Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos

PISA 2006

MARCO DE LA EVALUACIÓN

Conocimientos y habilidades
en Ciencias, Matemáticas y Lectura

OCDE
ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓNY EL DESARROLLO ECONÓMICO

Prólogo

El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA), que fue puesto en marcha en 1997 por la OCDE, representa el compromiso de los gobiernos de los países miembros de examinar en un marco común internacional los resultados de los sistemas educativos, medidos en función de los logros alcanzados por los alumnos. PISA es, ante todo, un esfuerzo colectivo que aglutina el conocimiento científico de los países participantes y es dirigido conjuntamente por sus respectivos gobiernos, unidos por el interés común de extraer consecuencias para sus políticas. Corresponde, pues, a los países participantes responsabilizarse del proyecto a nivel político. Asimismo, expertos de los países participantes se integran en una serie de grupos de trabajo cuya función es establecer un nexo entre los objetivos políticos de PISA y los conocimientos técnicos más avanzados disponibles en el ámbito de la evaluación comparativa a escala internacional. La participación en estos grupos de expertos garantiza a los países que los instrumentos de evaluación de PISA tienen validez internacional, toman en consideración el contexto cultural y curricular de los países miembros de la OCDE, constituyen poderosas herramientas de medición y hacen hincapié en la autenticidad y la validez educativa.

PISA 2006 supone una continuación de la estrategia de recogida de datos adoptada en 1997 por los países de la OCDE. Las áreas evaluadas continúan siendo las mismas que en los años 2000 y 2003, si bien, en esta ocasión, la competencia científica ha pasado a ser el área principal y la evaluación se ha realizado mediante un marco revisado. El marco de evaluación de la competencia lectora sigue siendo análogo a los empleados en las evaluaciones de 2000 y 2003, como también lo es el marco de la competencia matemática con respecto al empleado en la evaluación del 2003. Ambos marcos aparecen recogidos respectivamente en las publicaciones: *Measuring Student Knowledge and Skill – A New Framework for Assessment* [*Medición de los conocimientos y habilidades de los estudiantes: un nuevo marco de evaluación*] (OCDE, 1999) y en *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OCDE. 2003a) [*Marco de la evaluación de PISA 2003: conocimientos y habilidades en las áreas de matemáticas, lectura, ciencias y solución de problemas*].

Al igual que en los casos anteriores, esta nueva publicación presenta las líneas maestras de la evaluación PISA 2006, definidas en función de los contenidos que deben adquirir los alumnos, los procesos que han de ser capaces de ejecutar y los contextos a los que deben aplicar sus conocimientos y habilidades. Las distintas áreas de evaluación se ilustran asimismo con unas muestras de ejercicios, cuya elaboración ha corrido a cargo de una serie de grupos de expertos, dirigidos por Raymond Adams, Ross Turner, Barry McCrae y Juliette Mendelovits, miembros todo ellos del *Australian Council for Educational Research* (ACER) (*Consejo Australiano para la Investigación sobre Educación*). El grupo de expertos en ciencias estuvo presidido por Rodger Bybee, del *Biological Science Currículum Study* de Estados Unidos (*Estudio Curricular de Ciencias Biológicas*). El grupo de expertos en matemáticas lo presidió Jan de Lange, de la Universidad de Utrecht de Holanda, y la presidencia del grupo de expertos en lectura correspondió hasta octubre de 2005 a Irwin Kirsch, del *Educational Testing Service* de Estados Unidos (*Servicio de Evaluación Educativa*). A partir de esa fecha, pasó a ocupar la presidencia John de Jong, del *Language Testing Services* de los Países Bajos (*Servicios de Evaluación Lingüística*). Los integrantes de los grupos de expertos figuran en un listado que se incluye en el Anexo B de esta publicación. Los marcos de la evaluación han sido revisados también por grupos de expertos de cada uno de los países participantes.

La preparación de la presente publicación ha corrido a cargo del Secretariado de la OCDE, siendo sus principales supervisores John Cresswell y Sophie Vayssettes. El informe se publica bajo responsabilidad del Secretario General de la OCDE.

Índice

Prólogo 3

Introducción 7

Perspectiva general 7
Rasgos básicos de PISA 2006 9
Qué hace que PISA sea único 11
Perspectiva general de lo que se evalúa en cada área 13
Evaluación e informe de los resultados de PISA 2006 15
Los cuestionarios de contexto y su utilización 16
El carácter cooperativo de la elaboración de PISA y de sus marcos de evaluación 17

CAPÍTULO 1

La competencia científica 19

Introducción 20
Definición del área de evaluación 22
- Competencia científica 23

Organización del área de evaluación 26
Situaciones y contexto 27
Capacidades científicas 30
- Identificar cuestiones científicas 30
- Explicar fenómenos científicamente 31
- Utilizar pruebas científicas 31

Conocimiento científico 32
- Conocimiento de la ciencia 32
- Conocimiento acerca de la ciencia 34

Actitudes hacia la ciencia 36
Evaluación de la competencia científica 38
- Características de la prueba de evaluación 38
- Estructura de la evaluación en ciencias 41
- Escalas de presentación 42

Sumario 44

CAPÍTULO 2

La competencia lectora 47

Definición del área de evaluación 48
El formato textual 49
- Textos continuos 49
- Textos discontinuos 50

Características de los ejercicios 51
- Cinco procesos (aspectos) 51
- Tipos de ejercicio 55
- Calificación 56

Situaciones 57

Presentación de los resultados 58
- Escalas de las tareas de competencia lectora 58
- Presentación 58
- Elaboración de un mapa de ejercicios 60
- Niveles de aptitud en competencia lectora 61

Ejemplos de lectura 67

Sumario 72

CAPÍTULO 3

La competencia matemática 73

Definición del área de evaluación 74

Base teórica del marco PISA de evaluación de las matemáticas 75

Organización del área de evaluación 82

Situaciones y contexto 84

El contenido matemático: las cuatro ideas clave 86
- Espacio y forma 87
- Cambio y relaciones 89
- Cantidad 93
- Incertidumbre 96

Procesos matemáticos 99
- Matematización 99
- Las capacidades 101

Los grupos de capacidades 102
- El grupo de reproducción 103
- El grupo de conexiones 105
- El grupo de reflexión 108
- Clasificación de los ejercicios según su grupo de capacidades 112

Evaluación de la competencia matemática 112
- Características de los ejercicios 112
- Estructura de la evaluación 117
- Presentación del rendimiento en matemáticas 117
- Material y herramientas de apoyo 119

Sumario 119

Referencias 120

Anexo A 123

Anexo B 189

© OCDE 2006

Introducción

PERSPECTIVA GENERAL

El Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la OCDE (PISA) constituye un esfuerzo de colaboración acometido por todos los países miembros, así como por un buen número de países no miembros asociados, cuyo objetivo es medir hasta qué punto los alumnos de 15 años se encuentran preparados para afrontar los retos que les planteará su vida futura. Se ha elegido la edad de 15 años porque, en la mayoría de los países de la OCDE, los alumnos de esa edad se acercan ya al final del período de escolarización obligatoria y, por tanto, una evaluación realizada en ese momento permite obtener una idea bastante aproximada de los conocimientos, las habilidades y aptitudes que se han acumulado a lo largo de un período educativo de unos diez años. A la hora de evaluar los conocimientos, las habilidades y aptitudes de los alumnos, la evaluación PISA adopta un enfoque amplio que, si bien refleja los cambios más recientes en materia curricular, va más allá del enfoque centrado en la escuela para orientarse hacia la aplicación de los conocimientos a las tareas y los retos cotidianos. Las habilidades adquiridas por los alumnos reflejan su capacidad de seguir aprendiendo a lo largo de sus vidas mediante la aplicación de lo aprendido en la escuela a entornos extraescolares, la valoración de sus distintas opciones y la toma de decisiones. La evaluación, dirigida conjuntamente por los gobiernos participantes, aúna los intereses en materia política de los países mediante la aplicación de unos conocimientos científicos a escala nacional e internacional.

En PISA se combina la evaluación de áreas cognitivas de un campo específico, como son la lectura, las matemáticas y las ciencias, con una evaluación sobre el entorno doméstico de los alumnos, el enfoque que dan a su aprendizaje, la percepción que tienen del entorno de aprendizaje y su grado de familiaridad con el uso de ordenadores. Una de las máximas prioridades de PISA 2006 consiste en una innovadora evaluación de las actitudes de los alumnos hacia las ciencias, un aspecto que quedó recogido mediante una serie de preguntas contextualizadas dentro del apartado cognitivo de la prueba. Esta proximidad entre las preguntas de actitud y los ejercicios cognitivos permitió asimismo dirigir las preguntas a unas áreas específicas que se centraron en el interés por las ciencias y el respaldo que prestan los alumnos a la investigación científica. Los resultados obtenidos por los alumnos en la evaluación cognitiva se asocian luego a estos factores contextuales.

PISA utiliza: i) mecanismos muy rigurosos de control de calidad de la traducción, el muestreo y la administración de las pruebas; ii) medidas para conseguir la máxima amplitud cultural y lingüística en los materiales de evaluación, objetivo que se alcanza fundamentalmente mediante la implicación de los países en el proceso de elaboración y revisión de los ejercicios; y iii) la aplicación de las tecnologías y metodologías más avanzadas para el proceso de datos. Mediante la conjunción de todas estas medidas se obtienen unas herramientas de gran calidad, así como unos resultados con un alto grado de validez y fiabilidad, que permiten comprender mejor el funcionamiento de los sistemas educativos y los conocimientos, las habilidades y actitudes de los alumnos.

PISA se basa en un modelo dinámico de aprendizaje en el que los nuevos conocimientos y las habilidades necesarios para adaptarse con éxito a un mundo cambiante se adquieren de forma continuada a lo largo de toda la vida. PISA se centra en todo aquello que los jóvenes de 15 años necesitarán en el futuro y se propone evaluar qué son capaces de hacer con lo que han aprendido. La evaluación toma en consideración el común denominador de los currículos nacionales, pero no se circunscribe a él.

Cuadro A ■ ¿Qué es PISA?

Aspectos básicos

- Una evaluación internacional estandarizada desarrollada de forma conjunta por los países participantes y aplicada a los alumnos de 15 años integrados en el sistema educativo.
- Un estudio llevado a cabo en 43 países en el primer ciclo (32 en 2000 y 11 en 2002), 41 países en el segundo ciclo (2003) y 56 en el tercer ciclo (2006).
- Por término medio, en cada país fueron sometidos a las pruebas de evaluación entre 4.500 y 10.000 alumnos.

Contenido

- PISA 2006 abarca las áreas de *competencia lectora, matemática y científica*, atendiendo no tanto al dominio del currículo escolar como a los conocimientos y las habilidades más importantes y necesarios para la vida adulta.
- El énfasis recae en el dominio de procesos, la comprensión de conceptos y la capacidad para desenvolverse en diversas situaciones dentro de cada área.

