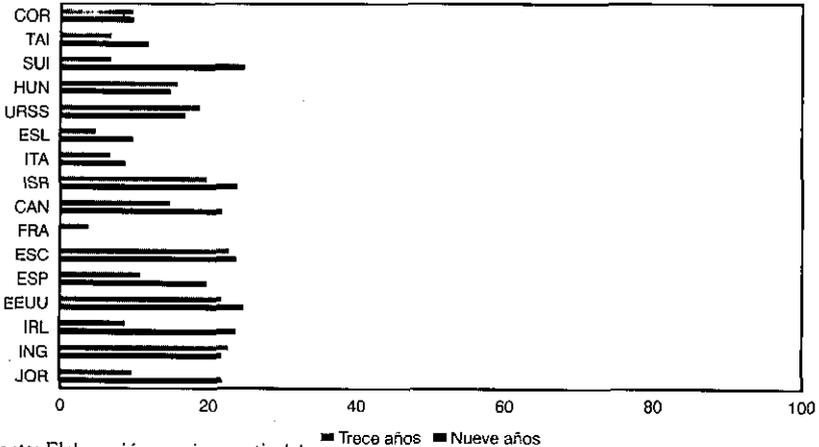
blaciones españolas se observa que los estudiantes de 9 años ven más horas la televisión que los de 13.

**FIGURA 3.2. Tiempo dedicado a ver la televisión**



El tiempo dedicado a ver la televisión se asocia negativamente con el rendimiento en ciencias en diez de los países participantes en la investigación. Entre éstos se encuentran E.E.U.U., Canadá y Escocia, que a su vez destacan por el mayor número de horas dedicadas a verla.

**GRAFICO 3.4**  
**% Estudiantes que ven la TV 5 o más horas diarias**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 67 y 92)

En España no se ha encontrado ninguna asociación entre el número de horas dedicadas a ver la televisión y el rendimiento en el área de ciencias en ningunas de las poblaciones estudiadas.

### 3.2.2. La lectura

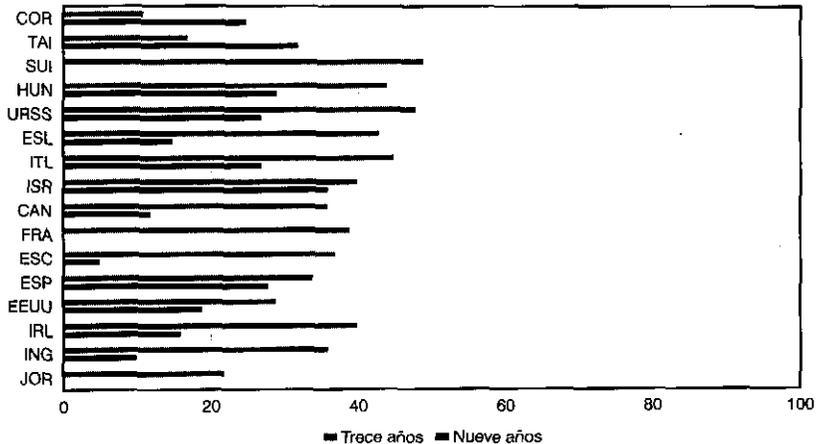
Son numerosos los estudios que han vinculado el tiempo que dedican los alumnos a leer con el rendimiento. Los alumnos que más leen obtienen mejores resultados. Por otra parte, la falta de hábitos de lectura se ha señalado como un factor destacado que explica el bajo rendimiento de los alumnos y, como consecuencia de esto, se han puesto en marcha diferentes programas encaminados a fomentar la lectura (Foucambert, J. 1987). Por todo lo anterior, la variable número de horas dedicadas a la lectura se ha tenido en cuenta en la presente investigación.

¿Cuánto tiempo dedicas a leer tú solo para entretener fuera del colegio?

- Casi todos los días.
- Una o dos veces a la semana.
- Una o dos veces al mes.
- Nunca o casi nunca.

Como consecuencia de esto, se han puesto en marcha diferentes programas encaminados a fomentar la lectura (Foucambert, J. 1987). Por todo lo anterior, la variable número de horas dedicadas a la lectura se ha tenido en cuenta en la presente investigación.

**GRAFICO 3.5**  
**% Estudiantes que leen diariamente**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEF (1992, 67 y 92)

Tras el análisis de los resultados **internacionales** se observa que los estudiantes de los países con un mayor índice de desarrollo destacan por los elevados porcentajes de alumnos que dedican diariamente algún tiempo a la lectura, aunque hay alguna excepción como los de E.E.U.U.

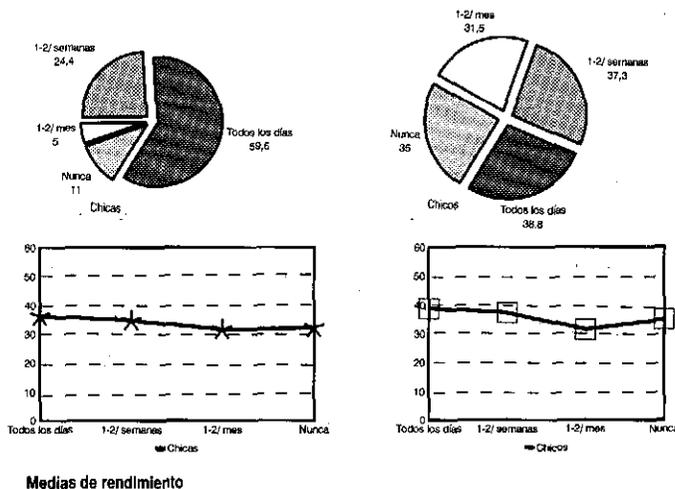
En España, los alumnos de nueve años dicen leer más que sus compañeros de trece; aunque en ningún caso se acercan al 65% de alumnos lectores de 9 años de la ex-Unión Soviética y del 49% de 13 años en Suiza. Los estudiantes coreanos de ambas edades están incluidos entre los menos lectores de todos los países participantes.

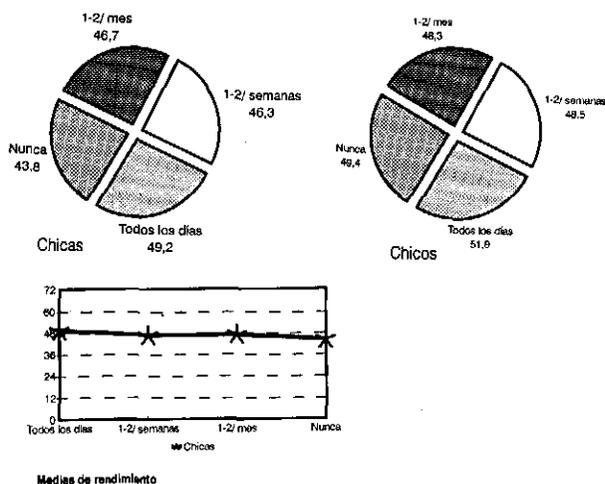
En la mayor parte de los países se constata que cuanto mayor es el tiempo que los alumnos dedican a la lectura, más alto es el rendimiento en ciencias.

El tiempo que dedican los alumnos españoles a la lectura está representado en las FIGURAS 3.3 y 3.4.

Con respecto a la población española, y para ambas edades, se pone de manifiesto que el tiempo dedicado a la lectura está asociado positivamente con el rendimiento en ciencias. Dado que en el análisis de los datos se han observado diferencias en el tiempo dedicado a la lectura según el género, los resultados se presentan por separado para chicos y chicas para cada una de las poblaciones. Hay que des-

**FIGURA 3.3. Distribución del tiempo dedicado a la lectura (9 años)**



**FIGURA 3.4. Distribución del tiempo dedicado a la lectura (13 años)**

acar que las chicas dedican más tiempo a leer, aunque esto no se corresponde con un rendimiento mayor TABLA 3.4. Tal vez habría que buscar la explicación a este fenómeno en la no ausencia de control de otras variables relevantes que pudieran explicar estos resultados.

**Tabla 3.4. Distribución de las medias del rendimiento en función del tiempo dedicado a la lectura. Resultados del análisis de varianza.**

Tiempo dedicado a la lectura	Población A		Población B	
	CHICAS	CHICOS	CHICAS	CHICOS
	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Todos los días	36,2 (8,7)	38,8 (9,1)	49,2 (10,0)	51,9 (10,9)
1-2/semana	34,7 (8,1)	37,3 (8,5)	46,3 (9,9)	48,5 (10,3)
1-2/mcs	31,6 (7,9)	31,5 (9,4)	46,7 (8,9)	48,3 (10,0)
Nunca	32,3 (8,1)	35,0 (9,1)	43,8 (9,5)	49,4 (9,2)
	F: 7,49 p < 0,001	F: 14,40 p < 0,001	F: 8,23 p < 0,001	F: 4,97 p > 0,001

### 3.2.3. Los deberes

La obligatoriedad de los deberes en casa ha suscitado numerosas polémicas. Para unos los deberes son entendidos como actividades de refuerzo y afianzamiento del aprendizaje iniciado en el aula, y para otros constituyen nuevas cargas que gravan a los estudiantes en su horario extraescolar.

¿Cuánto tiempo dedicas normalmente cada día, a hacer los deberes de todas las asignaturas?

- No tengo deberes.
- 0-1 hora.
- 2 horas o más.

El tiempo dedicado por los estudiantes a realizar diariamente las tareas escolares de las distintas asignaturas varía considerablemente de unos países a otros, e incluso existen diferencias dentro de las dos poblaciones consideradas.

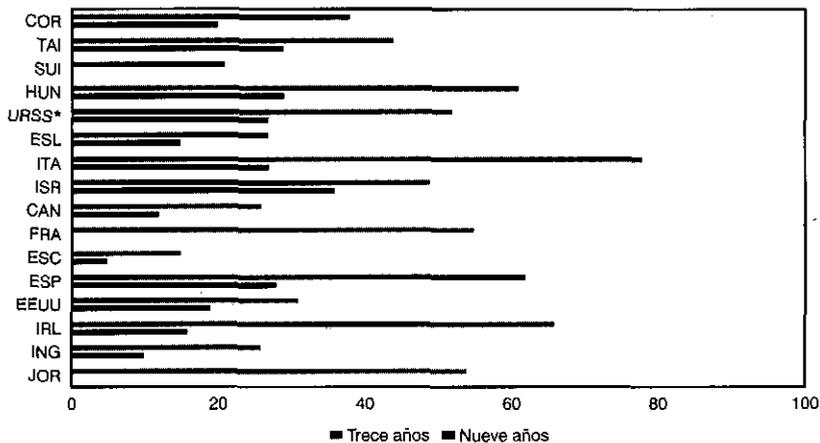
Mientras que en Corea y en España a todos los estudiantes, sin distinción, se les piden normalmente realizar deberes, en E.E.U.U. se establecen diferencias en función de sus rendimientos académicos previamente constatados, de tal modo que tanto a los sujetos con menores puntuaciones como a los de mayor rendimiento les son asignados más deberes que a los que se encuentran dentro de un nivel intermedio (ETS. 1991).

Dentro del **contexto internacional**, la respuesta más común de los estudiantes de la mitad de los países implicados en la investigación es que dedican una hora diaria a realizar los deberes de todas las asignaturas.

En los restantes países, aproximadamente la mitad de los estudiantes responden que dedican diariamente dos o más horas a este cometido.

Los alumnos de nueve años emplean menos tiempo en realizar deberes que los de trece. Los alumnos españoles de 13 años sobresalen en cuanto al tiempo que dedican a la realización de deberes, situándose inmediatamente después de Italia en el porcentaje de alumnos que dedican dos o más horas a realizar deberes en casa. Entre los países donde menos tiempo se emplea en la realización de deberes se encuentra Escocia, donde no hay tradición de proponer esta actividad a los alumnos.

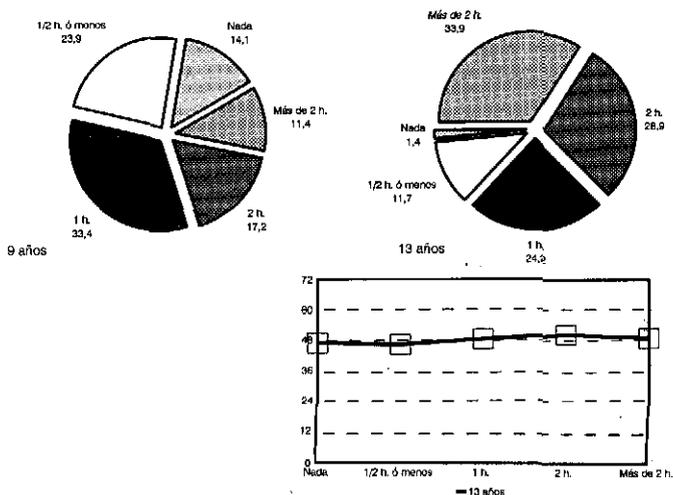
**GRAFICO 3.6**  
**% Estudiantes que dedican 2 horas o más a los deberes de cada día**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 67 y 92)

El tiempo que emplean los alumnos a realizar los deberes diariamente en sus casas se representa en la figura siguiente:

**FIGURA 3.5. Tiempo dedicado a los deberes diarios**



El tiempo empleado en realizar tareas escolares se relaciona positivamente con el rendimiento en ciencias en la mitad de los países.

En España se han encontrado diferencias significativas únicamente en el rendimiento de los estudiantes de trece años (población B); los alumnos que apenas dedican tiempo a realizar sus deberes (nada o media hora al día) sacan peores resultados que el resto (TABLA 3.5).

**Tabla 3.5. Distribución de las medias del rendimiento en función del tiempo dedicado a los deberes. Resultados del análisis de varianza**

<i>Tiempo dedicado a los deberes</i>	<i>Población A</i>	<i>Población B</i>
	$\bar{\chi}$ (DT)	$\bar{\chi}$ (DT)
Nada	36,4 (9,4)	46,6 (11,2)
1/2 hora o menos	36,8 (8,9)	45,9 (11,4)
1 hora	35,9 (8,9)	48,0 (10,3)
2 horas	36,7 (8,5)	49,9 (9,9)
Más de 2 horas	35,4 (9,3)	48,4 (9,9)

Significación:

F: 0,36  
p > 0,001

F: 14,57  
p < 0,001

### 3.2.4. Deberes de ciencias

Realizar "más deberes" es a menudo considerado por los educadores y los padres como un factor que contribuye en gran medida al logro de resultados óptimos en las distintas disciplinas. Numerosas investigaciones sugieren que son muchos los factores que a su vez contribuyen a

la efectividad de los deberes como actividad instructiva, tales como los tipos de tareas anejas que pueden ir desde la corrección de los mismos

¿Cuánto tiempo dedicas cada semana, normalmente, en los deberes de ciencias?

- Nada.
- 1 hora o menos.
- 2 horas.
- 3 horas.
- 4 horas.
- 5 horas.
- 6 horas o más.

en gran grupo hasta llevar a cabo un proceso evaluador individual (IAEP, 1992).