Métodos

- Las pruebas son escritas y la duración total de la evaluación es de dos horas por alumno.
- Los ejercicios combinan las preguntas de elección múltiple con otras en las que los alumnos deben elaborar sus propias respuestas. Las preguntas se organizan en unidades basadas en un pasaje escrito que plantea una situación de la vida real.
- En total, la duración de las pruebas de evaluación es de 390 minutos, durante los cuales distintos alumnos realizan diversas combinaciones de ejercicios.
- Los alumnos responden a un cuestionario contextual, cuya duración aproximada es de treinta minutos, en el que suministran información sobre sí mismos y su entorno familiar. Los directores de los centros de enseñanza, por su parte, responden a un cuestionario de 20 minutos de duración sobre sus centros.

Ciclo de evaluación

- La evaluación tiene lugar cada tres años, de acuerdo con el plan estratégico vigente, que se extiende hasta el año 2015.
- Cada uno de esos ciclos analiza en profundidad un área principal, a la que se dedican dos tercios del tiempo de evaluación; de las otras áreas se obtiene un perfil sumario de habilidades. Las principales áreas han sido la *competencia lectora* en 2000, la *competencia matemática* en 2003 y la *competencia científica* en 2006.

Resultados

- Un perfil básico de los conocimientos y las habilidades de los jóvenes de 15 años.
- Indicadores contextuales que relacionan el rendimiento con las características del alumno y del centro. En 2006 se hará también hincapié en la evaluación de las actitudes de los alumnos hacia la ciencia.
- Indicadores de tendencia que muestran la evolución de los resultados en el tiempo.
- Una valiosa base de conocimientos para el análisis y la investigación de las políticas educativas.

© OCDE 2006

Así, a la vez que evalúa los conocimientos adquiridos por los alumnos, PISA examina su capacidad para reflexionar y aplicar sus conocimientos y experiencias a los problemas que plantea la vida real. Por ejemplo, un adulto que pretenda comprender y valorar las recomendaciones científicas relativas a la seguridad de los alimentos no podrá limitarse a conocer algunos hechos básicos sobre la composición de los nutrientes, sino que deberá ser capaz de aplicar dicha información. El término «competencia» se emplea para condensar esta concepción más amplia de los conocimientos y las habilidades.

El proyecto PISA ha sido diseñado con objeto de recopilar información en ciclos trienales, presentar datos sobre la *competencia lectora*, *matemática y científica* de los alumnos, los centros de enseñanza y los países, proporcionar datos reveladores sobre los factores que influyen en el desarrollo de las habilidades y las actitudes, tanto en el entorno doméstico como en el escolar, y analizar cómo interactúan esos factores y cuáles son sus implicaciones para la adopción de pautas de actuación política.

En esta publicación, que presenta el marco conceptual que sirve de base a las evaluaciones PISA 2006, se incluye una reelaboración y ampliación del marco de la *competencia científica* y un aspecto innovador relativo a la evaluación de la actitud de los alumnos hacia las ciencias, así como los marcos de evaluación de lectura y matemáticas. Para cada área, el marco de la evaluación define los contenidos que los alumnos deben adquirir, los procesos que deben ser capaces de ejecutar y los contextos a los que deben aplicar sus conocimientos y habilidades. Finalmente, cada área, así como sus distintos aspectos, se ilustra con una serie de ejercicios de muestra.

RASGOS BÁSICOS DE PISA 2006

PISA 2006 representa el tercer ciclo de una estrategia de recogida de datos que fue definida en 1997 por los países participantes. Las publicaciones *Measuring Student Knowledge and Skills – A New Framework for Assessment* (OCDE, 1999) [*Medición de los conocimientos y habilidades de los Estudiantes: un nuevo marco de evaluación*] y *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills* (OCDE, 2003) [*Marco de la evaluación de PISA 2003: conocimientos y habilidades en matemáticas, lectura, ciencias y solución de problemas*], presentaron el marco conceptual que servía de fundamento a los dos primeros ciclos de PISA. Los resultados de estos ciclos se presentaron en las publicaciones *Knowledge and Skills for Life – First Results from PISA 2000* (OCDE, 2001) [*Conocimientos y habilidades para la vida: primeros resultados de PISA 2000*] y *Learning for Tomorrow's World: First Results from PISA 2003* (OCDE, 2004) [*Aprender para el mundo del mañana: Primeros resultados de PISA 2003*], a las que puede accederse asimismo a través de la dirección web de PISA: *www. pisa. oecd.org*. Estos resultados permitieron a los responsables políticos nacionales comparar el rendimiento de sus sistemas educativos con el de otros países. Al igual que en los ciclos anteriores, la evaluación de 2006 abarca las áreas de *competencia lectora, matemática y científica,* siendo en este caso el área de *competencia científica* la que recibirá una atención prioritaria. Los alumnos responden asimismo a un cuestionario contextual, al que se añade la información obtenida a través de las autoridades académicas. 56 países y regiones, incluidos la totalidad de los 30 miembros de la OCDE, toman parte en la evaluación PISA 2006. En su conjunto, estos países representan casi el 90% de la economía mundial.

Dado que PISA tiene como objetivo evaluar el rendimiento acumulado por los sistemas educativos a una edad en la que la escolarización obligatoria es prácticamente universal, las pruebas de eva-

luación se centran en los jóvenes de 15 años integrados en programas educativos de ámbito escolar o de formación profesional. Por término medio, entre 5.000 y 10.000 alumnos, pertenecientes al menos a 150 centros escolares, serán sometidos a pruebas de evaluación en cada país. De esa forma, se obtendrá una muestra base significativa, cuyos resultados serán luego desglosados de acuerdo con una serie de características de los alumnos.

El principal objetivo de la evaluación PISA es determinar en qué medida los jóvenes han adquirido esa amplia gama de conocimientos y habilidades en las áreas de las *competencias lectora, matemática y científica* que les permitirá desenvolverse en la vida adulta. Asimismo, la evaluación de las competencias transversales continúa siendo un elemento esencial de PISA 2006. Las principales razones que explican la adopción de un enfoque de esta amplitud son las siguientes:

- Si bien la adquisición de conocimientos específicos tiene su importancia en el aprendizaje escolar, la aplicación de esos conocimientos a la vida adulta depende de manera fundamental de la adquisición de una serie de conceptos y habilidades de carácter más amplio. En el caso de las ciencias, si pensamos en términos de los temas que son objeto de debate en la comunidad adulta, un conocimiento de carácter específico, como serían los nombres de plantas o animales, posee menos valor que la comprensión de una serie de temas más amplios, como son el consumo de energía, la biodiversidad y la salud humana. En el caso de la lectura, la capacidad de desarrollar interpretaciones del material escrito y de reflexionar acerca de los contenidos y cualidades de un determinado texto serían habilidades fundamentales. Finalmente, en el ámbito de las matemáticas, ser capaz de razonar cuantitativamente y de representar relaciones o dependencias tiene mayor valor a la hora de aplicar las habilidades matemáticas a la vida cotidiana que la capacidad de responder a las preguntas que suelen figurar en los libros de texto.
- Dado el carácter internacional del marco de referencia, centrarse en los contenidos de los currículos restringiría la atención a los elementos curriculares que comparten la totalidad, o la mayor parte, de los países. Eso obligaría a adoptar una serie de soluciones de compromiso que redundarían en una evaluación demasiado restringida para resultar de utilidad a los gobiernos que desean obtener información acerca de los puntos fuertes y las innovaciones de los sistemas educativos de otros países.
- Existen asimismo una serie de habilidades generales de carácter muy amplio que es esencial que los alumnos desarrollen. Entre ellas se incluyen la comunicación, la adaptabilidad, la flexibilidad, la capacidad de solucionar problemas y la utilización de las tecnologías de la información. Estas habilidades se desarrollan en diversas áreas curriculares y, por tanto, han de ser evaluadas con un enfoque transversal amplio.

PISA no es una sola evaluación transnacional de las habilidades de los jóvenes de 15 años en las áreas de lectura, matemáticas y ciencias. Se trata de un programa de evaluación continuada que, a largo plazo, conducirá al desarrollo de un corpus de información que servirá para llevar un control de las tendencias que marcan la evolución de los conocimientos y las habilidades de los alumnos de varios países, así como de diversos subgrupos poblacionales dentro de cada país. En cada caso, se evaluará de forma más detallada un área concreta, que abarcará cerca de las dos terceras partes del tiempo total de la evaluación. En 2000, el área principal fue la *competencia lectora*, en 2003, la *competencia matemática*, y en 2006 será la *competencia científica*. De ese modo, cada nueve años se obtendrá un análisis exhaustivo de los logros en cada una de las áreas y, cada tres años, un análisis de tendencias.

© OCDE 2006

Al igual que en los anteriores ciclos PISA, el tiempo total empleado por cada alumno en la realización de las pruebas PISA 2006 es de dos horas, si bien la información se obtiene de un conjunto de ejercicios cuya duración es de 390 minutos. El conjunto completo de las preguntas se presenta bajo el formato de 13 cuadernillos interrelacionados. Cada cuadernillo es realizado por un número de estudiantes que se considere suficiente para obtener una estimación adecuada de los niveles de rendimiento alcanzados en todos los ejercicios por los estudiantes de cada país, así como por los subgrupos más relevantes dentro de un mismo país (por ejemplo, varones y mujeres, alumnos procedentes de distintos entornos sociales y económicos, etc.). Los alumnos emplean asimismo 30 minutos respondiendo a las preguntas del cuestionario de contexto.

La evaluación PISA proporciona tres tipos principales de resultados:

- Indicadores básicos, que proporcionan un perfil base de los conocimientos y las habilidades de los estudiantes.
- Indicadores contextuales, que muestran la relación que guardan dichas habilidades con las principales variables demográficas, sociales, económicas y educacionales.
- Indicadores de tendencias, que se derivan del carácter continuo de la recogida de datos y muestran los cambios en los niveles y en la distribución de los resultados, así como en las relaciones entre las variables contextuales y los rendimientos, tanto a nivel del alumnado como a nivel de los centros de enseñanza.

Aun cuando los indicadores constituyen un medio adecuado para poner de relieve algunas cuestiones importantes, por regla general no son capaces de dar respuesta a los interrogantes de carácter político. En vista de ello, PISA ha desarrollado igualmente un plan de análisis de orientación política que va más allá de la mera presentación de los indicadores.

QUÉ HACE QUE PISA SEA ÚNICO

PISA no es el primer estudio comparativo internacional del rendimiento de los alumnos. A lo largo de los últimos 40 años se han llevado a cabo otros estudios, entre los que destacan el de la *Internacional Association for the Evaluation of Educational Achievement* (IEA) [Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo] y el del *Education Testing Service's International Assessment of Educational Progress* (IAEP) [Evaluación Internacional del Progreso Educativo del Servicio de Evaluación Educativa].

Es importante señalar, no obstante, que estos estudios se han centrado en los rendimientos ligados directamente a los currículos y, además, solo en aquellas partes de los currículos que son en lo sustancial comunes a los distintos países participantes. Por regla general, aquellos aspectos curriculares que se encuentran presentes en un único país o en un pequeño número de países no se han tomado en consideración a la hora de realizar las evaluaciones.

El enfoque que adopta PISA es diferente en varios aspectos:

- Su *origen*: una iniciativa adoptada por los gobiernos, cuyos resultados pretenden dar satisfacción a sus propias necesidades en materia de orientación política.
- Su *regularidad*: el compromiso de cubrir múltiples áreas de evaluación con actualizaciones trienales hace posible que los países realicen un seguimiento regular y previsible de los progresos obtenidos en el cumplimiento de sus principales objetivos educativos.

- El *grupo de edad cubierto*: la evaluación de unos jóvenes que se encuentran al final del período de escolarización obligatoria permite obtener un indicador muy útil del rendimiento de los sistemas educativos. Aunque el ciclo educativo inicial de la mayoría de los jóvenes de los países de la OCDE se prolonga más allá de los 15 años, dicha edad se encuentra bastante próxima al final del primer período de educación básica, durante el cual el currículo que se imparte a los jóvenes de los distintos países suele ser bastante similar. Llegado ese momento, resulta extremadamente útil determinar en qué medida han adquirido los conocimientos y las habilidades que pueden serles de más utilidad en el futuro, así como los recorridos individualizados que pueden seguir para continuar su aprendizaje.
- Los *conocimientos* y las *habilidades evaluados*: sus contenidos no se definen atendiendo al común denominador que representan los currículos escolares nacionales, sino en función de las habilidades que se consideran esenciales para que los estudiantes se desenvuelvan con éxito en su vida futura. Este aspecto es el rasgo fundamental de PISA. En buena medida, los currículos escolares vienen elaborándose en función de un corpus de información y de técnicas que ha de ser dominado. Dentro de cada área curricular, no suele prestarse excesiva atención a las habilidades que deben desarrollarse para su uso general en la vida adulta. Y menor aún es la atención que se presta a otras habilidades de carácter más general que se desarrollan de forma transversal entre las distintas áreas curriculares, como son la solución de problemas o la aplicación de ideas y conocimientos a las situaciones que se encuentran en la vida. PISA no excluye los conocimientos y la comprensión basados en el currículo, pero los evalúa en función de la adquisición de unos conceptos y habilidades de carácter más amplio que posibilitan la aplicación de los conocimientos adquiridos. Es más, PISA no se siente constreñido por el común denominador de lo que se ha enseñado específicamente en los países participantes.

Este énfasis en evaluar en función del grado de aptitud adquirido y de unos conceptos de gran amplitud cobra especial significación a la luz del interés que muestran las naciones por desarrollar su capital humano, un concepto que la OCDE define de la siguiente manera:

> Los conocimientos, las habilidades, capacidades y otros atributos pertenecientes a los individuos que influyen de forma significativa en el bienestar personal, social y económico.

En el mejor de los casos, las estimaciones sobre el capital humano han tendido a deducirse partiendo de indicadores tangenciales, como el nivel educativo alcanzado. Cuando el interés por el capital humano se amplía de forma que incluya aquellos atributos que posibilitan la plena participación social y democrática en la vida adulta y preparan a los individuos para convertirse en «personas que aprenden durante toda su vida», la insuficiencia de tales indicadores se hace aún más patente.

Evaluar directamente los conocimientos y las habilidades que se poseen cuando ya está próxima la finalización del período de escolarización básica permite a PISA analizar el grado de preparación de los jóvenes para la vida adulta y, en cierta medida, la propia eficacia del sistema educativo. Lo que se ambiciona es evaluar los logros en función de los objetivos subyacentes a los sistemas educativos (según los define la sociedad), y no en función de la docencia y aprendizaje de un corpus de conocimientos. Esta forma de enfocar el rendimiento educativo se hace necesaria si se desea fomentar que los centros de enseñanza y los sistemas educativos se centren en los retos que plantea la sociedad contemporánea.

PERSPECTIVA GENERAL DE LO QUE SE EVALÚA EN CADA ÁREA

En el Cuadro B se presenta la definición de las tres áreas de PISA 2006. Todas las definiciones ponen especial énfasis en los conocimientos y las habilidades funcionales que hacen posible una participación activa en la sociedad. Tal participación no se limita a ser capaz de llevar a cabo unas tareas impuestas externamente, como las que pueda exigir un jefe a un empleado. También implica que se está pertrechado de los recursos necesarios para participar en un proceso de toma de decisiones. En las tareas más complejas de PISA se pidió a los alumnos que reflexionaran y evaluaran determinados materiales, en lugar de limitarse a responder unas preguntas que poseen una sola respuesta correcta.

Cuadro B ■ **Definiciones de las áreas de evaluación**

***Competencia científica*:** Hace referencia a los conocimientos científicos de un individuo y al uso de ese conocimiento para identificar problemas, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre cuestiones relacionadas con la ciencia. Asimismo, comporta la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como un método del conocimiento y la investigación humanas, la percepción del modo en que la ciencia y la tecnología conforman nuestro entorno material, intelectual y cultural, y la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo.

***Competencia lectora*:** La capacidad que tiene un individuo de comprender, utilizar y analizar textos escritos con objeto de alcanzar sus propias metas, desarrollar sus conocimientos y posibilidades y participar en la sociedad.

***Competencia matemática*:** La capacidad que tiene un individuo de identificar y comprender el papel que desempeñan las matemáticas en el mundo, emitir juicios bien fundados y utilizar e implicarse en las matemáticas de una manera que satisfaga sus necesidades vitales como un ciudadano constructivo, comprometido y reflexivo.

La competencia científica (que se trata en el Capítulo 1) se define como la capacidad de utilizar el conocimiento y los procesos científicos, no solo para comprender el mundo natural, sino también para intervenir en la toma de decisiones que lo afectan. La competencia científica se evalúa en relación con las siguientes dimensiones:

- *Los conocimientos o conceptos científicos*: Constituyen los vínculos que facilitan la comprensión de fenómenos relacionados. Aunque los conceptos empleados por PISA son los habituales de los campos de la física, la química, las ciencias biológicas y las ciencias del espacio y la Tierra, a la hora de realizar los ejercicios habrá que aplicarlos a sus contenidos, no bastando con una mera reproducción memorística.
- *Los procesos científicos*: Se centran en la capacidad de asimilar, interpretar y actuar partiendo de pruebas. Estos tres procesos se hallan presentes en PISA y se relacionan con: *i)* la descripción, explicación y predicción de fenómenos científicos, *ii)* la comprensión de la investigación científica, y *iii)* la interpretación de pruebas y conclusiones científicas.

- *Las situaciones o contextos científicos*: Representan los ámbitos a los que se aplican los conocimientos y los procesos científicos. El marco identifica tres áreas principales de aplicación: la ciencia en la vida y la salud, la ciencia en la Tierra y el medio ambiente y la ciencia en la tecnología.

La competencia lectora (que se trata en el Capítulo 2) se define en función de la capacidad de los alumnos para comprender, utilizar y analizar textos escritos con objeto de alcanzar sus propias metas. Este aspecto de la competencia lectora ha quedado firmemente establecido en estudios anteriores, como el *Internacional Adult Literacy Survey* (IALS) (*Estudio Internacional de la Competencia Lectora en Adultos)*; sin embargo, PISA da un paso más al incluir asimismo un elemento activo: la capacidad, no ya de comprender un texto, sino de reflexionar sobre él a partir de pensamientos y reflexiones personales. La competencia lectora se evalúa en relación con:

- *El formato textual*: La competencia lectora de los alumnos se evalúa con frecuencia mediante *textos continuos*, es decir, pasajes de prosa organizados en oraciones y párrafos. PISA añadirá además *textos discontinuos,* en los que la información se presenta de otras maneras, como son las listas, los formularios, los gráficos o los diagramas. Asimismo, distinguirá entre un abanico de formas prosísticas, como son la narrativa, la exposición o la argumentación. Estas distinciones se basan en el principio de que en su vida adulta profesional los individuos se encuentran con una gran variedad de textos escritos (por ejemplo, solicitudes, formularios, anuncios), y que no basta con leer un número limitado de tipos de texto, como los que suelen encontrarse en el entorno escolar.
- *Los procesos de lectura (aspectos)*: Las habilidades lectoras más básicas no serán evaluadas, pues se da por supuesto que los alumnos de 15 años ya las han adquirido. En lugar de ello, se espera que sean capaces de demostrar su aptitud a la hora de obtener información, formarse una idea general y amplia del texto y reflexionar sobre su contenido, su forma y los rasgos que lo caracterizan.
- *Las situaciones*: Definen el uso para el que ha sido elaborado el texto. Por ejemplo, una novela, una carta personal o una biografía están destinadas a un uso privado; los documentos oficiales o los comunicados para un uso público; un manual o un informe para un uso profesional; y un libro de texto o una hoja de ejercicios para un uso educativo. Considerando que muy probablemente habrá grupos de alumnos cuyo rendimiento será mejor en una situación lectora que en otra, se procurará que los ejercicios de evaluación incluyan una gama muy variada de tipos de lectura.

La competencia matemática (que se trata en el Capítulo 3) hace referencia a la capacidad de los alumnos para analizar, razonar y comunicar ideas de manera eficaz al plantear, formular, resolver e interpretar las soluciones a un problema matemático en una variedad de situaciones. La competencia matemática se evalúa en relación con:

- *El contenido matemático*: Se define fundamentalmente en función de cuatro ideas clave (*cantidad, espacio y forma, cambio y relaciones, e incertidumbre)* y solo de manera secundaria en relación con las «ramas curriculares» (como los números, el álgebra y la geometría).
- *Los procesos matemáticos*: Vienen definidos por las competencias generales propias de las matemáticas, que incluyen el empleo del lenguaje matemático, la creación de modelos y las habilidades relacionadas con la solución de problemas. Tales competencias no aparecen separadas en los distintos ejercicios de prueba, puesto que se asume que la ejecución de cualquier tarea matemática requiere la aplicación de varias de ellas. Por esa razón, las preguntas se organizan en función de unos «grupos de competencias concretas» que definen el tipo de habilidad mental requerido.

- *Las situaciones*: Representan los ámbitos en los que se utilizan las matemáticas y se organizan según su grado de proximidad con respecto al alumno. El marco de la evaluación de PISA identifica cinco situaciones: personales, educativas, profesionales, públicas y científicas.

EVALUACIÓN E INFORME DE LOS RESULTADOS DE PISA 2006

Como ya ocurriera en las anteriores evaluaciones PISA, por razones de viabilidad, la evaluación de 2006 se realizará mediante una prueba escrita. Esta evaluación incluirá diversos tipos de preguntas. Algunas de ellas requieren que los alumnos escojan o produzcan respuestas simples que pueden ser cotejadas directamente con una única respuesta correcta, como sucede con los ejercicios de elección múltiple o los ejercicios de respuesta construida-cerrada. Estas preguntas tienen una respuesta correcta o incorrecta y suelen evaluar habilidades básicas. Otras preguntas, en cambio, poseen un carácter más creativo y requieren que los alumnos elaboren sus propias respuestas. A través de este tipo de preguntas se pueden medir unos constructos más amplios que los que suelen recoger los estudios de corte más tradicional, permitiendo a su vez una mayor gama de respuestas aceptables y el uso de un sistema de calificación más complejo que puede dar cabida a respuestas parcialmente correctas.

Los estudiantes no tienen que responder a la totalidad de las preguntas de la evaluación. Las unidades de evaluación de PISA 2006 se estructuran en 13 grupos, cada uno de los cuales ha sido diseñado para ocupar 30 minutos del tiempo total de la prueba. Hay siete grupos de ciencias, dos de lectura y cuatro de matemáticas. Los grupos se reparten en 13 cuadernillos, en consonancia con el carácter rotatorio de la prueba. Cada uno de los cuadernillos contiene cuatro grupos y se asigna a cada alumno uno de estos cuadernillos, que deberá ser realizado en dos horas. Cada cuadernillo incluye al menos un grupo de Ciencias.