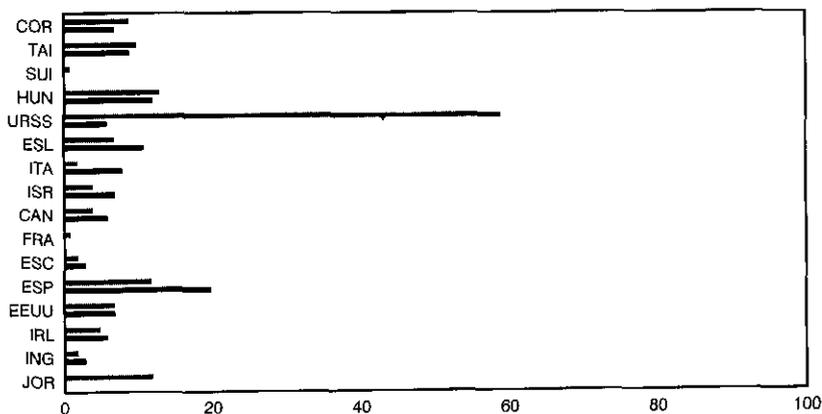
En el **contexto internacional**, más de la mitad de los estudiantes afirman dedicar una hora o menos cada semana. Los porcentajes de estudiantes que dedican 4 ó más horas a los deberes de ciencias a la semana constituyen un grupo muy poco numeroso, excepto en la ex-Unión Soviética donde el 59% dedica 4 ó más horas semanales a los deberes de ciencias.

El 12% de estudiantes españoles dedican 4 ó más horas semanales a realizar sus tareas de ciencias. Con respecto a esta muestra, España se sitúa entre los tres países que dicen dedicar más tiempo a realizar tales tareas.

Los estudiantes de nueve años dedican más tiempo a los deberes de ciencias que los de trece. Y en ambas poblaciones España se encuentra entre los países en los que existe un porcentaje mayor de estudiantes que dedica 4 ó más horas semanales a estas tareas.

El rendimiento de los estudiantes de más de la mitad de los países consultados se encuentra relacionado con el tiempo dedicado a realizar sus tareas de ciencias en casa. En algunos países como Taiwan, Hungría, Ex-Unión Soviética, Irlanda y España esta relación es positiva, mientras que para Corea, Suiza y Francia la relación es negativa.

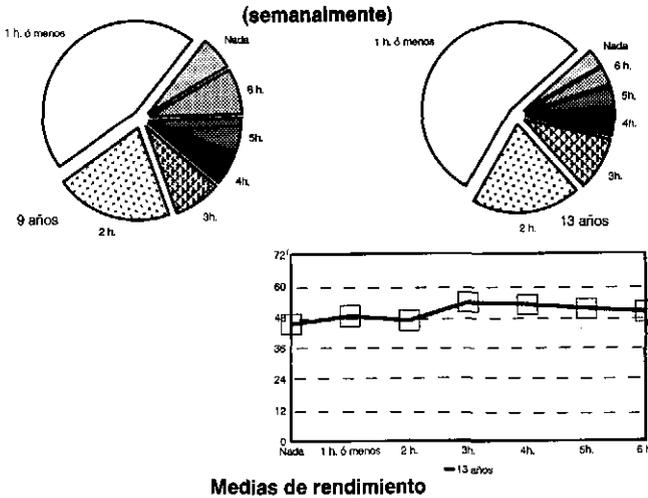
**GRAFICO 3.7**  
**% Estudiantes que dedican 4 horas o más**  
**semanales a los deberes de ciencias**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992: 47 y 151)

El tiempo empleado por los alumnos españoles en la realización de deberes de ciencias se presenta en la FIGURA 3.6:

**FIGURA 3.6. Tiempo semanal dedicado a los deberes de ciencias**



**Tabla 3.6. Distribución de las medias del rendimiento en función de la dedicación semanal a los deberes de ciencias. Resultados del análisis de varianza**

Dedicación semanal a los deberes de ciencias	Población A	Población B
	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Nada	35,2 (9,0)	45,3 (10,1)
1 hora o menos	35,8 (8,9)	48,2 (10,1)
2 horas	36,0 (8,4)	46,5 (10,1)
3 horas	38,8 (9,4)	53,3 (9,2)
4 horas	37,9 (8,2)	52,4 (8,5)
5 horas	38,2 (9,3)	50,8 (8,7)
6 horas	36,3 (9,0)	49,6 (10,1)

Significación:

F: 3,69 p > 0,001	F: 8,09 p < 0,001
----------------------	----------------------

La TABLA 3.6 muestra como se distribuyen las medias en la prueba de rendimiento en función del número de horas que dedican los alumnos a realizar los deberes de ciencias en casa. Como puede observarse, tanto los alumnos que dedican mucho tiempo a realizar los deberes de ciencias en sus casa, como los que no emplean apenas tiempo obtienen unos rendimientos en la prueba más bajos que los que dedican a esta tarea unos tiempos intermedios. Esta variación es similar a la del apartado anterior (deberes diarios en casa).

### 3.3. ENTORNO ESCOLAR

En la categoría entorno escolar se han incluido dos grupos de variables: el que hace referencia a la metodología de enseñanza (expositiva o no), que a juicio de los alumnos, emplean los profesores y el que se ha denominado organización del centro, obtenido del cuestionario cumplimentado por los directores de los centros. Las respuestas, tanto de los alumnos como de los profesores, están mediatizadas por las expectativas y actitudes de los alumnos y de los directores: así, es un hecho constatado que a los alumnos suele parecerles siempre muy escaso el tiempo que pasan en el laboratorio y los directores tienden a quejarse de las dotaciones del centro, en especial cuando es un centro público -no en vano la encuesta es aplicada por "la Administración"- mientras que los directores de los centros privados tienden a quejarse en menor medida.

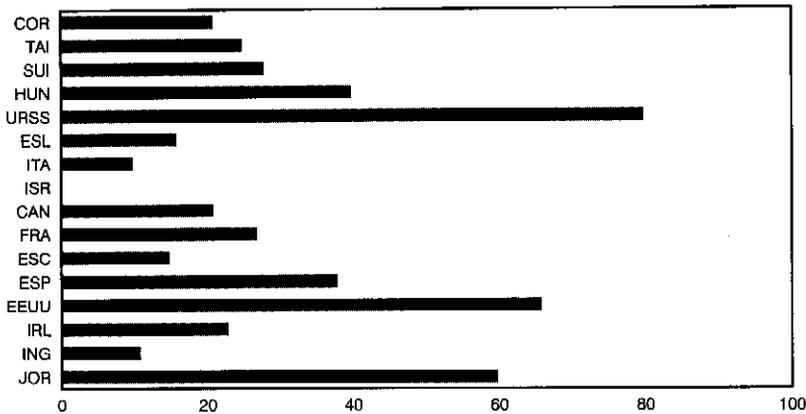
#### 3.3.1. Clases expositivas de ciencias, realización de experimentos y metodología de aula

Los métodos de enseñanza expositivos están muy extendidos en la práctica docente. Las clases magistrales, apoyadas en el tradicional libro de texto son, hoy por hoy, una forma de enseñar y de aprender habitual en numerosas aulas del mundo.

¿Con qué frecuencia escuchas a tu profesor explicar la lección de ciencias?

- Todos los días.
- Varias veces a la semana.
- Una vez a la semana.
- Menos de una vez a la semana.
- Nunca.

**GRAFICO 3.8**  
**% Estudiantes que escuchan diariamente**  
**sus clases de ciencias**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 47 y 151)

Se ha preguntado a los alumnos acerca de la frecuencia con la que su profesor explica la lección de ciencias. La interpretación de las respuestas resulta algo confusa, ya que hay algunos países donde los estudiantes no tienen necesariamente una clase de ciencias cada día y algunos estudiantes pueden haber interpretado "todos los días" como cada día escolar, mientras otros pueden haber interpretado "todos los días" como todos los días de clase de ciencias.

En el **contexto internacional**, la mayoría de los estudiantes de la ex-Unión Soviética, E.E.U.U., y Jordania escuchan a sus profesores las explicaciones de las lecciones de ciencias habitualmente. En otros países las prácticas expositivas no están tan arraigadas, como por ejemplo en Israel donde los estudiantes en ningún caso afirman escuchar cada día sus lecciones de ciencias.

Más de un tercio de los estudiantes españoles escuchan lecciones de ciencias diariamente, de lo que se deduce que la metodología expositiva es una práctica relativamente habitual, encontrándonos dentro de los cinco primeros países donde, en opinión de los alumnos, hay más clases expositivas.

Los resultados del estudio señalan que la enseñanza de las ciencias está dominada por las frecuentes explicaciones del profesor y que esta

metodología no se encuentra asociada negativamente con el rendimiento en la prueba, excepto en Inglaterra, donde las puntuaciones del rendimiento tienden a disminuir con la mayor frecuencia de las explicaciones del profesor. En España, el rendimiento en ciencias no está relacionado con la frecuencia con que se escuchan explicaciones en las clases de ciencias.

## REALIZACION DE EXPERIMENTOS

La realización de experimentos es una de las actividades que caracteriza la educación científica. Los contenidos propios de la ciencia no se entenderían si no se conocen las experiencias que han permitido avanzar en los conocimientos científicos. De ahí que en todos los programas se incluyan, entre los conocimientos a adquirir por

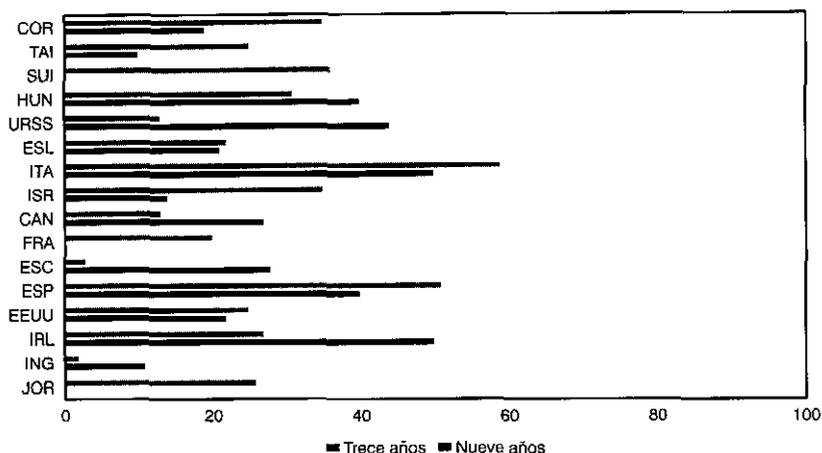
parte de los alumnos, los métodos característicos de la ciencia (observar, emitir hipótesis, diseñar experimentos, interpretar datos, etc.). El énfasis que se ha otorgado a su importancia en los programas oficiales ha ido variando en función de las corrientes pedagógicas en boga en cada momento. Sin embargo, la práctica en el aula no siempre ha estado en consonancia con los programas oficiales, a pesar de que la realización de experimentos constituye una de las actividades preferidas por el alumnado como muestran numerosos estudios (Ministry of Education, 1992).

Dentro del **ámbito internacional**, la realización de experimentos individualmente o en equipo en las clases de ciencias no es una práctica extendida en la mayoría de los países. La excepción la constituyen Escocia e Inglaterra, donde más del 80% de los estudiantes contestaron que realizaban experimentos al menos una vez a la semana. Aproximadamente la mitad de los estudiantes de la ex-Unión Soviética y Canadá realizan experimentos a menudo. La experimentación es menor en Taiwan, Eslovenia, Francia, E.E.U.U., Irlanda y Jordania donde, aproximadamente una cuarta parte de los estudiantes, responden que nunca realizan experimentos.

¿Con qué frecuencia realizas experimentos de ciencias tú solo o con tus compañeros de clase?

- Todos los días.
- Varias veces a la semana.
- Una vez a la semana.
- Menos de una vez a la semana.

**GRAFICO 3.9**  
**% Estudiantes que nunca realizan experimentos**



Fuente: Elaboración propia a partir del Informe IAEP (1992, 47)

La realización de experimentos es todavía una práctica más inhabitual en España, donde más de la mitad de los alumnos preguntados dicen que **nunca** realizan experimentos.

Las poblaciones que se caracterizan por realizar experimentos habitualmente, como Inglaterra y Escocia, no son, sin embargo, las que mejores rendimientos han obtenido en esta prueba. Por otro lado, un tercio de los estudiantes con alto rendimiento en ciencias de países como Corea, Suiza y Hungría responden que nunca realizan experimentos. Es evidente que el cuestionario del I.A.E.P no ha sido diseñado para medir las destrezas científicas que pueden adquirirse en el laboratorio ni la calidad de los experimentos que realizan los estudiantes. Son muchos los alumnos españoles que dicen no realizar nunca experimentos (el 40% de los alumnos de 9 años y más de la mitad de los de 13). La FIGURA 3.7 muestra esta distribución:

En España, al igual que en otros 10 países, se ha observado una asociación negativa entre tiempo dedicado a realizar experimentos y rendimiento en la prueba. Los resultados se muestran a continuación en la TABLA 3.7:

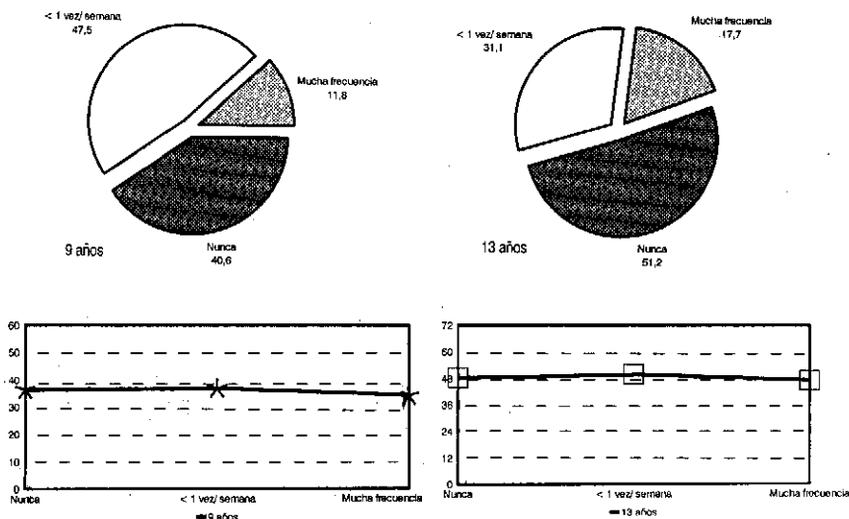
**Tabla 3.7. Distribución de las medias del rendimiento en función de la frecuencia de realización de experimentos por los estudiantes. Resultado del análisis de varianza**

Realización de experimentos por los alumnos	POBLACIÓN A	POBLACIÓN B
	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Con mucha frecuencia	34,1 (9,7)	46,9 (11,4)
Menos de 1 vez/semana	36,8 (9,1)	49,9 (9,8)
Nunca	36,3 (8,6)	48,3 (9,7)

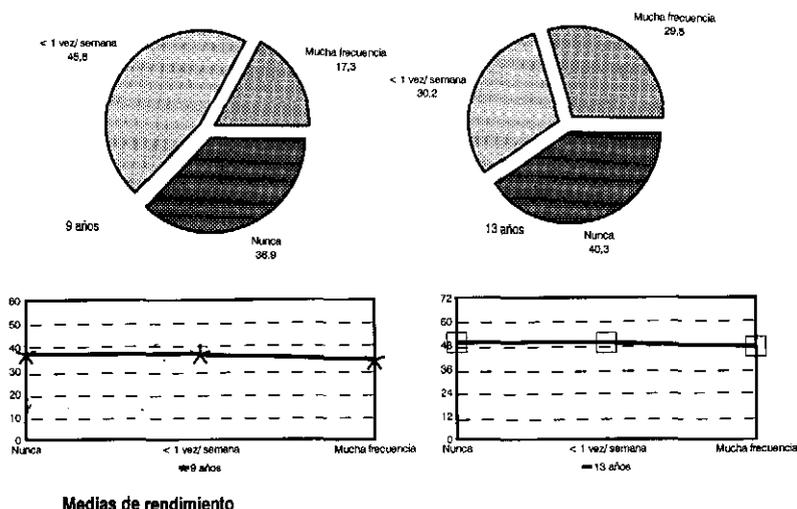
Significación:	F: 6,93 p = 0,001	F: 8,27 p < 0,001
----------------	----------------------	----------------------

**FIGURA 3.7. Realización de experimentos por los alumnos**



También se ha preguntado a los alumnos acerca de los experimentos que realizan los profesores. Sus respuestas revelan que los profesores realizan experimentos con más frecuencia que ellos. La distribución se muestra en la FIGURA 3.8:

**FIGURA 3.8. Realización de experimentos por parte de los profesores**



El resultado del análisis de varianza donde se establecen los rendimientos en función de los intervalos considerados se muestra en la TABLA 3.8:

**Tabla 3.8. Distribución de las medias del rendimiento en función de la frecuencia de realización de experimentos por el profesor. Resultados del análisis de varianza**

Realización de experimentos por el profesor	POBLACIÓN A	POBLACIÓN B
	$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Con mucha frecuencia	34,1 (9,2)	47,0 (10,4)
Menos de 1 vez/semana	36,6 (9,2)	49,1 (9,7)
Nunca	36,9 (8,4)	49,3 (9,8)
Significación:	F: 10,00 p < 0,001	F: 8,01 p < 0,001

En síntesis, los alumnos que realizan experimentos habitualmente no son los que más rinden en esta prueba, aunque otra cuestión hubiera sido si en la prueba se hubieran investigado los conocimientos acerca del manejo en el laboratorio. Tampoco rinden más en la prueba los alumnos que opinan que sus profesores realizan experimentos "con mucha frecuencia".

La explicación a los resultados de las tablas anteriores puede encontrarse en el tipo de conocimientos que se han evaluado con la prueba específica del área de ciencias; éstos, responden fundamentalmente a contenidos factuales, que se alcanzan a través de procesos lógico-abstractos, mientras que la realización de experimentos en el laboratorio, en estas edades donde se trata de aproximar a los alumnos al método científico, se desarrollan y potencian destrezas manipulativas desde el ámbito senso-motriz.

## METODOLOGÍA DELAULA

Averiguar cuál es la metodología que emplean los profesores en sus clases podría ser objeto de una larga y complicada investigación. En este estudio se ha intentado tomar el pulso a las clases de ciencias a través de la agrupación de tres ítems, a la que se ha denominado "metodología activa". La denominación permite hacernos una idea de qué otras actividades, además de la incuestionable "escuchar al profesor", realizan los alumnos. Estos ítems sólo se han preguntado a los alumnos de 13 años y hacen referencia a la frecuencia con que:

- Observan a su profesor hacer experimentos de ciencias.
- Realizan los alumnos, solos en grupos, experimentos de ciencias en el colegio.
- Ven películas, vídeos o programas sobre ciencias en el colegio.

Las posibilidades de respuesta se distribuyen en:

A "Todos los días", B "Varias veces a la semana", C "Una vez a la semana", D "Menos de una vez a la semana" y E "Nunca".

Las diferentes respuestas se han agrupado en cuatro categorías a las que hemos denominado: muy activa, moderadamente activa, algo activa y expositiva. Los extremos de esta clasificación oscilan entre las clases donde se realizan casi todos los días experimentos y se ven películas de vídeo, hasta aquellas otras donde la única actividad que se

realiza es la de escuchar las explicaciones del profesor. Los valores intermedios responden a situaciones mixtas, aunque algo más próximas a cada uno de los extremos.

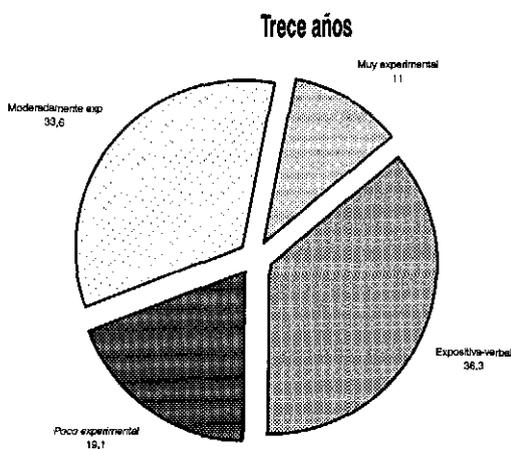
Dado que en el estudio internacional no se ha realizado esta reagrupación, no podemos ofrecer en este apartado ninguna comparación con otros países.

Una vez realizada la clasificación se observa que, en opinión de los alumnos, la metodología que predomina en las aulas es expositiva-verbal, es decir, en las que ellos nunca realizan experimentos, ni ven realizarlos a sus profesores y tampoco ven videos de ciencias, lo que resulta muy preocupante de cara a la motivación que tendrán en el futuro hacia el aprendizaje de las ciencias.

La distribución de las diferentes metodologías se muestra en la FIGURA 3.9.

Con objeto de contrastar la hipótesis de que el rendimiento de los estudiantes de 13 años en ciencias está asociado con la metodología empleada en las clases de dicha área, se ha efectuado un ANOVA y se ha comprobado que no existen diferencias significativas en el rendimiento de los estudiantes (TABLA 3.9) en función de la metodología en los términos descritos con anterioridad.

**FIGURA 3.9. Metodologías de enseñanza**



**Tabla 3.9. Distribución de las medias del rendimiento en función de la metodología didáctica empleada en clase. Resultados del análisis de varianza**

<i>Metodología de clase</i>	<i>Población B</i>
	$\bar{x}$ (DT)
Muy experimental	46,0 (11,8)
Moderadamente exp.	48,4 (9,9)
Poco experimental	49,2 (10,1)
Expositiva-verbal	49,2 (9,4)
Significación:	F: 4,93 p > 0,001

El análisis de varianza se ha realizado por separado para cada sexo sin que hayan aparecido relaciones diferentes a la comentada, por lo que se constata que la variable metodología no se encuentra asociada al rendimiento diferencial de los alumnos en función del sexo.

Estos resultados están en consonancia con otros en los que al comparar rendimientos al utilizar diferentes metodologías, "expositivas" frente a "activas" no se encuentran diferencias (Palacios C., Muñoz P. y Gómez J.C. 1987; Vasiliauskas J. B., 1987); en la forma de medir los rendimientos podría encontrarse el porqué, dado que la medida de rendimiento con pruebas tradicionales, da un trato de favor a la metodología expositiva. A pesar de todo conviene no olvidar el importante papel que desempeña la motivación en el aprendizaje; el laboratorio es el lugar preferido por los alumnos para aprender ciencias —quizás porque para muchos su visita suponga una aventura hacia lo desconocido— (Preston G.L., 1990), pudiéndose utilizar también como un primer vehículo promotor de estrategias de razonamiento lógico (Hall D.A.; Mc Curdy D.W., 1988), además de la importancia del clima de clase en la satisfacción, actitud, rendimiento y motivación del alumnado (Brunet L., 1987).

### 3.3.2. Organización del centro

El estudio también se ha propuesto conocer y comparar cuáles son las condiciones de los centros y en qué medida éstas se relacionan con

el rendimiento de los alumnos; los problemas de infraestructura, el absentismo, la calefacción, etc., así como los recursos materiales y humanos del centro: número de laboratorios, experiencia del profesorado y tamaño del centro. Junto a las anteriores, también se ha considerado la titularidad del centro (público o privado, incluyéndose aquí los centros concertados). Con todas estas variables se ha procedido a realizar sucesivos análisis de varianza con el fin de conocer su grado de asociación con el rendimiento en ciencias.

La organización del centro ha de tener en cuenta las características y peculiaridades, tanto de los profesores como del entorno, el propio centro y los alumnos; como consecuencia, se generan dinámicas que confieren un ambiente propio, distinto del que pudiera derivarse al modificar cualquiera de los elementos constituyentes, constatándose que un clima adecuado y positivo genera altas expectativas de los estudiantes (Fernández, M.<sup>ª</sup> J. y Asensio I., 1988), y un fuerte liderazgo e interacción profesor/alumnos contribuye a generar resultados óptimos en los aprendizajes (Bartell, C.; Willis, D.B., 1987).

Las respuestas se han recogido del cuestionario que se aplicó a los directores de los centros. El análisis de varianza se ha realizado integrando los ficheros de datos de alumnos y de centros.

Las variables que se han considerado se han dividido en dos grandes grupos:

Relacionadas con el **profesorado**:

Formación académica, años de permanencia en el centro, metodología didáctica empleada en las clases de ciencias.

Las pertenecientes al **centro**:

Titularidad, número de profesores, niveles educativos que imparte, número de alumnos matriculados en él, ratio profesor/alumnos, dotaciones (libros de texto, material didáctico, laboratorios generales, biblioteca), problemáticas relacionadas con la disciplina y el absentismo (absentismo, disciplina, vandalismo); problemáticas relativas a la infraestructura (calefacción, iluminación, fontanería) y al mantenimiento.

Las variables analizadas que resultaron estar asociadas con el rendimiento en ciencias en las dos poblaciones analizadas de la muestra española han sido, solamente, la titularidad del centro (3.3.2.1.), si tienen o no suficientes libros de texto (3.3.2.2.) y las relacionadas con el orden y el absentimiento de los alumnos (3.3.2.3.); sólo estas varia-

bles —del gran número de las estudiadas— y únicamente en **los centros públicos** están asociadas con el rendimiento en ciencias.

Dados los diferentes resultados de los centros de titularidad pública y de los privados los análisis que se realizarán en los apartados 3.3.2.2. y 3.3.2.3. serán, exclusivamente, para los centros de titularidad pública, ya que si se realizaran conjuntamente las asociaciones dejarían de ser significativas desde el punto de vista estadístico.

El comportamiento de los centros en función de su titularidad puede explicarse por la distinta distribución de las respuestas dadas por parte de los directores de ambos tipos de centros, para los directores de los privados tales problemas apenas existen, mientras que los directores de los centros públicos, tal vez, al no sentirse tan implicados, se permitan una visión más realista. El sentimiento de identificación con la institución que representan en ambos casos podría ser un elemento interesante para analizar, aunque para esto necesitaríamos otros datos de los que no se dispone en este trabajo.

#### 3.3.2.1. *Titularidad del Centro*

La titularidad del centro es una variable que se controla en la mayor parte de los estudios de rendimiento. El debate, cargado de ideología, sobre la calidad de la enseñanza en función del tipo de centros es secular y una investigación como ésta no puede dar una respuesta contundente a la pregunta de qué tipo de centro es mejor. La influencia de muchas otras variables como nivel socioeconómico, selección de alumnos mejor dotados, etc, es un hecho que conviene tener en cuenta en cualquier estudio de estas características.

En el estudio internacional se han considerado tres tipos de centros: públicos, independientes y religiosos. Los centros de muchos de los países, incluidos los de la muestra española no pueden encajar fácilmente en las tres categorías anteriores: *podría pensarse que los centros independientes se corresponderían con los privados pero, entonces, ¿dónde se incluirían los centros concertados no religiosos?* Por lo anterior, en el estudio de la muestra española se han realizado dos categorías: públicos y privados, que no coinciden con las del estudio internacional.

Dentro del **contexto internacional**, se ha observado que de los 16 países cuyos resultados hemos considerado hay cuatro que sólo tienen un tipo de centros, públicos, (Eslovenia, Hungría, Suiza y ex-URSS); en muchos otros el porcentaje de centros de una determinada categoría

es muy bajo. Las TABLAS 3.10 y 3.11 recogen los resultados del estudio internacional; las puntuaciones directas en la prueba se han transformado a otra escala, en la que la media de los países es 500 y su desviación estándar es 100.

**Tabla 3.10. Distribución del rendimiento en función de la titularidad del centro para la POBLACIÓN A**

PAÍS	N.º Centros	Públicos % Puntuación	Independientes % Puntuación	Religiosos % Puntuación	Otros % Puntuación
Canadá	796	77,0 438,0	0,5 389,0(*)	22,4 429,6	0,1 461,9
Corea	114	99,1 460,7	0,0	0,9 430,7(*)	0,0
Escocia	102	97,1 432,7	2,9 461,4(*)	0,0	0,0
Eslovenia	110	100 402,6	0,0	0,0	0,0
España	123	71,1 419,6	4,1 464,2	24,8 451,6	0,0
EEUU	113	85,0 445,3	0,9 473,3(*)	13,3 479,5	0,9 410,4
Hungría	144	100 437,6	0,0	0,0	0,0
Inglaterra	89	71,9 427,9	4,5 473,7	15,7 441,4	7,9 458,9(*)
Irlanda	123	0,0	0,0	98,3 402,2	1,7 408,5(*)
Israel	113	69,9 431,4	0,9 517,4(*)	23,9 420,4	5,3 454,8
Italia	74	97,2 460,1	0,0	0,0	2,8 459,3
Taiwan	110	96,3 454,1	1,8 516,4(*)	1,8 506,2	0,0
ex-URSS	139	100 435,9	0,0	0,0	0,0

(\*) El error estándar de estas puntuaciones es mayor de 9,9.

Como se desprende de las tablas anteriores los centros de titularidad pública son mayoritarios en todos los países a excepción de Irlanda. Las puntuaciones de los alumnos de centros públicos sólo superan a los del resto en dos ocasiones (Corea y Canadá - 9 años); los alumnos de los

centros clasificados como independientes obtienen las máximas puntuaciones en 11 ocasiones (entre las dos poblaciones) y los de los colegios religiosos sobresalen en EEUU, Francia y Taiwan-13 años.

**Tabla 3.11. Distribución del rendimiento en función de la titularidad del centro para la POBLACIÓN B**

PAÍS	N.º Centros	Públicos % Puntuación		Independientes % Puntuación		Religiosos % Puntuación		Otros % Puntuación	
Canadá	1370	74,6	534,9	2,1	552,8	23,0	521,5	0,2	539,3(*)
Corea	110	68,8	571,3	24,8	567,0	6,4	571,1	0,0	
Escocia	108	97,2	527,5	2,8	602,5	0,0		0,0	
Eslovenia	113	100	537,3	0,0		0,0		0,0	
España	116	67,2	520,9	2,6	553,7	30,2	534,4	0,0	
EEUU	106	85,8	520,7	1,9	535,7	12,3	541,5	0,0	
Francia	110	85,2	528,8	0,0		13,9	549,3	0,9	524,3(*)
Hungría	144	100	552,7	0,0		0,0		0,0	
Inglaterra	83	80,7	524,6	9,6	610,8(*)	9,6	536,3(*)	0,0	
Irlanda	108	28,0	483,2	1,0	549,4	71,0	520,0	0,0	
Israel	100	74,0	537,0	1,0	574,0	20,0	520,9	5,0	537,2(*)
Italia	93	96,7	536,8	0,0		3,3	525,3	0,0	
Jordania	118	78,0	466,5	5,1	538,0(*)	16,9	486,8	0,0	
Suiza	252	100	548,5	0,0		0,0		0,0	
Taiwan	108	99,1	563,1	0,0		0,9	631,6	0,0	
ex-URSS	139	100	539,8	0,0		0,0		0,0	

La titularidad de los centros españoles se ha reclasificado en dos grandes categorías: públicos y privados, entrando en esta categoría todos aquellos centros que no son públicos.