PISA evalúa la competencia mediante unas unidades compuestas de un estímulo (por ejemplo, un texto, una tabla, un gráfico, figuras, etc.), al que siguen una serie de tareas asociadas a ese estímulo común. Este rasgo característico tiene su importancia, pues permite una profundización mayor de la que se obtendría si cada una de las preguntas introdujera un contexto completamente nuevo. De este modo, el estudiante dispone de más tiempo para asimilar un material que luego puede ser utilizado para evaluar diversos aspectos de su rendimiento.

Los resultados de PISA vienen comunicándose por medio de unas escalas con una puntuación media de 500 y una desviación típica de 100 para las tres áreas de evaluación, lo que significa que las dos terceras partes de los alumnos de los países de la OCDE obtuvieron entre 400 y 600 puntos. Estas puntuaciones representan diversos grados de aptitud en un determinado aspecto de la competencia. Como la principal área de la evaluación de 2000 era la *competencia lectora,* las escalas de lectura se dividieron en cinco niveles de conocimientos y habilidades. La principal ventaja de este enfoque estriba en que permite describir lo que son capaces de hacer los alumnos, asociando las tareas con los distintos niveles de dificultad. Además de ello, los resultados se presentaron por medio de tres subescalas de lectura: obtención de información, interpretación de textos y reflexión y evaluación. En el informe de 2000 se ofrecía también una escala de aptitud para las *competencias matemática y científica*, aunque sin distintos niveles, lo cual reflejaba el carácter más limitado de los datos obtenidos en las áreas secundarias. PISA 2003 partió de este mismo enfoque, pero introdujo algunas novedades, como fue la especificación de seis niveles de aptitud para la escala de competencia matemática, siguiendo un modelo similar al empleado para la lectura. La *competencia matemática* comprendía cuatro subescalas: *espacio y forma, cambio y relaciones, cantidad e incertidumbre*. El informe sobre la *competencia*

científica se estructurará de forma similar e incluirá también los resultados de las distintas áreas. Del mismo modo que PISA 2003 ofreció por primera vez la oportunidad de presentar resultados de tendencia para la *competencia lectora, matemática y científica*, los resultados de PISA 2006 suministrarán información adicional para este tipo de análisis.

LOS CUESTIONARIOS DE CONTEXTO Y SU UTILIZACIÓN

Con objeto de recabar información contextual, PISA pide a los alumnos y a los directores de los centros que respondan a un cuestionario de una duración aproximada de 30 minutos. Estos cuestionarios desempeñan un papel crucial, pues permiten analizar los resultados en función de las diversas características de los alumnos y de los centros de enseñanza. Los cuestionarios de PISA 2000 y 2003 se pueden consultar en la página web de PISA: *www. pisa.oecd. org*.

A través de los cuestionarios se pretende obtener información sobre:

- los alumnos y su entorno familiar, incluyendo su capital económico, social y cultural;
- diversos aspectos de la vida de los alumnos, como, por ejemplo, su actitud hacia el aprendizaje, sus hábitos y su vida en el entorno escolar y familiar;
- diversos aspectos sobre los centros de enseñanza, como, por ejemplo, la calidad de los recursos humanos y materiales de los centros, el carácter público o privado de su gestión y financiación, los procesos de toma de decisiones y las prácticas del personal docente;
- el contexto del aprendizaje, incluyendo el tipo y las estructuras de las instituciones, el tamaño de las clases y el grado de implicación de los padres;
- las estrategias de aprendizaje autorregulado, las preferencias motivacionales y la orientación hacia la consecución de los propios fines, los mecanismos cognitivos del yo, las estrategias de control de la acción, las preferencias por determinados tipos de situaciones de aprendizaje, los métodos de aprendizaje y las habilidades sociales necesarias para un aprendizaje de tipo cooperativo o competitivo;
- diversos aspectos del aprendizaje y la instrucción en ciencias, incluyendo la motivación, la implicación y el grado de confianza en las ciencias por parte de los alumnos, así como el impacto de las estrategias de aprendizaje en los logros relacionados con la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

A escala internacional, se ofrecen asimismo dos cuestionarios adicionales:

- Un cuestionario sobre el grado de familiaridad con el uso de ordenadores, centrado en: *i)* la disponibilidad y utilización de las tecnologías de la información y comunicación (TIC), lo cual incluye el emplazamiento en que suelen usarse las TIC, así como el tipo de uso que se les da; *ii)* la desenvoltura en el uso de las TIC y las actitudes que generan, incluyendo la autoeficacia y las actitudes hacia los ordenadores; y *iii)* el contexto de aprendizaje de las TIC, que presta especial atención al lugar donde se ha aprendido a usar los ordenadores e Internet. En 2003, la OCDE publicó los resultados del análisis de este cuestionario en su informe *Are Students Ready for a Technology – Rich World? What PISA Studies Tell Us* (OCDE, 2005). *(¿Están preparados los estudiantes para un mundo rico en tecnología?: Lo que nos dicen los estudios de PISA)*.
- Un cuestionario dirigido a los padres, que se centra en una serie de aspectos, entre los que se cuentan las actividades de carácter científico realizadas por los estudiantes en el pasado, el punto de vista de los padres acerca de los colegios de sus hijos, la opinión de los padres sobre el papel de la ciencia en los planes profesionales de sus hijos y sobre la importancia de los conocimientos

y las habilidades científicas en el mercado laboral, la opinión de los padres acerca de las ciencias y el medioambiente, los costes de los servicios educativos y, finalmente, la propia educación y categoría profesional de los padres.

La información contextual recogida a través de los cuestionarios presentados a los alumnos y a los centros no representa más que una parte de la cantidad total de información de la que dispone PISA. Hace tiempo que la OCDE viene desarrollando y aplicando de forma regular una serie de indicadores que no solo describen la estructura general de los sistemas educativos (sus contextos demográficos y económicos: costes, matriculaciones, características de los centros y los docentes, así como algunos procedimientos utilizados para impartir las clases), sino también la repercusión que esta tiene en el mercado laboral.

EL CARÁCTER COOPERATIVO DE LA ELABORACIÓN DE PISA Y DE SUS MARCOS DE EVALUACIÓN

PISA representa un esfuerzo de colaboración entre los gobiernos miembros de la OCDE cuyo objetivo es ofrecer de forma periódica un nuevo modelo de evaluación del rendimiento de los alumnos. Las evaluaciones se elaboran en un marco de cooperación, acordado entre los países participantes, y son llevadas a la práctica por las organizaciones nacionales. La cooperación constructiva de los alumnos, los profesores y los directores de los centros participantes viene siendo esencial para garantizar el éxito de PISA en todos los estadios de su desarrollo y aplicación.

La Junta de Gobierno de PISA (PGB, siglas inglesas), que cuenta con una representación política de todas las naciones, determina, dentro del marco de los objetivos de la OCDE, las políticas prioritarias de PISA, a la vez que supervisa la adhesión a estas políticas durante la puesta en práctica del programa. Entre sus responsabilidades se incluye determinar las prioridades para el desarrollo de indicadores, para la elaboración de los instrumentos de evaluación y para la presentación de los resultados. Los expertos de los países participantes se integran en los grupos de trabajo, cuya tarea consiste en poner en conexión los objetivos de PISA en materia de políticas recurriendo para ello a los mejores conocimientos técnicos disponibles a escala internacional en las distintas áreas de evaluación. Mediante su participación en estos grupos de expertos, los países se aseguran de que los instrumentos elaborados tienen validez internacional y toman en consideración los contextos culturales y educativos de los países miembros de la OCDE. Igualmente, constatan que los materiales de evaluación constituyen poderosas herramientas de medición y hacen hincapié en la autenticidad y la validez educativa.

Los países participantes ponen en práctica PISA a escala nacional a través de los Coordinadores Nacionales del Proyecto (NPM, siglas inglesas), según los procedimientos de gestión acordados. El papel de los Coordinadores Nacionales del Proyecto es fundamental, pues a la vez que garantizan la máxima calidad en la puesta en práctica del programa, se ocupan de verificar y evaluar los resultados de los distintos estudios, análisis, informes y publicaciones.

El diseño y la ejecución de los estudios, dentro del marco establecido por la PGB, corresponde a un consorcio internacional presidido por el *Australian Council for Educational Research* [Consejo Australiano para la Investigación sobre Educación]. Otros organismos asociados a este consorcio son el *Netherlands National Institute for Educational Measurement* (CITO) [Instituto Nacional de los Países Bajos para la Medición Educativa], la empresa WESTAT y el *Educational Testing Service (*ETS) [Servicio de Evaluación Educativa] de Estados Unidos, y el *National Institute for Educational Policy Research* del Japón (NIER) [Instituto Nacional para la Investigación de la Política Educativa].

El Secretariado de la OCDE ejerce el control ejecutivo global sobre el programa, supervisa el día a día de su realización, hace las funciones de secretariado de la PGB, acerca posturas entre los países y sirve de interlocutor entre la PGB y el consorcio internacional encargado de la aplicación del programa. Al Secretariado de la OCDE corresponde también la responsabilidad de la elaboración de indicadores, así como el análisis y la preparación de informes y publicaciones a escala internacional en cooperación con el consorcio PISA y en estrecho contacto con los países miembros tanto en el nivel político (PGB) como en el nivel ejecutivo (Coordinadores Nacionales del Proyecto).

Desde que se inició el programa en 1997, la elaboración de los marcos de la evaluación de PISA ha sido un empeño constante, cuyo proceso puede describirse como una secuencia compuesta por los siguientes pasos:

- Elaboración de una definición de trabajo para el área de evaluación y descripción de los supuestos que sirven de base a dicha definición.
- Evaluación del modo en que han de organizarse las tareas para poder informar a los responsables políticos y a los investigadores sobre el rendimiento de los alumnos en cada una de las áreas e identificación de los rasgos clave que deben ser tenidos en cuenta a la hora de elaborar pruebas de evaluación adecuadas a un uso internacional.
- Determinación de la operatividad de los rasgos clave que se emplearán en la elaboración de las pruebas, recurriendo a definiciones basadas en la bibliografía existente y en la experiencia de otras evaluaciones a gran escala.
- Validación de las variables y evaluación de la contribución que hace cada una de ellas a la comprensión de la dificultad que pueden presentar las tareas en los distintos países participantes.
- Preparación de un esquema de interpretación de los resultados.

Aunque la principal ventaja de elaborar y validar un marco de evaluación para cada una de las áreas reside en la obtención de mejores herramientas de medición, existen además otras ventajas potenciales:

- Un marco de evaluación proporciona un lenguaje común y un vehículo para debatir cuáles son los objetivos de la evaluación y qué es lo que se pretende medir. Este debate, a su vez, fomenta el desarrollo de un consenso en torno al marco de la evaluación y los objetivos de la medición.
- Un análisis de los tipos de conocimientos y habilidades que se asocian a un rendimiento satisfactorio proporciona una base para establecer estándares o niveles de aptitud. A medida que va evolucionando la comprensión de lo que se está midiendo y la capacidad de interpretar las calificaciones según una determinada escala, se puede ir desarrollando una base empírica que permita comunicar un caudal de información más rico a los distintos sectores a los que se dirige el estudio.
- La identificación y comprensión de las variables concretas que subyacen a un rendimiento satisfactorio fomenta la capacidad de evaluar lo que se está midiendo y posibilita introducir cambios en la evaluación a lo largo del tiempo.