Los resultados de los análisis de varianza de las medias de las puntuaciones directas en función de la titularidad de los centros se encuentran en las tablas siguientes:

**Tabla 3.12. Distribución de las medias del rendimiento en función de la titularidad del centro de procedencia. Resultados del análisis de varianza**

Tipo de centro	POBLACIÓN A		POBLACIÓN B	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
Público	64,3	35,0 (9,3)	64,3	47,3 (10,2)
Privado	35,7	39,0 (7,6)	35,7	50,2 (10,1)

Significación:

F: 67,93  
p < 0,001

F: 29,67  
p < 0,001

De la tabla anterior se desprende que para ambas poblaciones los alumnos de centros privados rinden más que los de los centros públicos en la prueba de ciencias. Sin embargo, y dado que detrás de esta relación pueden estar influyendo otras variables, hemos tratado de averiguar en qué medida es el nivel socioeconómico, y no la titularidad del centro, la variable responsable de estas diferencias.

Lo anterior ha sido posible dado que en el estudio se ha controlado la variable "número de libros en casa", que como ya se mencionó anteriormente está relacionada directamente con el nivel socioeconómico. Se ha realizado un análisis para ver si a igualdad en esta última variable, la titularidad del centro es o no relevante. El análisis (ANCOVA), cuyos resultados se muestran en las dos tablas siguientes (para cada una de las poblaciones) permite distinguir un comportamiento diferente para cada una de ellas: así, para los centros seleccionados en el estudio con los alumnos de 9 años la variable titularidad del centro explica las diferencias en los rendimientos, mientras que para los centros seleccionados de la población de 13 años, la titularidad del centro, al controlar el número de libros en casa, no explica las diferencias observadas inicialmente (TABLA 3.13 y 3.14).

**Tabla 3.13. Distribución de las medias del rendimiento en función de la titularidad del centro. Resultados del análisis de covarianza controlando la variable n.º de libros en casa (ANCOVA)**

POBLACIÓN A				
N.º de libros en casa	Centro Público		Centro Privado	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
0-10	11,6	30,2 (7,9)	4,2	34,3 (8,7)
11-24	23,4	32,2 (8,4)	10,2	36,6 (7,9)
25-100	39,3	36,4 (8,9)	36,7	38,6 (7,5)
> 100	25,7	38,2 (9,3)	48,9	40,3 (7,1)

Significación:  
N.º de libros  
en casa

F: 168,680  
p < 0,001

Significación:  
Titularidad del  
Centro

F: 27,812  
p < 0,001

**Tabla 3.14. Distribución de las medias del rendimiento en función del tipo de centro. Resultados del análisis de varianza controlando la variable n.º de libros en casa (ANCOVA).**

POBLACIÓN B				
N.º de libros en casa	Centro Público		Centro Privado	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
0-10	6,9	42,2 (10,8)	1,6	42,5 (13,7)
11-24	22,0	44,1 (10,1)	9,1	43,8 (10,6)
25-100	45,8	47,6 (9,4)	38,9	48,7 (9,5)
> 100	25,3	51,1 (9,8)	50,4	52,7 (9,5)

Significación:  
N.º de libros  
en casa

F: 156,389  
p < 0,001

Significación:  
Titularidad del  
Centro

F: 4,484  
p = 0,034

El desigual comportamiento de la variable titularidad del centro al explicar las diferencias de rendimiento en la prueba no tiene una explicación sencilla. La más inmediata sería que la titularidad explica las diferencias en el rendimiento en los alumnos más pequeños, mientras que para alumnos mayores es más decisivo el nivel socioeconómico. Sin embargo, la confirmación de lo anterior requeriría de estudios específicos donde se controlasen más variables.

3.3.2.2. *Recursos: libros de texto*

Los libros de texto siempre han estado entre los principales materiales de apoyo del profesorado para transmitir los contenidos curriculares de cada área, y vienen sirviendo de guía habitualmente para el aprendizaje de los alumnos.

Las dotaciones del centro con respecto a la existencia de suficientes libros de texto y materiales de consulta para los estudiantes se encuentra asociado con un mayor rendimiento tanto en los alumnos de 9 como en los de 13 años (TABLA 3.15), fácilmente justificable por entenderse como una oportunidad de facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

**Tabla 3.15. Distribución de las medias del rendimiento en función del grado de problemática con respecto a la existencia de libros de texto en el centro. Resultados del análisis de varianza**

CENTROS PÚBLICOS			
PROBLEMA: <i>Libros de texto</i> %		POBLACIÓN A	POBLACIÓN B
		$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Serio	3,9	33,5 (9,5)	42,8 (9,7)
Moderado	7,9	34,2 (7,6)	49,9 (8,5)
Escaso	23,7	32,6 (9,7)	46,8 (10,7)
Sin problema	64,5	36,0 (9,4)	48,1 (10,1)

Significación:	F: 7,39 p < 0,001	F: 7,65 p < 0,001
----------------	----------------------	----------------------

### 3.3.2.3. *Absentismo, indisciplina y vandalismo*

#### Absentismo

El absentismo, la ausencia, inasistencia o deserción habitual del alumnado a la escuela a estas edades suele estar relacionado con la despreocupación de los padres; esto puede ser debido a diversas y complejas causas, aunque en una gran parte no estén relacionadas con la escuela sino con cuestiones socioeconómicas y laborales.

En el informe que refleja **el contexto internacional** (Reports 14 y 15) aparecen tablas semejantes a las descritas en el apartado titularidad, en la que pueden compararse los resultados de la prueba (medidos en una escala de 500) de todos los centros participantes. Dado lo complejo que podría resultar su lectura, a continuación se ofrecen, solamente, los resultados más sobresalientes del contexto internacional, en especial en lo que hacen referencia a España.

En opinión de los directores de los centros de la población B, los países con mayores problemas de absentismo escolar son Jordania (7,7%), Escocia (6,5%), Irlanda (5,7%), EEUU (4,7%) y España (4,3%). Los países que, a juicio de sus directores, no tienen serios problemas de absentismo son Italia, Taiwán y Corea. En la población A sobresale España, dado que, en opinión de un 6,6% de los directores en sus centros hay serios problemas de absentismo; tras España continúa Portugal con un 3,9% de centros con serios problemas.

En el otro extremo, centros donde no hay problemas de absentismo, España es uno de los primeros países (junto con Italia y Suiza) donde para alrededor del 50% de los directores consultados en sus centros no hay problemas de absentismo.

Así pues, nuestro país figura en los primeros lugares de ambas situaciones, lo que puede interpretarse como que hay centros de ambos tipos o, quizás que los directores, al responder al cuestionario, prefieren situarse en posiciones extremas.

En este estudio se ha puesto de manifiesto que el alumnado español procedente de centros públicos donde esta problemática no es relevante poseen los máximos rendimientos en la prueba (TABLA 3.16). Del mismo modo, los alumnos de los centros con serios problemas de absentismo son los que obtienen la puntuaciones más bajas, entre un 24 y un 17% en cada una de las poblaciones.

**Tabla 3.16. Distribución de las medias del rendimiento en función del grado de problemática con respecto al *absentismo* en el centro. Resultados del análisis de varianza**

CENTROS PÚBLICOS			
PROBLEMA <i>Absentismo</i> %		POBLACIÓN A	POBLACIÓN B
		$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Serio	6,4	29,3 (9,2)	42,6 (10,4)
Moderado	19,2	35,2 (8,9)	48,1 (10,1)
Escaso	38,5	34,9 (9,3)	45,6 (10,1)
Sin problema	35,9	36,3 (9,1)	49,9 (9,8)

Significación:	F: 13,12 p < 0,001	F: 16,73 p < 0,001
----------------	-----------------------	-----------------------

### Indisciplina

No hay duda de que los actos de indisciplina son perjudiciales a los propósitos educativos de los centros (Mattos A, 1985). La existencia de un ambiente social equilibrado y estable, sin ser un elemento determinante de un mayor o menor rendimiento, siempre ha sido considerada una variable ligada al clima de aula y ésta a su vez lo está con el rendimiento. Podríamos decir que la disciplina es una condición necesaria, aunque no suficiente, para realizar cualquier aprendizaje.

La transgresión de las normas disciplinarias vigentes en los centros de enseñanza se ha manifestado como una variable relacionada con el rendimiento en ciencias y con el rendimiento en general. La medición del grado de disciplina en un centro no es una tarea sencilla. En esta prueba se ha solucionado aquella preguntando al director si él creía que había problemas de indisciplina en su centro y la respuesta, necesariamente, dista mucho de ser objetiva.

Los resultados del estudio en el **ámbito internacional** no establecen diferencias en función de la titularidad del centro, como es el caso del estudio realizado para la muestra española. El porcentaje de directores que opina que en sus centros hay serios o moderados problemas de disciplina es muy variable. El 9,9% de los directores de los centros

de Corea afirma que en sus centros hay serios problemas de disciplina, siendo Jordania el país donde hay mayor porcentaje de directores (13%) que afirman tener serios problemas de disciplina en el estudio con la población B (este país no ha participado en el estudio de 9 años).

España ocupa un lugar destacado (tercer lugar) en cuanto a los problemas de disciplina en las dos poblaciones. Sin embargo, ocupa el décimo y decimosegundo lugar en cuanto a la ausencia de problemas de disciplina.

*El rendimiento en la prueba suele ser menor en los centros donde hay serios problemas de disciplina en aproximadamente la mitad de los países, dándose el caso de otros países en los que son, precisamente, los centros en los que sus directores dicen tener serios problemas de disciplina, donde los alumnos obtienen los mejores resultados en las pruebas. La explicación a esta paradoja puede encontrarse en la subjetividad de la medida, pudiendo haber directores de centros con un alto nivel que estén muy descontentos con la disciplina que para otros directores podría ser envidiable.*

Para una parte importante de los directores de centros públicos españoles (aproximadamente el 40%) existen problemas de disciplina (serios o moderados) en sus centros. Se ha contrastado la hipótesis de que los problemas de disciplina se relacionan con el rendimiento mediante un ANOVA y se observa que las puntuaciones inferiores se sitúan entre los sujetos pertenecientes a centros cuyos directores han detectado serios problemas de disciplina (TABLA 3.17). Esta asociación del rendimiento de los sujetos con la disciplina es comprensible, dado que un ambiente ordenado y disciplinado contribuye a hacer viable la realización de un trabajo educativo, serio y provechoso, ligado a la eficacia en el aprendizaje. Sin embargo, esta relación no es tan evidente en los centros en los que sus directores no perciben serios problemas de disciplina; la subjetividad de la medida, comentada anteriormente, puede dar cuenta de una buena parte de lo anterior, parece como si el primer valor (serios problemas) respondiera más a la realidad que los otros tres.

### Vandalismo

En centros donde la indisciplina colectiva es una constante son frecuentes las conductas agresivas, tentativas de desorden, deterioro del material escolar, actitudes de oposición sistemática e incluso de de-

safío a la autoridad, los alumnos se hallan en estado constante de excitación y de reacción.

Desde la perspectiva **internacional**, el problema del vandalismo es preocupante en una minoría, aunque apreciable, de centros en el mundo. Jordania y Hungría son los países en los que, a juicio de sus directores, el problema es más grave: dándose en alrededor del 10% de los centros. España ocupa uno de los primeros lugares en esta problemática, dado que el 6% de sus directores (tanto de centros públicos como privados) manifiestan tener serios problemas en sus centros. España también destaca, junto con Italia y Portugal, en cuanto a centros que no tienen ningún problema de vandalismo.

**Tabla 3.17. Distribución de las medias del rendimiento en función de la falta de disciplina en el centro. Resultados del análisis de varianza**

CENTROS PÚBLICOS			
PROBLEMA Disciplina %		POBLACIÓN A	POBLACIÓN B
		$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Serio	5,1	29,6 (9,7)	41,6 (10,5)
Moderado	34,6	33,8 (9,0)	46,3 (10,3)
Escaso	43,6	36,1 (9,4)	49,0 (9,8)
Sin problema	16,7	36,9 (9,2)	45,8 (9,7)

Significación:	F: 12,00 p < 0,001	F: 11,70 p < 0,001
----------------	-----------------------	-----------------------

En cuanto a la relación con el rendimiento, ocurre algo parecido a lo mencionado en los problemas anteriores. Así, hay países donde los centros con menos problemas de vandalismo son los que obtienen mejores resultados en la prueba (EEUU, Escocia, España, Inglaterra) y los centros con serios problemas son los que menos puntuación obtienen (Canadá, EEUU, Escocia, Jordania, Irlanda, Portugal, Suiza y Taiwan). En

otros países (Eslovenia, Hungría e Italia) las mayores puntuaciones las obtienen los alumnos de los centros donde hay más problemas de vandalismo.

Alrededor de la tercera parte de los directores de los centros públicos españoles estudiados creen que en su centro hay problemas de vandalismo (serios o moderados). Las frecuencias tan parecidas a las respuestas relativas a los problemas de disciplina pueden hacernos pensar que quizás los directores no hayan hecho distinciones entre ambas preguntas.

A diferencia de lo constatado para la variable "problemas de disciplina", los rendimientos superiores de los sujetos pertenecen a aquéllos cuyo centro de procedencia, en opinión de sus directores, no presenta problemas, definidos como vandálicos (TABLA 3.18).

En la población de 9 años son, claramente, los alumnos de los centros con serios problemas de disciplina los que obtienen peores rendimientos en la prueba.

En esta ocasión parece como si la categoría "sin problema" fuera la que más se ajusta a la realidad.

**Tabla 3.18.** Distribución de las medias del rendimiento en función del problema con respecto al *vandalismo* en el centro. Resultados del análisis de varianza

CENTROS PÚBLICOS			
<i>PROBLEMA</i> <i>Vandalismo</i> %		<i>POBLACIÓN A</i>	<i>POBLACIÓN B</i>
		$\bar{x}$ (DT)	$\bar{x}$ (DT)
Serio	11,6	30,0 (8,8)	46,7 (11,2)
Moderado	16,7	35,6 (8,6)	45,7 (10,5)
Escaso	33,3	33,3 (9,5)	46,8 (10,6)
Sin problema	38,5	36,2 (9,4)	48,8 (9,4)

Significación:	F: 9,64 p < 0,001	F: 4,43 p < 0,001
----------------	----------------------	----------------------

Como conclusión a este apartado puede señalarse que los problemas de absentismo, indisciplina y vandalismo están asociados con el rendimiento en ciencias, incluso aunque la medida de éstos no se haya realizado de una manera demasiado fiable. Tal asociación es, por lo general, inversa en los valores extremos: a más problemas menos rendimiento y a menos problemas más rendimiento. Todo lo anterior está referido exclusivamente a los centros públicos por las consideraciones que se hicieron al comienzo del apartado.

### 3.4. ACTITUDES DE LOS ALUMNOS/AS HACIA LA CIENCIA

Las actitudes pueden ser entendidas como "una relativamente perdurable y coherente organización de ideas y creencias (cognitivas) y de orientaciones o tendencias (cognitivas y afectivas)" (Sanbergen, S. 1989).

Los elementos básicos que conforman las actitudes suelen organizarse en torno a tres componentes: a) *componente cognitivo* (que incluye desde procesos perceptivos y neuronales hasta los razonamientos más complejos); b) *componente afectivo* (reacciones subjetivas positivas/negativas, acercamiento/huida, placer/dolor, etc, hacia el objeto de referencia), y c) *componente comportamental o reactivo* (tendencia a resolverse en la acción de una manera determinada) (Krech; D; Crutchfield R.S. y Ballachey, E.L. 1978).

El origen de las actitudes se ha buscado en las experiencias personales, en el conocimiento de las experiencias de otros (padres, profesores, compañeros...) y también en la información obtenida por los medios de comunicación o los estados de opinión que se han generado a lo largo del tiempo sobre un determinado objeto.

En la conformación del componente afectivo de las actitudes, entendidas como disposiciones favorables o desfavorables hacia un objeto social dado, intervienen distintos factores destacando los que inciden sobre ellas desde el ámbito informativo, constituido por el conjunto de ideas y creencias acerca del tema en cuestión, junto con el factor aceptación-rechazo y las conductas o comportamientos que se generan a raíz del mismo.

La evolución de las actitudes es variable y en muchos casos está en función de su génesis; así, mientras que determinadas actitudes, basadas en experiencias y en informaciones limitadas, pueden tener

una naturaleza transitoria, otras pueden ser el resultado de juicios meditados y se constituyen en ideas que pueden llegar a consolidarse. Las actitudes pueden conducir todo el hacer mental de un individuo y sirven como un poderoso activador de su comportamiento, aunque se van consolidando o cambiando a lo largo de toda la vida; este proceso es tanto más decisivo en las primeras etapas educativas.

La metodología utilizada en la medición y evaluación de las actitudes se ha basado fundamentalmente en un pretendido isomorfismo entre la expresión verbal de la conducta y la conducta misma, estando tal medida condicionada por la naturaleza de su objeto. Esta es fundamentalmente la razón por la que el estudio de las actitudes hacia la ciencia se ha constituido en una materia específica de investigación.

Dada la dificultad que entraña su medición, al no ser realidades empíricas directamente observables, se han desarrollado numerosas tentativas dirigidas especialmente al conocimiento de las actitudes hacia la ciencia (Aikenhead, S. et al. 1992; Ortega Ruiz, R. 1992) orientadas a diseñar instrumentos de exploración dentro de este campo tan complejo, a partir de la observación de otras variables que sí pueden medirse. Este esfuerzo ha originado un desarrollo considerable en los últimos años, tanto en lo relativo a cuáles son las actitudes de los alumnos hacia las ciencias como en cuanto a los diferentes instrumentos para medirlas, como son los informes de "uno mismo", las técnicas proyectivas, la formulación de opiniones, la autocalificación en escalas graduadas tipo Likert, los inventarios y diferentes tipos de cuestionarios. Las distintas escalas que determinan las actitudes hacia la ciencia miden sólo el componente afectivo, es decir, la aceptación-rechazo del sujeto hacia la ciencia, así como su intensidad; mientras que la medida del componente cognitivo y conductual no se ha tenido tanto en cuenta dado el tipo de items que se han utilizado para el análisis de las mismas.

Así pues, extrapolando todo lo anterior para las actitudes de modo genérico a las actitudes hacia la ciencia cabe definirlas como "reacciones emocional-afectivas de los estudiantes hacia la ciencia". Diversos estudios (Munby, M. 1980) han puesto de manifiesto que la mayoría de las actitudes hacia la ciencia implicadas en las diferentes valoraciones son creencias, sentimientos o "likes" hacia un objeto actitudinal en el campo de la ciencia. Numerosos investigadores dentro de esta línea (Oliver, J.; Steve, S.; Simpson, S.; Ronald, D, 1988) han tratado de determinar si sus informes de constructos afectivos podían ser exitosos cuando eran utilizados como predictores del rendimiento, y han lle-

gado a la conclusión de que los constructos de aceptación en ciencias estaban fuertemente relacionados con el rendimiento.

En el estudio que aquí se describe, al igual que en muchos otros, se ha distinguido entre actitudes hacia la ciencia y actitudes científicas, por lo que resulta necesario establecer la correspondiente delimitación terminológica y conceptual.

**Las actitudes hacia la ciencia** poseen un carácter afectivo, relacionado con opiniones y sentimientos hacia la ciencia propiamente, mientras que **las actitudes científicas** tienen que ver con el resultado de interacciones directas o indirectas con los contenidos, ideas, procesos y efectos de la ciencia, por lo que cabe encuadrarlas dentro del ámbito cognoscitivo. En este grupo se incluyen las ideas que tienen los estudiantes hacia el papel de los científicos y el cuestionamiento de los postulados de la ciencia.

Existen ciertas variables que se constituyen en indicadores del nivel de actitud hacia la ciencia, en tanto nos aportan información acerca de las predisposiciones de los estudiantes hacia las actividades desarrolladas en el ámbito de las ciencias. Partiendo de la base de que las actitudes tienen una importante influencia en el aprendizaje como lo han puesto de relieve diversos estudios (Oliver J. et al. 1988; Schibecchi, R.A. 1989), puede suponerse una incidencia notable en el rendimiento de los estudiantes.

Así, que los estudiantes estén o no interesados en las ciencias depende de muchos factores (Escudero, 1985), entre los que caben enumerarse:

- Percibir la conexión de lo que aprenden con la vida, así como su aplicación para resolver situaciones reales.
- Ver la utilidad para su futura profesión o que al menos así lo perciban.
- La motivación extrínseca que puedan recibir por parte de sus modelos parentales a los que están expuestos en un período importante en el que se están afianzando sus intereses y actitudes (Gennaro, E y Lawrenz, F; 1992).
- Tener buenas aptitudes para ello, que se verá reflejado en el autoconcepto de éstos al considerarse o no "bueno para ciencias", y que a su vez vendrá reafirmado por su éxito o fracaso en el rendimiento en dicho área (Kurth, K. 1987).

- De la metodología empleada por el profesorado en sus clases de ciencias, dado que contribuye a suscitar en los estudiantes actitudes muy variadas hacia esta disciplina (Myers, R.E. et al. 1992).

Todo lo anterior, junto con la creación del ambiente, o clima de aula, propicio serán elementos de vital importancia por su decisiva incidencia en los rendimientos de los alumnos como así se ha puesto de manifiesto en el presente análisis, que más adelante pormenorizaremos, donde el rendimiento y la tipología de actividades que se utilizan en el aula se encuentran estrechamente relacionados.

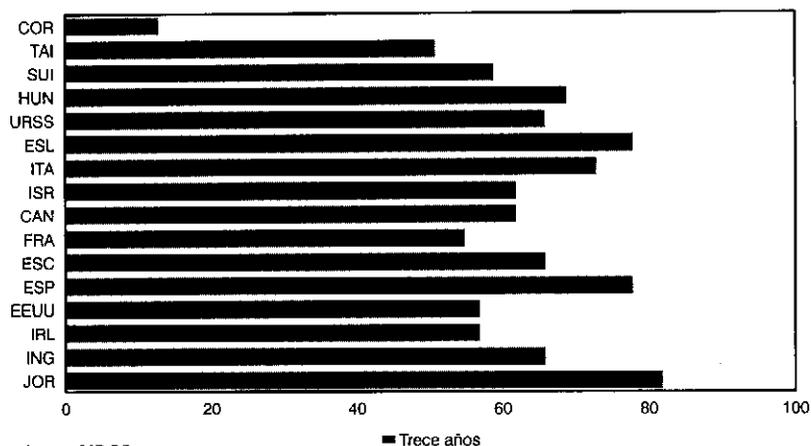
En el presente estudio las actitudes hacia la ciencia se han medido en términos de opiniones de los estudiantes acerca de distintos aspectos relativos a: su autoconcepto, el interés que perciben en sus padres hacia el área de ciencias, su consideración de la necesidad de saber algo de ciencias para lograr un buen empleo, y de que saber ciencias sea o no útil para la vida. Las preguntas utilizadas en las cuestiones son de opción múltiple, tipo Likert con cinco alternativas.

Los resultados recogidos por la IAEP presentan el **contexto internacional** y ponen de relieve que los estudiantes de 13 años de los diversos países participantes en el estudio manifiestan una actitud positiva hacia las ciencias en porcentajes que oscilan entre el 60% y el 75%, salvo los de Corea, donde únicamente el 27% de los mismos poseen una actitud positiva. La otra excepción la protagonizan los estudiantes de Jordania, donde el 82% de éstos indican poseer una actitud positiva hacia las ciencias.

Más de la tercera parte (78%) de los estudiantes españoles manifiestan actitudes positivas hacia la ciencia; respecto del resto de los países, se sitúan entre los tres que señalan poseer actitudes más positivas.

En cuanto a la asociación entre actitudes y rendimiento en la prueba, para los estudiantes de 13 años de la práctica totalidad de los países se verifica una relación positiva, estadísticamente significativa, entre las actitudes hacia la ciencia y sus rendimientos en dicha área. Incluso para los estudiantes coreanos, que son los que en menor porcentaje manifestaban una actitud positiva hacia las ciencias, esta relación se mantiene. Únicamente en los estudiantes de Israel y la ex-U.R.S.S. esta relación no se constata.

**GRAFICO 3.10**  
**% Estudiantes con actitudes positivas hacia la ciencia**



## DEFINICIÓN DE LAS ACTITUDES CIENTÍFICAS EN LA INVESTIGACIÓN

A la hora de abordar el estudio de las variables que integran las actitudes hacia la ciencia de los estudiantes no se va a seguir el esquema adoptado con las anteriores variables, dado que el I.A.E.P ha considerado la actitud hacia la ciencia como una variable construida a partir de otras cuatro, y únicamente para los estudiantes de 13 años.

En el estudio español hemos analizado dicha variable tanto para los estudiantes de 13 como para los de 9 años. Para los primeros, se ha estudiado la interacción con el rendimiento de cada una de las variables: autoconcepto en ciencias, la percepción acerca del nivel de interés de sus padres por esta disciplina, su opinión sobre la utilidad de las ciencias en el logro de un buen empleo y su estimación de la aplicabilidad de lo aprendido en esta área para la vida. El estudio se ha realizado también con las variables agrupadas.

Para los alumnos de 9 años, al haberles preguntado sólo en el cuestionario por su autoconcepto en ciencias y por su percepción acerca del interés de sus padres por esta asignatura, se ha definido la variable de-

nominada actitud hacia la ciencia a partir de ambas, y se ha procedido a su análisis de forma independiente y agrupadas.

## ACTITUDES HACIA LA CIENCIA

**Población A:** se han analizado las respuestas, por separado y agrupadas a los dos ítems que constituyen esta categoría; tales ítems son:

1. "A mis padres les interesan las ciencias".
2. "Soy bueno/a en ciencias".

El grado de acuerdo o desacuerdo ha sido medido en un principio mediante una escala Likert de cinco alternativas que posteriormente se ha transformado a la siguiente:

A (de acuerdo); B (indeciso) y C (desacuerdo)

A los estudiantes de 13 años (población B), además de los dos ítems anteriores, se les preguntó por su grado de acuerdo o desacuerdo con respecto los siguientes ítems:

3. "Las cosas que aprendo en ciencias son útiles para la vida".
4. "Es importante saber algo de ciencias para obtener un buen empleo".

Las respuestas a los dos primeros ítems se han agrupado en tres categorías para los alumnos de la población A.

La variable denominada ACTITUD HACIA LA CIENCIA, para la población A, se ha creado a partir de las dos variables iniciales (percepción del interés de sus padres por las ciencias y su autoconcepto en ciencias). De este modo, se han obtenido distintos grupos de estudiantes en función de su actitud, pudiendo ser ésta **positiva** en caso de haber contestado estar "de acuerdo" con las afirmaciones de los dos ítems; **neutra** si su opción elegida es la de "indeciso/a" en ambos ítems; y **negativa** en el caso de haber contestado estar en "desacuerdo" con ambos ítems, y un cuarto grupo **no clasificable**, donde quedan incluidos los sujetos que no se ajusten a las categorías anteriores.

**Población B:** se ha definido la variable ACTITUD HACIA LA CIENCIA a partir de las respuestas a los cuatro ítems, no habiéndose necesitado crear para esta población una categoría de no clasificables. Las agrupaciones anteriores se han utilizado para el contraste de las hipótesis de partida, con objeto de verificar que unas actitudes positi-

vas hacia la ciencia se encuentran asociadas con un rendimiento mayor en el área de ciencias.

Además de lo anterior se han analizado las respuestas de los estudiantes cuando consideran si las ciencias son más de chicos que de chicas, más de chicas que de chicos, o si estiman que son para ambos igual. Por entender que se trata de una variable, dentro del ámbito de las actitudes asociada con el autoconcepto en una de sus dimensiones sociales (Purkey, W.W. 1970).

La imagen social del cuerpo de conocimientos científicos tradicionalmente se ha venido asimilando con modelos masculinos, y en algunas ocasiones este hecho ha supuesto unas modificaciones sustanciales en las actitudes de alumnos/as con respecto a sus opciones en estudios superiores. En este estudio se trata, únicamente, de ver cuál es la relación entre las opiniones de los sujetos y sus rendimientos en ciencias controlando la variable sexo.

### 3.4.1. Padres interesados por las ciencias

El interés que los padres puedan mostrar por esta disciplina es una variable de las englobadas dentro de las actitudes hacia la ciencia, por considerarse que el peso de sus opiniones en las conductas de sus hijos es un elemento bastante condicionante sobre todo en los momentos en los que se están perfilando inquietudes intelectuales, así como por las posibles orientaciones que éstos den a sus hijos (Miller, C.L. 1987).

Se ha procedido a contrastar la hipótesis de que esta variable está asociada con el rendimiento en ciencias, mediante un ANOVA. Se comprueba que, efectivamente, existen diferencias significativas en el rendimiento de los estudiantes de nueve años, en función de una mayor o menor percepción de que sus padres estén interesados por las ciencias. Así, destacan como los mayores rendimientos, los obtenidos por aquellos alumnos que tienen una opinión "indecisa", seguidos de los que están de acuerdo con la afirmación de que a sus padres les interesan las ciencias, mientras que los menores rendimientos los obtienen aquellos que contestan percibir el desinterés o indiferencia de sus padres por las ciencias.

Sin embargo, con la población de 13 años se ha constatado que no existe tal asociación entre su rendimiento y su percepción con respecto al interés que sus padres muestran por las ciencias. Pudiéndose expli-

car desde los presupuestos psicológicos de Bandura, en relación con el aprendizaje propiciado a través de los modelos parentales, por el que se entiende que la influencia ejercida por los padres es mucho mayor a los 9 años que a los 13, dado que los estudiantes mayores ya han comenzado a adoptar posturas más independientes con respecto a las opiniones de sus padres. A pesar de todo, es de destacar que el 62% de los estudiantes reconoce percibir un alto interés de sus padres por las ciencias.

**Tabla 3.19. Distribución de las medias del rendimiento en función de su percepción del interés de los padres por las ciencias. Resultados del análisis de varianza**

<i>Padres interesados por las ciencias</i>	<i>POBLACIÓN A</i>	
	<i>%</i>	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	68,5	36,3 (8,8)
Indeciso	22,0	37,5 (9,3)
Desacuerdo	9,5	33,2 (8,4)

Significación:

F= 11,82  
p < 0,001

En un intento de estimar de modo diferencial, por sexos, la relación entre el interés que perciben de sus padres hacia la ciencia los alumnos de 9 años, y sus rendimientos en el área de ciencias, se comprueba que esta asociación es estadísticamente significativa únicamente en las chicas; aquéllas que muestran su desacuerdo con que sus padres están interesados por las ciencias tienen un rendimiento muy inferior al de las otras respuestas, ante lo que cabe cuestionarse si los modelos parentales, así como sus valores y actitudes dejan una mayor impronta en las chicas que en los chicos, pero esto sería objeto de un análisis más exhaustivo al que tenemos que renunciar por no contar con la información necesaria.

Es de destacar otra investigación (Ethington C.A. y Wolfe L.M., 1987) en la que se menciona la interacción de las variables denominadas *de background* y los modelos presentados por los padres, tras lo que se

sugieren estrategias de intervención práctica anteriores a la Educación Secundaria con objeto de desarrollar la concienciación de las oportunidades de las mujeres y provocar un cambio de actitudes en ellas.