Una mejor comprensión de lo que se está midiendo y de su conexión con lo que se dice acerca de los alumnos proporciona un importante vínculo entre las políticas públicas, la evaluación y la investigación, lo cual, a su vez, refuerza la utilidad de los datos recogidos.

© OCDE 2006

1

La Competencia Científica

INTRODUCCIÓN

Por su condición de área de evaluación prioritaria, la *competencia científica* tiene especial relevancia en PISA 2006. Al ser la primera vez que dicha competencia se evalúa de una forma tan detallada, el área ha experimentado un intenso proceso de reelaboración desde el estudio de 2003, que comporta, entre otras cosas, una interpretación más amplia de la materia objeto de evaluación. Esto implica no solo una descripción más pormenorizada de la competencia científica, sino también una importante innovación en el enfoque de la evaluación, que repercutirá en el conjunto de PISA en el futuro. Por vez primera se incluyen en el estudio principal una serie de preguntas de actitud adjuntas a la evaluación de los conocimientos y habilidades cognitivas. Llevar a cabo una investigación que permita determinar en qué medida las cuestiones que se plantean en el curso de la prueba de evaluación despiertan el interés de los alumnos contribuye a fortalecer la evaluación de una serie de elementos relativos a la actitud y la motivación que serán importantes en el futuro compromiso con la ciencia. Con anterioridad, las preguntas referidas a estos aspectos se hallaban limitadas a un cuestionario independiente donde se preguntaba de una forma más general sobre el interés y la motivación.

La comprensión de las ciencias y la tecnología resulta crucial para la preparación para la vida de los jóvenes en la sociedad contemporánea. Mediante ella, el individuo puede participar plenamente en una sociedad en la que las ciencias y la tecnología desempeñan un papel fundamental. Esta comprensión faculta asimismo a las personas para intervenir con criterio en la definición de las políticas públicas relativas a aquellas materias científicas o tecnológicas que repercuten en sus vidas. En suma, comprender las ciencias y la tecnología influye de manera significativa en la vida personal, social, profesional y cultural de todas las personas.

Un alto porcentaje de los problemas, situaciones y asuntos a los que deben hacer frente las personas en sus vidas cotidianas requieren un cierto grado de conocimiento de las ciencias y la tecnología antes de poder ser valorados, comprendidos o abordados. Las personas se enfrentan a cuestiones con un componente científico o tecnológico tanto a nivel personal como a nivel comunitario, nacional e incluso global y, por tanto, se debería animar a los dirigentes nacionales a interrogarse sobre el grado de preparación que tienen los individuos de sus respectivos países para abordar este tipo de cuestiones. No obstante, quizá sea aún más importante preguntarse cómo responden ante estas cuestiones los alumnos de 15 años. Contestar a esta pregunta proporcionará un indicador anticipado sobre la forma en que responderán en un momento posterior de sus vidas ante la gran diversidad de situaciones vitales en las que se hallan presentes las ciencias y la tecnología.

Para establecer las bases de una evaluación internacional de los jóvenes de 15 años parece, pues, razonable formularse la siguiente pregunta: «¿Qué es importante que sepan, valoren y sean capaces de realizar los ciudadanos en las situaciones que comportan un contenido científico o tecnológico?». Responder a esta pregunta supone determinar los cimientos de la evaluación en los siguientes términos: los conocimientos, valores y habilidades que poseen hoy los estudiantes se relacionan con lo que necesitarán en el futuro. En este sentido, la clave de la respuesta reside en el conjunto de competencias concretas que se encuentran en el núcleo mismo de la definición que hace PISA 2006 del concepto de *competencia científica*. Mediante ellas se interroga sobre la capacidad de los estudiantes a la hora de:

- identificar cuestiones científicas,
- explicar fenómenos científicamente,
- utilizar pruebas científicas.

© OCDE 2006

Estas capacidades concretas requieren que los alumnos den muestra, por un lado, de sus conocimientos y sus destrezas cognitivas y, por otro, de sus actitudes, valores y motivaciones al abordar y dar respuesta a las cuestiones relacionadas con las ciencias.

Identificar lo que deben conocer, valorar y ser capaces de realizar los ciudadanos en las situaciones que comportan aspectos científicos y tecnológicos puede parecer una tarea bastante clara y sencilla. Hacerlo, no obstante, significa plantearse la cuestión de la comprensión científica, sin que ello implique un dominio del conjunto del conocimiento científico. En este sentido, el principio rector por el que se guiará el presente marco de evaluación serán las necesidades de los ciudadanos. En su condición de ciudadano, ¿qué conocimiento es el más indicado para una persona? La respuesta a esta pregunta incluye sin duda los conceptos básicos de las disciplinas científicas, pero ese conocimiento ha de ser a su vez utilizado en los contextos que los individuos se encuentran en sus vidas. Por otra parte, resulta bastante normal que las personas se vean en situaciones que requieren un cierto grado de conocimiento de la ciencia, entendida como un proceso que genera conocimiento y postula explicaciones del mundo natural[1]. Finalmente, los ciudadanos también deben ser conscientes de las relaciones complementarias que se dan entre las ciencias y la tecnología, así como de la ubicua influencia que ejercen las tecnologías de base científica sobre la naturaleza de la vida moderna.

¿Qué aspectos de las ciencias y la tecnología deben valorar los ciudadanos? La respuesta debería incluir el papel y la contribución de las ciencias y las tecnologías de base científica a la sociedad, así como su importancia en muchos contextos personales, sociales y globales. Es razonable esperar, por tanto, que los individuos se muestren interesados en las ciencias, apoyen los procesos de investigación científica y adopten una actitud responsable en relación con los recursos naturales y el medio ambiente.

¿Qué actividades relacionadas con las ciencias debe ser capaz de realizar una persona? Cualquier individuo se ve a menudo en la necesidad de extraer conclusiones adecuadas a partir de una serie de pruebas e informaciones que se le han suministrado. Asimismo, puede tener que evaluar las afirmaciones de terceros sobre la base de las pruebas presentadas o diferenciar entre una opinión personal y una aseveración basada en pruebas. En muchas ocasiones, las pruebas presentes en este tipo de situaciones tienen un carácter científico. No obstante, las ciencias también pueden desempeñar un papel de carácter más general debido a su estrecha vinculación con la aplicación de criterios racionales para contrastar ideas y teorías con las pruebas disponibles. Esto no significa, por supuesto, una negación de la importancia que tienen la creatividad y la imaginación en las ciencias, dos aspectos que siempre han desempeñado un papel crucial en el progreso de la comprensión humana del mundo.

¿Poseen los ciudadanos la capacidad de diferenciar las afirmaciones dotadas de solidez científica de las que carecen de ella? No es habitual que se pida al ciudadano medio que emita un juicio sobre la validez de las principales teorías científicas o sobre los potenciales avances de la ciencia. En cambio, lo que sí que hacen es tomar decisiones basándose en los datos que presentan los anuncios, en las pruebas esgrimidas en cuestiones jurídicas o en informaciones concernientes a su salud o a los temas relacionados con el medio ambiente y los recursos de su entorno más inmediato. Una persona cultivada debería ser capaz de distinguir el tipo de cuestiones a las que pueden dar respuesta los científicos, o el tipo de problemas que pueden ser solucionados mediante la aplicación de tecnologías de base científica, de aquellas otras que no pueden responderse ni solucionarse de esa manera.

DEFINICIÓN DEL ÁREA DE EVALUACIÓN

Las teorías actuales sobre los objetivos a los que debe aspirar la educación en ciencias hacen especial hincapié en la asimilación del conocimiento científico (que comprende también el conocimiento del enfoque científico de la investigación) y en la valoración del aporte que hacen las ciencias a la sociedad. Para alcanzar estos objetivos es necesario comprender los principales conceptos y explicaciones de la ciencia, pero también ser capaz de reconocer sus virtudes y sus limitaciones en el mundo en que vivimos. Otro objetivo sería, por tanto, desarrollar una actitud crítica y un enfoque reflexivo ante la ciencia (Millar y Osborne, 1998).

Son estos objetivos los que indican dónde se ha de poner el énfasis y cómo debe orientarse la formación en ciencias de todas las personas (Fensham, 1985). En consecuencia, las competencias que evalúa PISA 2006 son lo más amplias posible e incluyen aquellos aspectos que se relacionan con la utilidad personal, la responsabilidad social y el valor intrínseco y extrínseco del conocimiento científico.

Lo señalado hasta ahora sirve de marco para uno de los puntos clave de la evaluación en ciencias de PISA 2006. La evaluación debe centrarse en aquellas competencias que sirvan para clarificar lo que los alumnos de 15 años conocen, valoran y son capaces de realizar dentro de unos contextos personales, sociales y globales definidos de una forma razonable y adecuada. Esta perspectiva difiere de aquellas otras que se sustentan exclusivamente en los programas escolares de ciencias y recurren profusamente a las disciplinas científicas, pues en este caso se incluyen los contextos educativos y profesionales y se reconoce el lugar preeminente que corresponde al conocimiento, los métodos, las actitudes y los valores que definen las disciplinas científicas. El término que mejor engloba los objetivos generales de la evaluación en ciencias de PISA 2006 es el de *competencia científica* (Bybee, 1997b; Fensham, 2000; Graber y Bolte, 1997; Mayer, 2002; Roberts, 1983; Unesco, 1993).

PISA 2006 se propone evaluar los aspectos cognitivos y afectivos de la *competencia científica* de los alumnos. Los aspectos cognitivos incluyen el conocimiento al que han de recurrir los alumnos, así como su capacidad de hacer uso del mismo de forma eficiente cuando llevan a cabo ciertos procesos cognitivos propios de las ciencias y de las investigaciones científicas que tienen relevancia a nivel personal, social y global. A la hora de evaluar las competencias científicas, PISA se interesa particularmente por aquellas cuestiones a las que el conocimiento científico puede realizar una aportación y que, ahora o en un futuro, harán que los estudiantes se vean involucrados en los procesos de toma de decisiones. Desde la perspectiva de sus competencias científicas, los alumnos abordan estas cuestiones según su grado de comprensión de los conocimientos científicos pertinentes, su capacidad

Cuadro 1.1 ▪ **Conocimiento científico: terminología de PISA 2006**

El término «conocimiento científico» que se emplea a lo largo de este marco de evaluación hace referencia conjuntamente al *conocimiento de la ciencia* y al *conocimiento acerca de la ciencia*. Por *conocimiento de la ciencia* se entiende el conocimiento del mundo natural a través de las principales disciplinas científicas, esto es, la física, la química, la biología, las ciencias de la Tierra y del espacio y las tecnologías de base científica. Por su parte, el *conocimiento acerca de la ciencia* hace referencia al conocimiento de los medios (investigación científica) y las metas (explicaciones científicas) de la ciencia.

© OCDE 2006

para acceder a la información y evaluarla, su capacidad para interpretar las pruebas que hagan al caso y su capacidad para identificar los aspectos científicos y tecnológicos de la cuestión planteada (Koballa, Kemp y Evans, 1997; Law, 2002). Además de estos aspectos cognitivos, también se toma en consideración la respuesta afectiva de los alumnos: los aspectos relacionados con la actitud contribuyen a despertar el interés del alumno y a mantener su apoyo a las ciencias, a la vez que lo motivan a actuar (Shibeci, 1984). Todas estas consideraciones nos conducen a la definición del concepto clave de *competencia científica* de PISA 2006.

El término *competencia científica* ha sido elegido por las siguientes razones: es aceptado como un término que representa las metas de la educación en ciencias que son aplicables a todos los estudiantes; connota la gran amplitud y el carácter aplicado que tiene como objetivo la educación en ciencias; representa un continuo que engloba tanto el conocimiento científico como las habilidades científicas asociadas a la investigación en ciencias; incorpora una multiplicidad de dimensiones e incluye las relaciones entre la ciencia y la tecnología. En su conjunto, las competencias específicas que constituyen el núcleo de la definición caracterizan los fundamentos de la *competencia científica* en su sentido más amplio, así como el objetivo de la evaluación en ciencias de PISA 2006, que no es otro que evaluar el nivel de competencia alcanzado por los alumnos. (Bybee, 1997a; Fensham, 2000; Law, 2002; Mayer y Kumano, 2002).

Cuadro 1.2 ▪ ***La competencia científica* en PISA 2006**

A efectos de la evaluación PISA 2006, el concepto de *competencia científica*[2] aplicado a un individuo concreto hace referencia a los siguientes aspectos:

- el conocimiento científico y el uso que se hace de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas sobre temas relacionados con las ciencias;
- la comprensión de los rasgos característicos de la ciencia, entendida como una forma del conocimiento y la investigación humanos;
- la conciencia de las formas en que la ciencia y la tecnología moldean nuestro entorno material, intelectual y cultural;
- la disposición a implicarse en asuntos relacionados con la ciencia y a comprometerse con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo.

Las observaciones que siguen contribuirán a clarificar esta definición.

Competencia científica

El empleo del término «competencia científica» en lugar del término «ciencia» pone de relieve la importancia que concede la evaluación PISA 2006 a la aplicación del conocimiento científico al contexto de las situaciones vitales, a la vez que se contrapone a la mera reproducción del conocimiento científico que caracteriza la enseñanza escolar. El uso funcional del conocimiento comporta la aplicación de los procesos que caracterizan a las ciencias y al método de investigación científica (las competencias específicas de las ciencias), y viene determinado por la apreciación, el interés, los valores y los actos de los individuos en relación con los asuntos científicos. La capacidad de un alumno para poner en práctica sus competencias científicas conlleva necesariamente el conocimiento de la ciencia,

así como la comprensión de los rasgos propios de la ciencia, entendida como un método para adquirir conocimientos (esto es, el conocimiento acerca de la ciencia). La definición reconoce asimismo que la disposición a ejercitar estas competencias concretas depende de las actitudes del individuo hacia las ciencias y de su disposición a implicarse en cuestiones relacionadas con las ciencias.

El conocimiento científico y el uso que se hace de ese conocimiento para identificar cuestiones, adquirir nuevos conocimientos, explicar fenómenos científicos y extraer conclusiones basadas en pruebas

Según esta definición de la *competencia científica*, el conocimiento entraña mucho más que la capacidad de recordar información, hechos y nombres. La definición hace referencia tanto al conocimiento de la ciencia (el conocimiento del mundo natural) como al conocimiento acerca de la propia ciencia. El primero de ellos comporta la comprensión de los conceptos y las teorías científicas fundamentales, mientras que el segundo implica comprender la naturaleza de la ciencia como actividad humana, así como el poder y las limitaciones del conocimiento científico. Las cuestiones que se han de identificar son aquellas a las que puede dar respuesta la investigación científica, lo cual, una vez más, requiere un conocimiento acerca de la ciencia y un conocimiento científico de los temas pertinentes. Especial relevancia para la definición de la *competencia científica* tiene el hecho de que, a la hora de adquirir nuevos conocimientos, las personas en muchas ocasiones no pueden llevar a cabo sus propias investigaciones, sino que deben acudir a otras fuentes, como son las bibliotecas o Internet. Extraer conclusiones basadas en pruebas supone seleccionar y evaluar la información y los datos, sabiendo reconocer al mismo tiempo que a menudo no se dispone de información suficiente para extraer una conclusión definitiva, lo cual obliga a especular sobre la información disponible de forma consciente y con la debida cautela.

Los rasgos característicos de la ciencia, entendida como una forma del conocimiento y la investigación humanos

Como ya se ha señalado, la *competencia científica* implica que los alumnos deben tener un cierto conocimiento de la forma en que los científicos obtienen datos y plantean explicaciones, así como la capacidad de reconocer los rasgos esenciales de las investigaciones científicas y los tipos de respuesta que es razonable obtener por medio de la ciencia. Deben saber, por ejemplo, que los científicos recurren a la observación y los experimentos para recopilar datos sobre los objetos, los organismos y los sucesos del mundo natural. Esos datos se utilizan luego para proponer explicaciones que pasan a ser del dominio público y pueden ser empleadas en diversos tipos de actividades humanas. De hecho, la recogida y la utilización de datos constituyen dos elementos clave de las ciencias. La recogida de datos, en concreto, se guía por ideas y conceptos (a veces planteados en forma de hipótesis), y conlleva las nociones de relevancia, contexto y precisión, así como el carácter provisional de los conocimientos postulados, la receptividad a la revisión escéptica, el empleo de argumentos lógicos y la obligación de establecer nexos con el conocimiento actual e histórico y de dar cuenta de los métodos y procedimientos empleados para la obtención de pruebas.

Las formas en que la ciencia y la tecnología moldean nuestro entorno material, intelectual y cultural

Los puntos clave de esta afirmación residen en la idea de que la ciencia constituye una empresa humana y que dicha empresa ejerce una notable influencia en nuestras sociedades y en nosotros mismos como individuos. La categorización de empresa humana es aplicable asimismo al desarrollo

tecnológico (Fleming, 1989). Aun cuando la ciencia y la tecnología difieren hasta cierto punto en sus objetivos, procesos y realizaciones, lo cierto es que se encuentran estrechamente relacionadas y, en muchos aspectos, resultan complementarias. A este respecto, la definición de *competencia científica* que aquí se postula incluye tanto la naturaleza de la ciencia y la tecnología como sus relaciones de complementariedad. A través de las políticas públicas, los individuos tomamos decisiones que influyen en la orientación de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, el papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad tiene un componente paradójico, pues a la vez que plantean respuestas a interrogantes y dan soluciones a problemas, pueden ser el origen de nuevos interrogantes y problemas.

La disposición a implicarse en asuntos relacionadas con la ciencia y a comprometerse con las ideas de la ciencia como un ciudadano reflexivo

El alcance de los significados que conlleva la primera parte de esta aseveración va más allá de la mera toma de apuntes o la realización ocasional de alguna práctica científica. Implica que se mantiene un interés continuado por la ciencia, que se tienen opiniones sobre ella y que se participa en actividades actuales y futuras de carácter científico. La segunda parte de la aseveración cubre varios aspectos de las actitudes y los valores de los individuos en relación con la ciencia. La frase hace referencia a una persona que se interesa por los temas científicos, piensa en temas de carácter científico, tiene interés en cuestiones relacionadas con la tecnología, los recursos y el medio ambiente, y reflexiona sobre la importancia de la ciencia desde una perspectiva personal y social.

Como no podía ser de otra manera, la *competencia científica* recurre a la competencia en matemáticas y en lectura (Norris y Phillips, 1003). La *competencia lectora*, por ejemplo, puede resultar necesaria para que un estudiante demuestre su comprensión de la terminología científica. De modo similar, en un contexto de interpretación de datos, pueden ser necesarios diversos aspectos de la *competencia matemática*. Si bien la intersección de estas otras competencias con la definición y la evaluación de la competencia científica de PISA 2006 es algo inevitable, en el núcleo de cada una de las tareas de evaluación deberá haber siempre determinados aspectos que pertenezcan de manera inequívoca al campo de la *competencia científica*.

En comparación con la definición de *competencia científica* de las evaluaciones PISA 2000 y 2003, la definición de 2006 presenta un mayor grado de elaboración, así como una serie de mejoras. En las anteriores evaluaciones, donde las ciencias eran un área secundaria, la *competencia científica* se definía en los siguientes términos:

> La *competencia científica* es la capacidad de utilizar el conocimiento científico, identificar cuestiones científicas y sacar conclusiones basadas en pruebas con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones relativas al mundo natural y a los cambios que ha producido en él la actividad humana (OCDE, 1999, 2000, 2003a).

Las aseveraciones iniciales de las definiciones de 2000, 2003 y 2006 son sustancialmente las mismas, puesto que en todos los casos se centran en el uso que hacen los individuos del conocimiento científico con el fin de sacar conclusiones. Sin embargo, mientras que en las definiciones de 2000 y 2003 el conocimiento de la ciencia y la comprensión acerca de la ciencia se englobaban dentro de la noción de conocimiento científico, la definición de 2006 desglosa y desarrolla este aspecto de la *competencia científica* mediante la adición de unos términos que ponen de relieve el conocimiento que tienen los alumnos acerca de los rasgos característicos de la ciencia. Ambas definiciones se refieren luego a la aplicación del conocimiento científico con el fin de comprender y tomar decisiones sobre el mundo

natural. En PISA 2006 esta parte de la definición se mejora al añadir el conocimiento de las relaciones entre ciencia y tecnología, un aspecto de la *competencia científica* que, si bien no se llegaba a desarrollar, se presuponía en las definiciones anteriores. En el mundo actual, la ciencia y la tecnología se hallan estrechamente ligadas y es frecuente que se den relaciones sinérgicas entre ambas.

En contraposición con las definiciones anteriores, la definición de *competencia científica* de PISA 2006 se ha ampliado para incluir de forma explícita distintos aspectos de la actitud que manifiestan los alumnos ante aquellas cuestiones dotadas de relevancia científica y tecnológica. En suma, exceptuada la inclusión del elemento de actitud, la definición de 2006 concuerda conceptualmente con la definición de 2000/2003. Otros cambios, como son el desarrollo del concepto del conocimiento acerca de la ciencia o la noción de la tecnología de base científica, se limitan a enfatizar unos aspectos concretos que ya estaban englobados o implícitos en las definiciones anteriores.

ORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE EVALUACIÓN

En la definición aquí propuesta, la *competencia científica* se concibe como un continuo que abarca desde los niveles de *competencia científica* más bajos hasta los más avanzados. Dicho de otra manera, se considera que las personas poseen diversos grados de *competencia científica* y no que posean o carezcan de *competencia científica* en términos absolutos (Bybee, 1997a y 1997b). Por ejemplo, un estudiante con un nivel de competencia menos desarrollado puede ser capaz de recordar conocimientos científicos factuales sencillos y de emplear conocimientos científicos de uso corriente para sacar y evaluar conclusiones. En cambio, un alumno con un nivel de *competencia científica* más avanzado podrá crear y emplear modelos con objeto de hacer predicciones y dar explicaciones, analizar investigaciones científicas, relacionar entre sí datos que puedan constituirse en pruebas, evaluar explicaciones alternativas de un mismo fenómeno y exponer sus conclusiones con precisión.