**Tabla 3.20. Distribución de las medias del rendimiento en función de su percepción del interés de los padres por las ciencias. Resultados del análisis de covarianza controlando la variable sexo**

POBLACIÓN A				
Padres interesados por la ciencia	CHICOS		CHICAS	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	64,0	37,0 (9,1)	73,6	35,6 (8,5)
Indeciso	24,2	38,7 (9,6)	19,8	35,8 (8,7)
Desacuerdo	11,8	35,2 (8,2)	6,6	29,3 (7,4)

Significación:	F: 5,37 p > 0,001	F: 12,8 p < 0,001
----------------	----------------------	----------------------

### 3.4.2. Autoconcepto en ciencias

La autoestima de los estudiantes, el considerarse bueno/a en ciencias o no, contribuye a generar actitudes positivas o negativas hacia la ciencia por la motivación intrínseca que supone. Pero mientras, en algunos estudios (Escudero, T. 1985) es definida como factor consecuente de un éxito o fracaso del propio estudiante en dicha área, donde se reafirman o se refutan las expectativas personales, para otros es un factor causal y determinante del rendimiento independiente del éxito o fracaso obtenido con anterioridad (Gilly M., Lacoher M. y Meyer R., 1972).

Aquí se ha tratado de dar explicación a la posible interacción de esta variable con el rendimiento y al contrastar la hipótesis con un ANOVA se obtienen diferencias significativas en ambas poblaciones (TABLA 3.21). Los mayores rendimientos se localizan entre los estudiantes que se consideran buenos/as en ciencias, mientras que son sustancialmente menores los rendimientos de aquéllos que no se consideran buenos para las mismas.

**Tabla 3.21. Distribución de las medias del rendimiento en función de su *autoconcepto en ciencias*. Resultados del análisis de varianza**

POBLACIÓN B				
<i>Soy bueno/a en ciencias</i>	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	67,5	36,8 (8,9)	54,5	49,6 (10,3)
Indeciso	27,0	35,9 (8,8)	36,4	47,6 (9,4)
Desacuerdo	5,5	31,6 (8,3)	9,1	44,1 (10,5)

Significación:

F: 15,06  
p < 0,001

F: 21,07  
p < 0,001

Sin embargo, al ir más allá en este análisis y estudiar la posible relación de esta variable con el sexo de los estudiantes, se constata que para la población A un autoconcepto positivo en las chicas supone unos rendimientos significativamente más altos, mientras que el nivel de autoestima de los chicos no parece estar relacionado estadísticamente con sus rendimientos (TABLA 3.22). Así pues, parece que las chicas poseen un autoconcepto más ajustado a la realidad que los chicos.

**Tabla 3.22. Distribución de las medias del rendimiento en función de su *autoconcepto en las ciencias*. Resultados del análisis de varianza controlando la variable sexo**

POBLACIÓN A				
<i>Soy bueno/a en ciencias</i>	CHICOS		CHICAS	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	68,6	37,6 (9,2)	66,0	36,0 (8,4)
Indeciso	25,6	37,0 (8,9)	28,5	34,8 (8,7)
Desacuerdo	5,8	34,3 (8,7)	5,5	28,5 (6,8)

Significación:

F= 2,98  
p > 0,001

F= 15,56  
p < 0,001

A diferencia de lo que sucede con los estudiantes de 9 años, tanto los chicos como las chicas de trece que obtienen una mayor puntuación en la prueba de ciencias se corresponden con los que afirman reconocer que son buenos/as en esta disciplina, manteniendo su significatividad inicial (TABLA 3.23), lo que indica que los alumnos de 13 años, independientemente de su género, tienen una visión de la realidad más acorde con su rendimiento que los alumnos de 9 años.

**Tabla 3.23. Distribución de las medias del rendimiento en función de su autoconcepto en las ciencias. Resultados del análisis de varianza controlando la variable sexo (ANCOVA)**

POBLACIÓN B				
<i>Soy bueno/a en ciencias</i>	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	57,7	50,9 (10,3)	51,5	48,4 (10,2)
Indeciso	33,7	48,6 (9,5)	38,7	46,8 (9,3)
Desacuerdo	8,6	45,6 (11,8)	9,5	45,1 (10,2)

Significación:	F: 9,10 p < 0,001	F: 11,08 p < 0,001
----------------	----------------------	-----------------------

Algo más de la mitad de las chicas y chicos de 13 años se consideran buenos/as en ciencias. Alrededor de un tercio de éstos adoptan una postura indecisa ante esta pregunta, y no llega al 10% quienes se consideran no aptos para esta materia coincidiendo con el grupo de sujetos que obtienen los peores resultados en ciencias. Todo ello viene a reafirmar la relación de interdependencia del autoconcepto con el éxito o fracaso obtenido en las pruebas a las que se les ha sometido a los estudiantes.

### 3.4.3. Actitud hacia la ciencia y rendimiento en ciencias (Población A)

Para la población A se han agrupado dos variables: percepción del nivel de interés de los padres por las ciencias y autoconcepto en ciencias, en una única denominada **ACTITUD HACIA LA CIENCIA** y al efectuar el contraste pertinente se observa que sí existen diferencias significativas en el rendimiento en ciencias de los estudiantes en fun-

ción de su actitud hacia la ciencia. Destacando, con rendimientos susceptiblemente mayores, aquéllos que presentan una actitud positiva hacia la ciencia, junto con los que la presentan neutra; mientras que, por el contrario, una actitud negativa hacia dicha área se deja sentir con un significativo descenso en el rendimiento de los estudiantes (TABLA 3.24).

La cuarta categoría denominada "no clasificable", agrupa a aquéllos sujetos que bien han contestado estar en total desacuerdo con que sean buenos en ciencias y que a la vez manifiestan percibir un gran interés de sus padres por las ciencias; también pertenecen a la anterior aquellos otros que considerándose muy en desacuerdo con que son buenos en ciencias, afirman detectar el desinterés o indiferencia de sus padres por la ciencia.

En cualquiera de las dos últimas categorías sucede que, —aun constituyendo unos casos marginales dentro del conjunto de la muestra—, son los que menores rendimientos en ciencias presentan; quizás aquí podría encontrarse la clave en que las expectativas encontradas de padres e hijos al no ser recíprocas no constituyen elementos unívocos en la motivación extrínseca e intrínseca de estos últimos por las ciencias, lo cual se deja sentir en su rendimiento.

**Tabla 3.24. Distribución de las medias del rendimiento en función de su actitud hacia la ciencia. Resultados del análisis de varianza**

<i>Actitudes hacia la ciencia</i>	POBLACIÓN A	
	%	$\bar{x}$ (DT)
Positiva	77,8	36,9 (8,8)
Neutra	9,2	36,4 (9,7)
Negativa	5,0	33,1 (8,1)
No clasificable	8,0	32,6 (8,6)

Significación:

F: 12,18  
p < 0,001

Una vez observado que las actitudes que tienen los estudiantes de 9 años se encuentran asociadas con el rendimiento de éstos en dicha

área de conocimiento, se ha procedido a contrastarlas diferencialmente por sexo, a fin de comprobar si estas diferencias se mantienen. Y se puede afirmar que, en el rendimiento de los chicos, tales diferencias no existen, sucediendo todo lo contrario con las chicas, para las que una actitud positiva contribuye a explicar sus rendimientos superiores (TABLA 3.25).

**Tabla 3.25.** Distribución de las medias del rendimiento en función de su *actitud hacia la ciencia*. Resultados del análisis de varianza controlando la variable sexo (ANCOVA)

POBLACIÓN A				
<i>Actitudes hacia la ciencia</i>	<i>CHICOS</i>		<i>CHICAS</i>	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
Positiva	75,5	37,6 (9,2)	80,5	36,2 (8,3)
Neutra	9,1	38,4 (9,8)	9,2	34,2 (9,1)
Negativa	5,8	35,7 (7,4)	3,9	28,8 (7,4)
No clasificable	9,6	34,6 (8,7)	6,4	29,3 (7,2)

Significación:

F: 3,24  
p > 0,001

F: 16,49  
p < 0,001

A la vista de los análisis anteriores puede señalarse que es la variable sexo la que explica una buena parte de la significatividad de las diferencias de los rendimientos de los estudiantes de 9 años en función de sus posibles actitudes hacia la ciencia.

Como se ha indicado anteriormente, para la población B la variable *actitud hacia la ciencia* se configura a partir de las dos variables analizadas en alumnos de 9 años (autoconcepto en ciencias y nivel de percepción del interés de los padres por esta disciplina), junto con otras dos que sólo se incluían en el cuestionario de los alumnos de 13 años, relativas a su opinión sobre la aplicabilidad de lo aprendido en ciencias y su relación con la consecución de un buen empleo.

Con cada una de las respuestas a los cuatro ítems se ha estudiado su asociación con la puntuación obtenida por los alumnos en ciencias,

mediante sendos análisis de varianza. Posteriormente, se han agrupado de una manera similar a como se ha efectuado con la población A.

#### 3.4.4. Utilidad de la ciencia para la vida

En este nivel educativo las ciencias se ocupan principalmente de fenómenos directamente relacionados con la experiencia y buscan esquemas conceptuales que permitan explicar los fenómenos observados. La interacción de la ciencia con las necesidades de la sociedad y con la propia vida es el motor impulsor de su avance, por esto las relaciones entre ciencia, técnica y sociedad se hallan en un continuo proceso de retroalimentación. El estado de opinión que se genera a raíz de estos presupuestos puede ser condicionante para configurar o no un factor motivacional hacia la ciencia.

La opinión de los estudiantes respecto a si la ciencia es algo útil para la vida no presenta una relación significativa estadísticamente con el rendimiento de éstos, por venir asociados con una probabilidad  $p=0,001$ , y encontrarse en el límite de significación (TABLA 3.26).

**Tabla 3.26. Distribución de las medias del rendimiento en función de su opinión con respecto a que la ciencia es útil para la vida. Resultados del análisis de varianza**

<i>La ciencia es útil para la vida</i>	POBLACIÓN B	
	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	80,0	47,9 (10,5)
Indeciso	15,5	50,3 (8,4)
Desacuerdo	4,5	49,8 (9,9)

Significación:

F: 6,38  
p = 0,001

En cambio, sí es de destacarse que el *porcentaje* de respuestas del alumnado que manifiestan estar de acuerdo con que las cosas que se aprenden en ciencias son útiles para la vida es de un 80%, lo cual

puede explicarse por el posible influjo al que estén sometidos los estudiantes socialmente, donde las ciencias se perciben íntimamente ligadas con la resolución de situaciones de la vida diaria, pudiendo contribuir en gran medida a explicar fenómenos cercanos a su entorno vital.

El juicio sobre estar de acuerdo en corroborar la importancia de esta materia no sólo se refiere al ámbito académico, sino también a la consideración social que despierta. La utilidad para la vida podría ser interpretada de un modo más pragmático, tanto en relación con su funcionalidad social como profesional, tal y como se ha observado al analizar las opiniones del alumnado con respecto a vincular las ciencias con la consecución de un buen empleo.

### 3.4.5. Las ciencias y el logro de un buen empleo

Las ideas que los estudiantes poseen sobre determinados aspectos referentes a las ciencias desempeñan un papel relevante en las predisposiciones hacia su aprendizaje. Generalmente, asociar el estudio de las ciencias con un reconocimiento social alto y, que además venga refrendado con un preciado puesto de trabajo que augure un *éxito social*, constituye una clave que se ha erigido —hoy por hoy— en el parámetro por antonomasia que conduce numerosas conductas, de ahí que opiniones en este sentido puedan suponer una *gran carga motivacional extrínseca* para el estudio de las ciencias.

A pesar de haber encontrado un alto porcentaje de estudiantes que afirman estar en pleno acuerdo con la utilidad de la ciencia para la vida, y en relacionarla con el logro de un empleo en el futuro, sin embargo estas opiniones no correlacionan de modo significativo con su rendimiento en esta área, como podemos comprobarlo tras el ANOVA efectuado (TABLA 3.27).

Por lo que respecta al *porcentaje* de estudiantes que afirman estar de acuerdo con "la importancia de saber algo de ciencias para obtener un buen empleo", cabe señalar que representan cerca de las tres cuartas partes de la población total de 13 años; argumento que se halla en perfecta sintonía con esta opinión dominante de determinados sectores.

**Tabla 3.27. Distribución de las medias del rendimiento en función de su opinión con respecto a que las ciencias ayudan a conseguir un buen empleo. Resultados del análisis de varianza**

Ciencias relacionadas con un buen empleo	POBLACIÓN B	
	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	72,0	48,3 (10,5)
Indeciso	21,5	48,3 (9,1)
Desacuerdo	6,5	49,2 (10,6)

Significación:

F: 0,37  
p > 0,001

#### 3.4.6. Actitud hacia la ciencia y rendimiento en ciencias (Población B)

Las cuatro variables que hemos considerado en los alumnos de 13 años han sido sometidas a un análisis factorial con objeto de discriminar en qué medida pueden explicar su relación, constituyéndose empíricamente en un único factor, al que se ha denominado *actitud hacia la ciencia*. Para cada una de las variables que integran dicho factor se calcula su ponderación con respecto al mismo, y se procede a dotar a cada sujeto de una puntuación correspondiente a la nueva variable, los cuales se distribuirán a lo largo de los valores definidos en ella: positiva, negativa y neutra.

Al someter dichas puntuaciones a un contraste con una ANOVA (TABLA 3.28) se observa que las diferencias no son significativas estadísticamente con respecto al rendimiento que los estudiantes obtienen en ciencias, como se ilustra en la tabla que se adjunta, tanto dentro de la población total como en la diferenciada por sexos.

De lo anterior se deduce que para los estudiantes de 13 años poseer una determinada actitud hacia la ciencia, bien positiva, negativa o neutra, y partiendo de la definición aquí adoptada de esta variable, no se encuentra asociada con el rendimiento obtenido a través de la prueba objetiva de ciencias a la que han sido sometidos. Sin embargo, se ha de

subrayar el alto porcentaje de estudiantes de 13 años que dicen poseer una actitud positiva hacia la ciencia.

**Tabla 3.28. Distribución de las medias del rendimiento en función de su actitud hacia la ciencia. Resultados del análisis de varianza**

Actitudes hacia la ciencia	POBLACIÓN B	
	%	$\bar{x}$ (DT)
Positiva	78,1	48,3 (10,4)
Neutra	19,7	49,1 (9,2)
Negativa	2,1	45,2 (7,6)

Significación:

F: 2,31  
p > 0,001

Estos resultados no están en consonancia con otros (Schibecchi, R.A. y Riley, J.P. 1986), y los que hemos venido mencionando con ocasión del análisis efectuado con los datos del I.A.E.P (1992) que han mostrado la existencia de una correlación moderada entre las actitudes hacia la ciencia. La explicación bien podría encontrarse en el precario diseño de los ítems que pretendían recoger las opiniones del alumnado relativas a este particular.

### 3.4.7. Asignación de la actividad científica y género

Otro de los ítems que ha sido analizado y valorado en tanto variable que gravita alrededor de la *actitud hacia la ciencia* es el que cuestiona a los estudiantes acerca de su asignación diferencial de roles y atributos de la ciencia a un determinado sexo o considerarlos para ambos, por lo que supone una asimilación de un determinado modelo de ciencia con posibles connotaciones en uno u otro sentido que puede repercutir en la aceptación o rechazo de la misma.