A efectos de esta evaluación, la definición de *competencia científica* de PISA 2006 puede caracterizarse por cuatro aspectos interrelacionados:

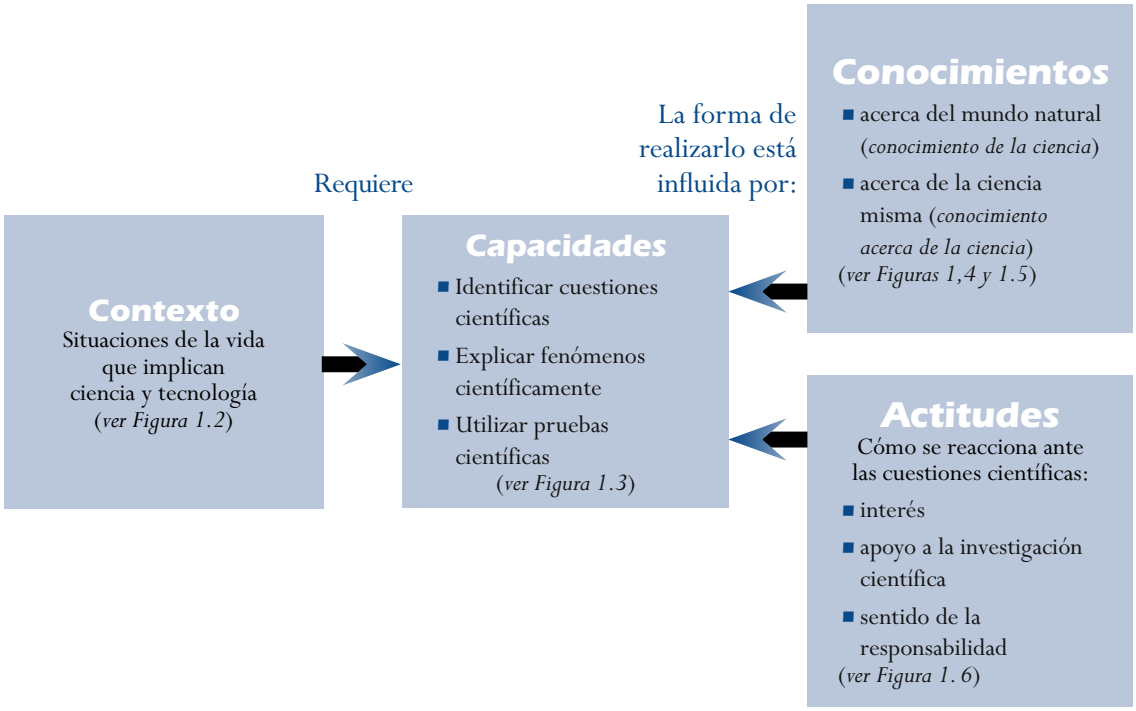
- *Contexto:* reconocer las situaciones de la vida dotadas de un contenido científico y tecnológico.
- *Conocimientos*: comprender el mundo natural por medio del conocimiento científico, en el que se incluye tanto el conocimiento del mundo natural como el conocimiento acerca de la propia ciencia.
- *Capacidades:* acreditar que se poseen una serie de capacidades, como identificar cuestiones científicas, explicar fenómenos científicamente y extraer conclusiones basadas en pruebas.
- *Actitudes*: mostrar interés por la ciencia, respaldar la investigación científica y contar con la motivación necesaria para actuar de forma responsable en relación, por ejemplo, con los recursos naturales y los ambientes.

Los apartados que vienen a continuación reafirman y desarrollan los aspectos organizativos de la *competencia científica*. Al resaltar estos aspectos, el marco de competencia científica de PISA 2006 se asegura de que la evaluación se centra en los rendimientos de la educación en ciencias en su conjunto. Una serie de preguntas, basadas en la perspectiva que adopta PISA 2006 con respecto a la *competencia científica* subyacen a la organización de este apartado del marco de evaluación. Son las siguientes:

- ¿Qué *contextos* son los más adecuados para evaluar a los alumnos de 15 años?
- ¿Qué *capacidades* cabe esperar razonablemente que tengan los alumnos de 15 años?
- ¿Qué *conocimientos* cabe esperar razonablemente que tengan los alumnos de 15 años?
- ¿Qué *actitudes* cabe esperar razonablemente que tengan los alumnos de 15 años?

© OCDE 2006

Figura 1.1 ■ **Marco de la evaluación en ciencias de PISA 2006**



SITUACIONES Y CONTEXTO

Un aspecto importante de la *competencia científica* hace referencia al grado de compromiso con la ciencia en una diversidad de situaciones. De hecho, a la hora de abordar cuestiones de carácter científico, la elección de los métodos y las representaciones a menudo depende de las situaciones en las que dichas cuestiones se presentan.

La situación es la parte del universo del estudiante en que se sitúan las tareas que se han de realizar. A este respecto, conviene señalar que los ejercicios de evaluación no se limitan a las situaciones propias del entorno escolar, sino que se presentan enmarcados en una serie de situaciones comunes de la vida real. En la evaluación PISA 2006, los ejercicios están centrados en situaciones relacionadas con el yo, la familia y los grupos de compañeros (*personal*), la comunidad (*social*) y la vida a escala mundial (*global*). Otro tipo de situación, que puede ser adecuada para algunos temas, es la *histórica*, a través de la cual se puede evaluar el grado de comprensión de los avances del conocimiento científico.

Por su parte, el contexto de un ejercicio es el marco concreto en que se presenta una determinada situación. En él se incluyen todos los pormenores empleados para formular la pregunta.

PISA 2006 evalúa los principales conocimientos científicos relevantes en los currículos educativos de ciencias de los países participantes, pero sin restringirse a los elementos compartidos por los currículos nacionales de los distintos países. A tal efecto, la evaluación requiere pruebas del uso satisfactorio de las capacidades científicas en situaciones importantes que reflejen el mundo y se ajusten al carácter central que PISA concede al concepto de *competencia científica*. Esto conlleva, a su vez, la aplicación de una serie de conocimientos sobre el mundo natural y sobre la propia ciencia, así como una evaluación de la actitud de los alumnos hacia las ciencias.

La Figura 1.2 proporciona un listado de las aplicaciones de la ciencia dentro de unas situaciones *personales*, *sociales* y *globales* cuya principal función es servir de contextos para los ejercicios de evaluación. En algunas ocasiones, no obstante, se recurre también a otro tipo de situaciones (por ejemplo, *tecnológicas*, *históricas*), así como a otras áreas de aplicación. Las aplicaciones se extraen de un abanico de situaciones de la vida que, en términos generales, concuerdan con las áreas de aplicación de la *competencia científica* definidas en los marcos de la evaluación de PISA 2000 y 2003. Estas áreas de aplicación son: «la salud», «los recursos naturales», «el medio ambiente», «los riesgos» y «las fronteras de la ciencia y la tecnología». Se trata de unas áreas en las que la *competencia científica* resultará de gran valor para los individuos y las comunidades a la hora de mejorar y mantener los niveles de calidad de vida y de desarrollar políticas públicas.

La evaluación en ciencias de PISA no es una evaluación de contextos. Lo que se evalúa son capacidades, conocimientos y actitudes, según se presentan o se relacionan con unos determinados contextos. A la hora de seleccionar los contextos, es importante tener presente que lo que se pretende evaluar son las capacidades científicas, el grado de asimilación de los conocimientos y las actitudes que han adquirido los alumnos al llegar al final de su etapa de educación obligatoria.

Los contextos que se emplean en los ejercicios de evaluación se eligen atendiendo a su relevancia para los intereses y la vida de los alumnos. En la elaboración de los ejercicios de ciencias se toman también en consideración las diferencias lingüísticas y culturales de los países participantes.

Figura 1.2 ■ **Contextos de la evaluación en ciencias PISA 2006**

	Personal (yo, familia y compañeros)	**Social** (la comunidad)	**Global** (la vida en todo el mundo)
Salud	Conservación de la salud, accidentes, nutrición	Control de enfermedades, transmisión social, elección de alimentos, salud comunitaria	Epidemias, propagación de enfermedades infecciosas
Recursos naturales	Consumo personal de materiales y energía	Manutención de poblaciones humanas, calidad de vida, seguridad, producción y distribución de alimentos, abastecimiento energético	Renovables y no renovables, sistemas naturales, crecimiento demográfico, uso sostenible de las especies
Medio ambiente	Comportamientos respetuosos con el medio ambiente, uso y desecho de materiales	Distribución de la población, eliminación de residuos, impacto medioambiental, climas locales	Biodiversidad, sostenibilidad ecológica, control demográfico, generación y pérdida de suelos
Riesgos	Naturales y provocados por el hombre, decisiones sobre la vivienda	Cambios rápidos (terremotos, rigores climáticos), cambios lentos y progresivos (erosión costera, sedimentación), evaluación de riesgos	Cambio climático, impacto de las modernas técnicas bélicas
Fronteras de la ciencia y la tecnología	Interés por las explicaciones científicas de los fenómenos naturales, aficiones de carácter científico, deporte y ocio, música y tecnología personal	Nuevos materiales, aparatos y procesos, manipulación genética, tecnología armamentística, transportes	Extinción de especies, exploración del espacio, origen y estructura del universo

El Ejemplo de Ciencias 1 forma parte de una unidad titulada *CAPTURAR AL ASESINO*. El material de estímulo lo proporciona un artículo que establece el contexto de la unidad. El área de aplicación es «Fronteras de la ciencia y la tecnología» dentro de un marco social.

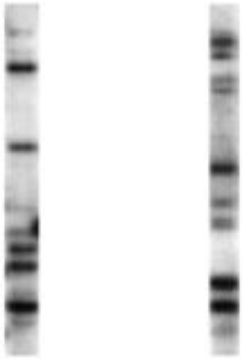
© OCDE 2006

Ejemplo de Ciencias 1: CAPTURAR AL ASESINO

EMPLEO DEL ADN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE UN ASESINO

Smithville, ayer: Un hombre ha fallecido hoy en Smithville después de recibir múltiples puñaladas. Según fuentes policiales, había señales de lucha y parte de la sangre hallada en la escena del crimen no se corresponde con la sangre de la víctima. Sospechan que dicha sangre pertenece al asesino.

Para ayudar a capturar al culpable, los miembros de la policía científica han elaborado un perfil del ADN de la muestra de sangre. Tras ser comparado con los perfiles de ADN de los criminales convictos que se almacenan en las bases de datos informatizadas, no se ha hallado ningún perfil que concuerde con el de la muestra.



Individuo A **Individuo B**

Foto de perfiles típicos de ADN pertenecientes a dos individuos. Las barras se corresponden con distintos fragmentos del ADN de cada uno de los individuos. Cada persona posee un patrón de barras diferente. Al igual que sucede con las huellas dactilares, los patrones que siguen las barras permiten identificar a las personas.