La consideración por parte de los estudiantes de 9 años de que las ciencias sean más de chicas que de chicos, o más de chicos que de chicas, o considerarlas propias para ambos igualmente, está relacionada con el rendimiento en ciencias como se ha comprobado tras el ANOVA

(TABLA 3.29), donde se ha puesto de manifiesto que los rendimientos mayores se corresponden con el grupo *mayoritario* de estudiantes de ambos sexos que han contestado que "las ciencias son iguales para chicos y chicas". Mientras, curiosamente y para unos grupos marginales, el menor rendimiento en ciencias de los chicos, está relacionado con su opinión de que "las ciencias son más de chicas que de chicos". Del mismo modo, los menores rendimientos de las chicas están asociados con la opinión de que "las ciencias son más de chicos que de chicas". En ambos casos, un rendimiento menor parece estar relacionado con la concepción por parte de esta minoría de estudiantes de que las ciencias tienen un componente aptitudinal innato que viene determinado por la variable sexo.

**Tabla 3.29. Distribución de las medias del rendimiento en función de su opinión con respecto a la asignación de la actividad científica y género. Resultados del análisis de varianza**

POBLACIÓN A				
«Las ciencias son ...»	CHICOS		CHICAS	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
Más de chicos	9,2	34,2 (10,1)	1,9	26,8 (10,0)
Más de chicas	3,6	28,1 (8,0)	3,5	29,1 (9,3)
Para ambos	87,2	37,9 (8,8)	94,5	35,6 (8,4)

Significación:

F: 22,66  
p < 0,001

F: 14,37  
p < 0,001

Para los estudiantes de 13 años sólo existen diferencias significativas en los rendimientos de los chicos en función de su opinión de que la ciencia es "tanto para chicos como para chicas"; el rendimiento es considerablemente superior al de los demás (TABLA 3.30). Para las chicas no existe tal significación.

Es de destacar que los estudiantes de 13 años con unos porcentajes muy próximos al 100% y nunca inferiores del 94% son de la opinión de que las ciencias son para chicos y chicas, actitudes que demuestran, al menos aparentemente, la superación de estereotipos sexistas repro-

ducidos desde los ámbitos más diversos. Al igual que sucede con sus compañeros de 9 años, los grupos marginales se polarizan justificando sus bajos rendimientos en ciencias por su no pertenencia al sexo opuesto.

**Tabla 3.30. Distribución de las medias del rendimiento en función de su opinión con respecto a la asignación de la actividad científica y género. Resultados del análisis de varianza**

POBLACIÓN B				
«Las ciencias son ...»	CHICOS		CHICAS	
	%	$\bar{x}$ (DT)	%	$\bar{x}$ (DT)
Más de chicos	4,0	47,0 (9,3)	1,8	44,0 (10,7)
Más de chicas	2,0	40,5 (9,7)	0,2	38,0 (7,0)
Para ambos	94,0	50,1 (10,2)	98,0	47,4 (9,8)

Significación:	F: 7,16 p < 0,001	F: 1,77 p > 0,001
----------------	----------------------	----------------------

En otros estudios (Escudero, T. 1990) se concluye con que unas tendencias actitudinales más negativas de alumnas hacia la ciencia y sus rendimientos más bajos en dicha asignatura respecto del de los alumnos resultan discriminatorios para ellas y sumamente perjudiciales para el desarrollo social en general.

Para potenciar actitudes positivas hacia la ciencia entre las alumnas se han llevado a cabo estudios de carácter metodológico e instrumental (MEC, 1991) desde donde se hacen propuestas al profesorado para evitar propagar estereotipos de masculinidad de la ciencia en la interacción didáctica, propugnando la introducción de acciones compensadoras.

### 3.4.8. Actitudes científicas

Se han definido las actitudes científicas como aquéllas que se refieren a las supuestas características de los científicos en su trabajo,

tales como mente abierta, curiosidad, honestidad, escepticismo y objetividad; la adquisición de éstas se ha tenido en cuenta a la hora de contarlos entre los objetivos prioritarios de los actuales currículos de ciencias (Munby, M. 1980), aunque también se tiene que señalar la existencia de discrepancias con respecto a lo que es, y lo que debe ser, un científico, y si se han de establecer como objetivos vicarios en el ámbito de la enseñanza de las ciencias (Gauld, C. 1982; Schibecci, R.A. 1981).

En cualquier caso, la opinión de los estudiantes vendrá mediada por la valoración que se hace de la ciencia y los científicos en el contexto social en el que se encuentren.

Existen interesantes estudios en esta línea (Ryan A.G. y Aikenhead, G.S. 1992) que desarrollan ampliamente la temática de las preconcepciones de los estudiantes acerca de la epistemología de la ciencia.

Los ítems de esta investigación, que se han agrupado dentro de la categoría **actitudes científicas** versan acerca de las ideas previas sobre el papel de los científicos que perciben los estudiantes de 13 años, y del concepto que tienen éstos de los hechos científicos. Se les preguntaba por su grado de acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones:

1. Los científicos descubren nuevos hechos e ideas sobre las ciencias a través de la observación y realizando experimentos.
2. Los hechos o ideas acerca de las ciencias no pueden ser cuestionados ni cambiados.

#### 3.4.8.1. *El perfil de los científicos*

Concebir la figura del científico como un personaje capaz de descubrir nuevos hechos e ideas sobre las ciencias exclusivamente a través de la observación y la realización de experimentos, como se hace desde numerosos medios de comunicación, lleva implícita una concepción de la ciencia que en parte reflejará el modelo transmitido por el profesor del que han recibido su influjo esos alumnos/as. La asimilación de estereotipos en este sentido ha contribuido a ubicar al científico aislado en un laboratorio rodeado de tubos de ensayos, re-

flexionando sobre sus asuntos y abstraído del mundo, que al final presenta su pequeña aportación al avance de la ciencia.

Al preguntarles a los estudiantes de 13 años por su grado de acuerdo o de desacuerdo al considerar al científico como observador y experimentador se constata una gran homogeneidad en las contestaciones (TABLA 3.31). Tras el contraste, se comprueba que los mayores rendimientos en ciencias los monopolizan los estudiantes cuya opinión está en sincronía con la afirmación del enunciado.

**Tabla 3.31. Distribución de las medias del rendimiento en función de su opinión con respecto al perfil de los científicos. Resultados del análisis de varianza**

<i>El científico es observador y experimentador</i>	<b>POBLACIÓN B</b>	
	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	95,7	48,6 (10,1)
Indeciso	3,5	42,4 (10,2)
Desacuerdo	0,8	42,0 (11,5)

Significación:

F: 12,49  
p < 0,001

#### 3.4.8.2. *Los postulados científicos y su cuestionamiento*

La opinión que los estudiantes reflejan al contestar este ítem da una idea de la concepción que tienen de la ciencia como un cuerpo de conocimiento susceptible a modificaciones y cambios, caracterizada por su apertura, o por el contrario si es entendida desde posturas dogmáticas que la hacen incuestionable. Tras el análisis pertinente de las respuestas de los estudiantes se han observado diferencias significativas entre el rendimiento en ciencias y su opinión con respecto a calificar a la ciencia de uno u otro modo (TABLA 3.32).

**Tabla 3.32. Distribución de las medias del rendimiento en función de su opinión con respecto al cuestionamiento de los postulados científicos. Resultados del análisis de varianza**

<i>Los hechos científicos son incuestionables</i>	<b>POBLACIÓN B</b>	
	%	$\bar{x}$ (DT)
De acuerdo	47,7	45,4 (9,9)
Indeciso	25,6	49,0 (9,0)
Desacuerdo	26,8	53,1 (9,9)

Significación:

F: 83,03  
p < 0,001

A pesar que los mayores rendimientos en ciencias los obtienen aquéllos que afirman estar en desacuerdo con que "los hechos científicos no pueden ser cuestionados ni cambiados", es preocupante el que cerca de la mitad de los estudiantes encuestados afirmen concebir la ciencia como un ente intangible.

## CAPÍTULO 4

# CONCLUSIONES

La investigación de la que hemos presentado los resultados más importantes ha sido realizada con un gran despliegue de medios; se ha llevado a cabo un metódico muestreo, una preparación de ítems cuidada y un control de calidad que supera los estándares. A pesar de ello, y debido a su extensión, consideramos que puede tener un punto débil: la profundidad; ¿habremos conseguido conocer qué piensan "de verdad" los alumnos o nos habremos quedado en el conocimiento de las respuestas, que sólo reflejan la superficie de su pensamiento?

En consonancia con el tipo de pruebas que hemos aplicado, presentamos conclusiones relativas, por un lado, a las respuestas más habituales de una muestra representativa de los alumnos españoles (a excepción de Cataluña) y, por otro, a las variables que están asociadas con una mayor puntuación en la prueba y, muy probablemente, con un mayor rendimiento escolar en ciencias y, por extensión, con un mayor rendimiento escolar general.

### *Comparación con el conocimiento de la ciencia poseen los alumnos de otros países*

Aunque la investigación no tenía como principal objetivo clasificar los países, a modo de competición, en función de los resultados obtenidos en las pruebas, no hemos podido evitar caer en la tentación y, al igual que en el informe internacional, hemos presentado la clasificación.

Los resultados no son muy halagueños para nuestro país. El estudio con la población de 9 años nos asigna un discreto sexto lugar, de entre los 10 países con muestras representativas, ocupando, en el de 13 años, el décimosegundo lugar, de entre quince países. No obstante, el porcentaje de respuestas correctas de los alumnos españoles es similar

al de los alumnos de otros países de nuestro entorno como Francia, Escocia, Inglaterra y Estados Unidos, si bien todos ellos quedan muy por debajo de Suiza.

Por materias, los resultados de los alumnos españoles en Biología superan claramente a la media del conjunto de los países. En sentido contrario destacan los resultados de la población de 9 años, inferiores a los de la media de los países en los apartados correspondientes a Física, Ciencias de la Tierra y del Espacio así como en los items que necesitan "integrar conocimientos" para una correcta solución.

Un posible tema a debatir, aunque queda fuera de los objetivos de este apartado, podría ser cuestionar el interés que puede tener estar situados en los primeros lugares. Los primeros, Corea y Taiwan, sobresalen no sólo en cuanto a conocimientos científicos, sino en otros aspectos nada envidiables como es la escasa disponibilidad de libros por hogar y las actitudes negativas de los alumnos y de los padres (en opinión de sus hijos) hacia la ciencia.

*¿Qué es lo que saben, y lo que no saben, de ciencias nuestros alumnos?*

La investigación nos ofrece una visión panorámica de los conocimientos científicos de los alumnos a las dos edades consideradas. En algunos casos, las respuestas no tienen demasiada transcendencia; por ejemplo, que el 38% de los alumnos de 13 años desconozcan que el polen se produce en los estambres es una información que posee un interés muy concreto: conocer cuántos alumnos saben dónde se produce el polen. Sin embargo, en otros muchos casos las respuestas a los diferentes items proporcionan abundante información, permitiéndonos conocer las ideas previas, los conceptos que no podrán aprender mientras no superen otros, o si están en consonancia los resultados del trabajo con lo que podría esperarse tras el análisis de su dificultad epistemológica; estos son los items sobre los que centraremos nuestras conclusiones.

A modo de resumen, hemos agrupado los resultados más relevantes acerca de los conocimientos de los alumnos en torno a cuatro grandes bloques que poseen una importancia clave en el aprendizaje de las ciencias: el problema de la conservación, las preconcepciones sobre la trayectoria que describen los cuerpos cuando caen, la estructura de la materia y los procedimientos científicos.

**El problema de la conservación de la masa y el volumen.** Esta cuestión posee una gran relevancia en el aprendizaje de las ciencias. Los estudios de Piaget detectaron el largo proceso cognitivo hasta que se adquiere la operación denominada "conservación". En el estudio que aquí se describe se observan datos muy interesantes: cerca de un 20% de los alumnos de 9 años opina que la masa de un líquido en un recipiente viene dada por la altura que alcanza, independientemente de la sección del recipiente. Aproximadamente la mitad de los alumnos a esta edad, cree que el peso de los cuerpos depende de la superficie sobre la que se apoya en la balanza y una tercera parte a la edad de 13 años desconoce el significado del concepto volumen. Difícilmente se podrá trabajar a estas edades con magnitudes derivadas de la masa y el volumen como la densidad, el calor específico, la presión o la concentración, o establecer relaciones entre las unidades de volumen y capacidad; pese a ello, tales conceptos suelen abordarse, en mayor o menor medida, en los libros de texto e, incluso, en algunas aulas, a las edades a las que nos referimos.

**Preconcepciones sobre trayectorias de objetos que caen.** La Física del sentido común se manifiesta con claridad en estos items. La trascendencia de tales ideas en el estudio de la mecánica ya ha sido puesta de manifiesto en numerosos trabajos que han venido realizándose en los últimos veinte años. Los resultados que se aportan en esta investigación pueden considerarse como una ratificación de aquéllos en un estudio con una muestra mucho mayor que las habituales.

**La estructura de la materia.** Este ha sido otros de los temas más estudiado desde la perspectiva que resalta la importancia que desempeña en el aprendizaje el conocimiento de las ideas previas de los alumnos. Las dificultades constatadas en el estudio a la hora de explicar en qué consiste una disolución y cómo se comportan los gases son sólo la punta de un iceberg de lo que representa un obstáculo epistemológico importante en el aprendizaje de las ciencias. A la vista de los resultados se deberían tomar decisiones en cuanto a qué "química" enseñar a estas edades (13 años); una aproximación a la Teoría corpuscular de la materia sería más que suficiente, no debiendo llegar -ni de lejos- a la Teoría de los Orbitales Atómicos como se propone desde algunos textos de química de EGB y 2.<sup>o</sup> de BUP.

**Los procedimientos científicos.** En el estudio se comprueba cómo a medida que se va "ascendiendo" en la complejidad epistemológica del proceso científico, más difícil resulta su comprensión para los alumnos.

Así, más de la tercera parte de los alumnos de 13 años no sabe interpretar un diagrama de barras sencillo y más de la mitad tienen problemas para realizar diseños experimentales y sacar conclusiones.

*Variables del entorno familiar y escolar que están relacionadas con el rendimiento en ciencias*

El porcentaje de alumnos que tienen una actitud positiva hacia el aprendizaje de las ciencias es muy elevado, destacando respecto al resto de los países; también es de resaltar la opinión positiva que tienen los alumnos sobre el interés de sus padres por las ciencias.

La mayor parte de los alumnos (94% a los 13 años y 87% a los 9 años) no atribuyen ventajas a ningún género a la hora de estudiar ciencias; parece que se van superando estereotipos sexistas, o al menos que han aprendido a responder de la forma que se les demanda. Sólo los alumnos que obtienen peores puntuaciones atribuyen al otro sexo más facilidad para estudiar ciencias.

El tiempo dedicado a la realización de tareas del área de ciencias fuera del colegio, sobre todo para los estudiantes de 13 años, está asociado con mejores puntuaciones en la prueba, siempre y cuando no sea un tiempo excesivo.

Un ambiente en el que se fomente la lectura está relacionado con mejores resultados en la prueba, al igual que contar con espacios (escolares o familiares) suficientemente dotados de recursos didácticos, tales como libros de texto. El autoconcepto positivo de su capacidad para estudiar ciencias, se presenta también como otro factor relacionado positivamente con los resultados.

Respecto al tema de la disciplina en los centros escolares, las opiniones de los directores de los colegios que han formado parte de la muestra seleccionada son muy variadas. Así, para los directores de centros privados, sus colegios no ofrecen apenas ninguna problemática relativa a la disciplina, absentismo y vandalismo; la opinión de los directores de los centros públicos, por su parte, difiere bastante de la de los directores de otros países en cuanto a las posiciones extremas que adoptan cuando se les pregunta por los conflictos en sus centros: para cerca de la tercera parte hay problemas moderados o serios y, también, para otros muchos, en sus centros no hay ningún problema. No podemos determinar cuánto de pesimismo puede haber en las opiniones de los primeros.

Los resultados del trabajo confirman que un clima escolar en el que las problemáticas relativas a la disciplina, el absentismo y el vandalismo se encuentran ausentes, facilita que los estudiantes obtengan resultados positivos en la prueba y suponemos que también en su rendimiento global. Las opiniones de los directores acerca de serios problemas de vandalismo en un 10 % de los centros, junto con la ausencia de problemas en otros centros bien podrían señalar la existencia de algunos desajustes organizativos que necesariamente afectarían al aprendizaje y que bien merecerían un detallado estudio.



## CAPÍTULO 5

# REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AIKENHEAD, G.S. y RYAN, A.G. (1992): "The Development of a New Instrument: 'Views on Science-Technology-Society'" (VOSTS). *Science Education* Vol.76 (5) pp. 477-491.
- ALONSO, M. y FINN, E. (1979): *Física. Vol. I: Mecánica*. Ed. Fondo Educativo Interamericano. México.
- APU (1985): *Science Report for teacher*. Association for Assessment Performance Unit Science Education. Assessment Performance Unit. New Jersey.
- BANET, E. y NÚÑEZ, F. (1988): Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos anatómicos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 6 (1) pp. 30-37.
- BANET, E. y NÚÑEZ, F. (1989): Ideas de los alumnos sobre la digestión: aspectos fisiológicos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7 (1) pp. 35-44.
- BARTELL, C.; WILLIS, D.B. (1987): "American and Japanese Principals: A comparative Analysis of Excellence in Instructional Leadership". Paper presented at *The Annual Meeting of the American Educational Research Association* (Washington, DC, April 20-24, 1987).
- BAXTER, J. (1989): Children's understanding of familiar astronomical events. *Int. J. Sci. Edu.* Vol. 11. pp. 503-518.
- BLACK, P. y SOLOMON, J. (1983): *Life-world and Science-world pupils' ideas about energy*. Entrophy in the School. Vol 1. Budapest.
- BRUNET, L. (1987): *El Clima de trabajo en las Organizaciones. Definición, diagnóstico y consecuencias*. Trillas, México.

- CAÑAS, A., GUTIÉRREZ, S. y HERRERO, F. (1991): Una herramienta para la evaluación en el área de Ciencias de la Naturaleza. *Educación Abierta* n.º 74. Zaragoza.
- CARRASCOSA, J. (1985): Errores conceptuales en la enseñanza de la Física y la Química: Una revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3, (3) pp. 230-234.
- CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1992): Concepciones alternativas en mecánica. *Enseñanza de las Ciencias* Vol. 10, (3) pp. 314-328.
- CLEMENT, J. (1979): Mapping a student's causal conceptions from a problem solving protocol. En J. Lochhead y J. Clement (Eds) *Cognitive process instruction*. Filadelfia, Franklin Institute Press.
- CLEMENT, J. (1983b): Students alternative conceptions in mechanics: a coherent system of preconceptions?. En H. Helm y J.S. Novak (Eds): *Proceedings of the International Seminar Misconceptions in Science and Mathematics*. New York. Cornell University.
- DRIVER, R., GUESNE, E y TIBERGHIE, A. (1985): "*Childrens' ideas in Science*" Milton Keynes: Open University Press. Traducida al español en Ed. Morata, 1989. Madrid.
- DRIVER R. (1988): Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* Vol. 6 (2) pp. 109-120.
- DUIT, R. (1981): Understanding energy as a conserved quantity. Remarks in the article by R. V. Sel. *European Journal of Science Education*, Vol. 3 (3) pp. 291-301.
- DUPIN, J. J. y JOSHUA, S. (1986): L'electrocinétique du collège à l'Université: évolution des représentations des élèves et impact de l'enseignement sur ces représentations. *Bulletin de l'union de physiciens* n.º 683 pp. 779-800.
- ELLEY, WARWICK. B (1992): *How in the world do students read?*. I.A.E. Study of reading literacy. Hamburg.
- ESCUADERO, T. (1985): "Las actitudes en la enseñanza de las ciencias: un panorama complejo". *Revista de Educación*, n.º 278, pp. 5-26.
- ESCUADERO, T. (1990): "¿Es la física un punto de inflexión didáctica?". *Educación Abierta*, n.º 94, pp. 1143.
- ETHINGTON, C.A.; WOLFLE, L.M. (1987): "The Selection of Quantitative Undergraduate Fields of Study: Direct and Indirect

- Influences. A previous version of this paper was presented at *The Annual Meeting of The American Educational Research Association* (Washington, DC, April 20-24, 1987).
- ETS (1991): The 1991 IAEP Assessment. Objectives for Mathematics, Science and Geography.
- FERNÁNDEZ DÍAZ, M.<sup>a</sup> J.; ASENSIO MUÑOZ, I. (1989): "Concepto de clima institucional". *Apuntes de Educación*, n.<sup>o</sup> 32, pp. 2-4.
- FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ, J.M. (1985): Causas de las dificultades de aplicación del teorema de Arquímedes para los alumnos de Enseñanza Media. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 3 (3) pp. 185-187.
- FOUCAMBERT, J. (1987): *Lire c'est vraiment simple!...quand c'est l'affaire de tous*. Traducido por Edicinco. Valencia.
- FURIÓ, C. y HERNÁNDEZ, J. (1983): Ideas sobre los gases en alumnos de 10 a 15 años. *Enseñanza de las Ciencias* vol. 1 (2) pp. 83-91.
- GAULD, C. (1982): "The scientific attitude and Science Education: a critical reappraisal. *Science Education* Vol. 66 (1) pp. 109-121.
- GENNARO, E. y LAWRENZ, F. (1992): "The effectiveness of Take-home Science kits at the Elementary level". *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 29 (9) pp. 985-994.
- GERALD DILLASHAW, F. y OKEY, J.R. (1980): Test of the Integrated Science Process Skills for Secondary Science Student. *Science Education*, Vol. 64 (5) pp. 601-608.
- GILLY, M.; LACOH, M. y MEYER, R. (1972): "Image prope, images sociales et status scolaire: Etude comparative chez des élèves de CM2". *Bulletin de Psychologie*. 301, 14-17, pp. 792-806.
- GIORDAN, A. et DE VECCHI, G. (1987): *Les origenes du savoir. Des conceptions aux concepts scientifiques*. Delachanch & Niestlé, París.
- HALL, D.A.; MC CURDY, D.W. (1988): "A comparison of a Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) Laboratory and a Traditional Laboratory on Student Achievement at two Private Liberal Arts Colleges". Paper presented at *The Annual Meeting of the National Association for Research in Teaching* (61st, Lake of the Ozarks, MO, April 10-13, 1988).

- HIERREZUELO, J. y MONTERO, A. (1989): *La Ciencia de los Alumnos*. Editorial Laia/MEC. Madrid.
- IAEP (1992): *Learning Mathematics*. Center for the Assessment of Educational Progress at Educational Testing Service. New Jersey. USA.
- IAEP (1992): *Learning about the world*. Center for the Assessment of Educational Progress at Educational Testing Service. New Jersey. USA.
- IAEP (1992): *Learning science*. Center for the Assessment of Educational Progress at Educational Testing Service. New Jersey. USA.
- INA (1992): "T.V. et les enfants". *Dossier de L'audio-isuel* n.º 46. Nov-Dec 1992. Paris.
- KRECH, D.; CRUTCHFIELD, R.S.; Y BALLACHHEY, E.L. (1978): *Psicología Social*. Biblioteca Nueva. Madrid.
- KURTH, K. (1987): *Factors Which Influence a Female's Decision to Remain in Science*. Exit Project-S 591, Indiana University, South Bend.
- LAPOINTE A.E., MEAD N.A., PHILIPS G. W. (1989): Un mundo de diferencias. Un estudio Internacional de Evaluación de las Matemáticas y Ciencias. MEC/CIDE. Madrid.
- LLORENS, J.A. (1988): La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la Escuela*, n.º 4 pp. 3348.
- LLORENS, J.A. et al. (1989): La función del lenguaje en un enfoque constructivista del aprendizaje de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol 7, (2) pp. 111-119.
- LLORENS, J.A. (1991): *Comenzando a aprender Química. Ideas para el diseño curricular*. Ed. Visor/MEC. Madrid.
- MATTOS, L.A. de (1985): *Compendio de didáctica general*. Kapelusz, Buenos Aires, pp. 281-284.
- MCCLOSKEY, M. (1983): *Intuitive physics*. Scientific American, n.º 248, pp. 122-130.
- MEC (1991): *Cómo interesar a las chicas por las ciencias: evitar los prejuicios sexistas en el currículum*. Subdirección General de Formación del Profesorado. MEC. Madrid.
- MILLAR, R. y DIRVER, R. (1987): Beyond processes. *Studies in Science Education*, n.º 14, pp.33-62.

- MILLER, C.L.; AND OTHERS (1987): "Changes in Parents' Beliefs and values during their children's transition to Junior High School". Paper presented at *The Annual Meeting of the American Educational Research Association* (Washington, DC, April 20-24, 1987).
- MINISTRY OF EDUCATION AND MINISTRY RESPONSIBLE FOR MULTICULTURALISM AND HUMAN RIGHTS (1992): *British Columbia Assessment Of Science 1991*. Technical Report IV: Context For Science Component. Simon Fraser University. Canada.
- MUNBY, M. (1980): *And evolution of instrument that measure attitudes to science*. In: Fadden world trends in science education. Halifax. Nova Scotia. Atlantic Institute of Education.
- MYERS III, R. E. Y FOUTS J.T. (1992): "A cluster Analysis of High School Science Classroom Environments and Attitude toward Science". *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 29 (9) pp. 929-937.
- NOVICK, S. y NUSSBAUM, J. (1981): Pupil's understanding of the nature of matter: a cross-age study. *Science Education*. Vol. 65 (2) pp. 187-196.
- NUSSBAUM, J. (1985a): La tierra como cuerpo cósmico en *Children's ideas in Science*. Open University Press. Trad. Cast. *Ideas Científicas en la infancia y la adolescencia*. Morata (1989). Madrid.
- NUSSBAUM, J. (1985b): The particulate nature of matter in the gaseous phase. En R. Driver, E. Guesne y A. Tiberghien "*Children's ideas in science*" Open University Press. Trad. Cast. "*Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*" Ed. Morata (1989). Madrid.
- NUSSBAUM, J. y NOVAK, J. (1976): An Assessment of children's concepts of the earth utilizing structured interview, *Science Education*, Vol. 60, (4), pp. 535-550.
- OLIVER, J; STEVE; SIMPSON; RONALD, D. (1988): Influences of Attitude toward Science, Achievement Motivation, and Science Self Concept on Achievement in Science: A longitudinal Study. *Science Education* Vol. 72 (2) Abril pp. 143-155.
- OÑORBE DE TORRE, A y SÁNCHEZ JIMÉNEZ, J. M. (1992): La masa ni se crea ni se destruye. ¿Estáis seguros?. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10, (2) pp. 165-171.

- ORTEGA RUIZ Y OTROS (1992): "Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales". *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 10 (3), pp. 295-303.
- OSBORNE, R. y FREYBERG P. (1991): *"El aprendizaje de las Ciencias"*. Ed. Narcea. Madrid.
- OSBORNE, R. J. y COSGROVE, H.M. (1983): Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*. Vol. 20 (9) pp. 825-838.
- PALACIOS, C., LÓPEZ-RUPÉREZ, F., GARROTE, R. y MONTES, P. (1989): Procesos de la ciencia y desarrollo cognitivo en Bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 7 (2) pp. 132-140.
- PALACIOS, C., MUÑOZ P., GÓMEZ J.C. (1987): Dos metodologías activas comparadas en el estudio de conceptos químicos en 8.º de E.G.B. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 5 (3), pp. 220-224.
- PIAGET e INHELDER, (1971): *"El desarrollo de las cantidades en el niño"*. Nova Terra. Barcelona.
- POZO, J. I. (1987): *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Visor. Madrid.
- POZO et al. (1991): *Procesos cognitivos en la comprensión de la Ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química*. MEC/CIDE. Madrid.
- POZO, J. A. et al GÓMEZ CRESPO M.A., LIMÓN M., SANZ SERRANO A. (1992): *Procesos cognitivos en la comprensión de la Ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la Química*. MEC/CIDE. Madrid.
- PRESTON, GEORGE L. (1990): *Student' Preferences of Types of Problems. Used in Science Education*. New York Power Tool.
- PURKEY, W.W. (1970): *Self-concept and school achievement*. New Jersey, Prentice-Hall.
- RYAN, A.G. y AIKENHED, G.S., (1992): Students' Preconceptions about the Epistemology of Science. *Science Education*, Vol. 76 (6) pp. 559-581.
- SANDBERGEN, S. (1989): *Assessing Attitudes and Expectations*. ODCE. Edimburgo.
- SCHIBECCHI, R.A. y RILEY, J.P. (1986): Influence of students background and perceptions on Science attitudes and achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 23, (3) pp. 177-188.

- SCHIBECCHI, R.A. (1981): Do teachers rate science attitude objectives as highly as cognitive objectives?. *Journal of Research in Science Teaching*, Vol 18, pp. 89-92.
- SCHIBECCHI, R.A. (1989): Home School, and Peer Group Influences on Student Attitudes and Achievement in Science. *Science Education*, n.º 73 pp. 13-25.
- SERRANO, J. y BLANCO, A. (1988): *Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las Ciencias*. Apuntes IEPS, n.º 47. Ed. Narcea. Madrid.
- SHAYER, M. y ADEY Ph. (1984): *"La Ciencia de enseñar Ciencias*. Ed. Narcea. Madrid.
- SHIPSTONE, D. (1984): A study of children's understanding of electricity in simple D.C. circuits. *European Journal of Science Education*. Vol 6 (29) pp 185-198.
- STAVY, R. y STACHEL, D. (1985): Children's ideas about "solid" and "liquid". *European Journal Science Education*, Vol. 7 (4) pp. 407-421.
- STEAD, K y OSBORNE, R. (1981): What is Friction? Some Children's Ideas. *The Australian Science Teachers Journal*, n.º 27, pp. 51-57.
- TIPLER, P. (1987): *Física. Tomo I*. Ed. Reverté. Barcelona.
- UNESCO (1984) *Informe sobre Televisión Educativa*. UNESCO. Ginebra.
- UNESCO (1994): *Informe sobre el Año Internacional de la Familia*. UNESCO. Bruselas.
- VARELA P., MANRIQUE M.J. FAVIERES A. (1988): Circuitos eléctricos: una aplicación de un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en las ideas previas de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, Vol 6 (3) pp. 285-290.
- VASILIAUSKAS, J.B. (1987): *Peer-Teaching and the Utilization of Students as Laboratory Teaching aids to Improve Class Performance*. Ed. D. Practicum, Nova University.
- VERA, J.J. et al. (1982): Las destrezas del quehacer científico. Desarrollo de una prueba para evaluarlos. *I Jornadas de Investigación didáctica en Física y Química*. ICE de la Universidad de Valencia.
- WATTS, D. M. (1988): Some alternative views and energy *Physics Education*, Vol. 18 pp. 213-217.



---

**Ministerio de Educación y Ciencia**

Secretaría de Estado de Educación

---

Dirección General de Renovación Pedagógica