La policía ha arrestado a un habitante de la localidad al que se vio discutiendo con la víctima el mismo día horas antes. Ha pedido permiso para recoger una muestra de ADN de los sospechosos.

Según el sargento Brown de la policía de Smithville: «Se trata tan solo de extraer una muestra mediante un inofensivo raspado de la cara interna de la mejilla. A partir de esa muestra, los científicos pueden extraer el ADN y conformar un perfil de ADN como los que aparecen en la ilustración».

Dejando a un lado los casos de gemelos idénticos, las posibilidades de que dos personas compartan el mismo perfil de ADN son de 1 entre 100 millones.

Pregunta 1: CAPTURAR AL ASESINO

En este artículo periodístico se menciona una sustancia denominada ADN. ¿Qué es el ADN?

A. Una sustancia presente en las membranas celulares que impide que se salga el contenido de la célula.

B. Una molécula que contiene las instrucciones para la fabricación de nuestros cuerpos.

C. Una proteína presente en la sangre que ayuda a transportar oxígeno a los tejidos.

D. Una hormona de la sangre que ayuda a regular el contenido de glucosa en las células del cuerpo.

Pregunta 2: CAPTURAR AL ASESINO

¿Cuál de las siguientes preguntas no puede ser respondida mediante pruebas científicas?

A. ¿Cuál fue la causa médica o fisiológica del fallecimiento de la víctima?

B. ¿En quién pensaba la víctima cuando murió?

C. ¿Constituye el raspado de la mejilla una forma segura de recoger muestras de ADN?

D. ¿Poseen los gemelos idénticos exactamente el mismo perfil de ADN?

CAPACIDADES CIENTÍFICAS

La evaluación en ciencias de PISA 2006 da prioridad a las capacidades que aparecen en la Figura 1.3: la identificación de cuestiones de orientación científica; la descripción, explicación o predicción de fenómenos sobre la base del conocimiento científico; la interpretación de pruebas y conclusiones y la utilización de pruebas para tomar y comunicar decisiones. En todas estas capacidades se halla implícita la noción de conocimiento científico, que comporta tanto un conocimiento de la ciencia como un conocimiento acerca de la propia ciencia, entendida como un método de conocimiento y una forma de enfocar la investigación.

Ciertos procesos cognitivos poseen una especial significación y relevancia para la *competencia científica*. Entre los procesos cognitivos que se hallan implícitos en las capacidades científicas se cuentan: los razonamientos inductivos/deductivos, el pensamiento crítico e integrado, la conversión de representaciones (por ejemplo, de datos a tablas, de tablas a gráficos), la elaboración y comunicación de argumentaciones y explicaciones basadas en datos, la facultad de pensar en términos de modelos y el empleo de las matemáticas.

El énfasis que pone PISA 2006 en las capacidades científicas recogidas en la Figura 1.3 se justifica por la importancia que tales capacidades tienen para la investigación científica. Todas ellas se fundamentan en la lógica, el razonamiento y el análisis crítico. Lo que sigue es una explicación más detallada de las capacidades científicas.

Figura 1.3 ■ **Capacidades científicas en PISA 2006**

Identificar cuestiones científicas

- Reconocer cuestiones susceptibles de ser investigadas científicamente
- Identificar términos clave para la búsqueda de información científica
- Reconocer los rasgos clave de la investigación científica

Explicar fenómenos científicos

- Aplicar el conocimiento de la ciencia a una situación determinada
- Describir o interpretar fenómenos científicamente y predecir cambios
- Identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas

Utilizar pruebas científicas

- Interpretar pruebas científicas y elaborar y comunicar conclusiones
- Identificar los supuestos, las pruebas y los razonamientos que subyacen a las conclusiones
- Reflexionar sobre las implicaciones sociales de los avances científicos y tecnológicos

Identificar cuestiones científicas

Lo esencial en este caso es distinguir entre las cuestiones y contenidos científicos y otros tipos de cuestiones. El aspecto más importante es que las cuestiones científicas deben poder resolverse mediante respuestas basadas en pruebas de carácter científico. La capacidad *identificar cuestiones científi-*

© OCDE 2006

ficas implica reconocer interrogantes que pueden ser investigados científicamente en una situación dada e identificar términos clave para buscar información científica sobre un determinado tema. Incluye asimismo la capacidad de reconocer los rasgos característicos de una investigación de corte científico: por ejemplo, qué elementos deben ser comparados, qué variables deberían modificarse o someterse a control, qué información complementaria se requiere o qué medidas han de adoptarse para recoger los datos que hacen al caso.

Identificar cuestiones científicas requiere que los estudiantes posean un conocimiento acerca de la ciencia, aunque en ocasiones puede ser necesario recurrir también en mayor o menor grado al conocimiento de la ciencia. La Pregunta 2 de *CAPTURAR AL ASESINO* (Ejemplo de Ciencias 1) requiere que los alumnos identifiquen una cuestión que no puede ser investigada científicamente. El ejercicio evalúa por encima de todo el conocimiento que tienen los alumnos sobre el tipo de cuestiones que pueden ser investigadas científicamente. (Conocimiento acerca de la ciencia, categoría: «Investigación científica»), pero también presupone el conocimiento de la ciencia (categoría: «Sistemas vivos») que cabe esperar de un alumno de 15 años.

Explicar fenómenos científicamente

Los alumnos acreditan la capacidad *explicar fenómenos científicamente* aplicando el conocimiento de la ciencia adecuado a una determinada situación. Esta capacidad implica describir o interpretar fenómenos y predecir cambios, y puede incluir asimismo la capacidad de reconocer o identificar las descripciones, explicaciones y predicciones apropiadas al caso. La Pregunta 1 de *CAPTURAR AL ASESINO* (Ejemplo de Ciencias 1) requiere que los alumnos hagan uso de sus conocimientos de la ciencia (categoría: «Sistemas vivos») con el fin de identificar la descripción adecuada del ADN.

Utilizar pruebas científicas

La capacidad *utilizar pruebas científicas* requiere que los alumnos capten el sentido de los hallazgos científicos con el fin de utilizarlos como pruebas para realizar afirmaciones o extraer conclusiones. La respuesta requerida puede entrañar conocimiento acerca de la ciencia, conocimiento de la ciencia o ambos. La pregunta planteada en *MALARIA* (Ejemplo de Ciencias 2) requiere que los alumnos saquen una serie de conclusiones sobre el ciclo vital del mosquito basándose en las pruebas científicas que se presentan en el texto. El ejercicio evalúa principalmente la capacidad de los alumnos para interpretar una representación estándar (modelo) de un ciclo vital. Se trata, pues, de un conocimiento acerca de la ciencia (categoría: «Explicaciones científicas»; ver Figura 1.5).

Utilizar pruebas científicas conlleva la capacidad de acceder a información científica, así como la elaboración de argumentaciones y conclusiones basadas en pruebas científicas (Kuhn, 1992; Osborne, Erduran, Simon y Monk, 2001). Esta capacidad también puede englobar los siguientes aspectos: seleccionar conclusiones alternativas en función de las pruebas de que se dispone, dar razones a favor y en contra de una conclusión determinada, según los procesos empleados para llegar a dicha conclusión a partir de los datos disponibles e identificar los supuestos que se han asumido para llegar a la conclusión. La reflexión sobre las implicaciones sociales de los avances científicos o tecnológicos constituye otro aspecto de esta capacidad.

A los alumnos se les puede pedir asimismo que comuniquen sus pruebas y decisiones ante un público determinado, bien con sus propias palabras, bien mediante el uso de diagramas u otros sistemas de representación apropiados. En suma, los alumnos deberán ser capaces de presentar de forma lógica y clara las conexiones entre las pruebas y sus conclusiones o decisiones.

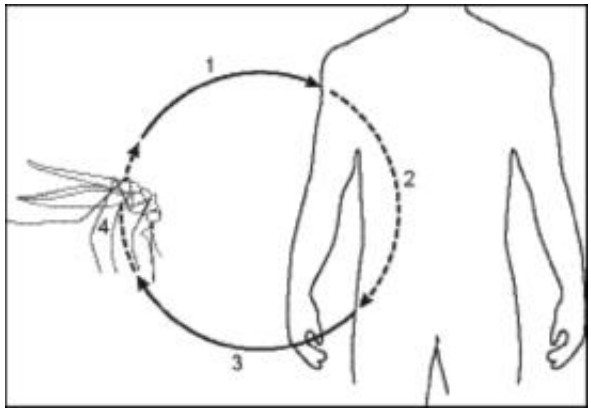
Ejemplo de Ciencias 2: MALARIA

La lucha contra la malaria, una enfermedad que causa más de un millón de muertes al año, se encuentra actualmente en crisis. La transmisión de la enfermedad entre las personas se produce a través de los mosquitos. El mosquito portador de la malaria se ha vuelto resistente a muchos pesticidas, y los medicamentos que se usan para combatir el parásito de la malaria cada vez son menos eficaces.

Ciclo vital del parásito de la malaria

1
El parásito de la malaria se transmite a los humanos a través de la picadura o mordedura de un mosquito hembra.

4
El parásito se reproduce también en el cuerpo del mosquito, aunque el mosquito no se ve afectado por la enfermedad.



2
El parásito se reproduce en el cuerpo humano y causa los primeros síntomas de la enfermedad.

3
El parásito se transmite a otro mosquito que muerde o pica a la persona infectada.

Pregunta 1: MALARIA

Debajo figuran tres métodos para impedir la propagación de la malaria.

¿Cuál de las etapas del ciclo vital del parásito de la malaria (1, 2, 3 y 4) se ve *directamente* afectada por cada uno de los métodos? *Rodea con un círculo la etapa afectada por cada uno de los métodos (una misma etapa puede verse afectada por más de un método).*

Métodos para impedir la propagación de la malaria	Etapas del ciclo vital del parásito afectadas
Dormir bajo una mosquitera	1 2 3 4
Tomar medicamentos contra la malaria	1 2 3 4
Utilizar pesticidas contra los mosquitos	1 2 3 4

CONOCIMIENTO CIENTÍFICO

Como se ha señalado con anterioridad, el «conocimiento científico» hace referencia tanto al *conocimiento de la ciencia* (conocimiento sobre el mundo natural) como al *conocimiento acerca de la ciencia* en sí misma.

Conocimiento de la ciencia

Dado que la evaluación en ciencias de PISA 2006 solo puede evaluar una muestra del conocimiento de la ciencia que poseen los alumnos, es importante establecer unos criterios claros a la hora de seleccionar los conocimientos que se van a evaluar. Ha de tenerse en cuenta, además, que el objetivo

© OCDE 2006

de PISA es describir en qué medida los alumnos son capaces de aplicar sus conocimientos a aquellos contextos que son relevantes para sus vidas. En consecuencia, los conocimientos evaluados se seleccionarán entre los campos de la física, la química, la biología, las ciencias de la Tierra y el espacio y la tecnología[3], atendiendo a los siguientes criterios:

- Relevancia para las situaciones vitales: el conocimiento científico se distingue por el grado de utilidad que tiene para la vida de los individuos.
- Los conocimientos seleccionados deben representar conceptos científicos importantes y, por tanto, de una utilidad duradera.
- Los conocimientos seleccionados deben ser adecuados al nivel de desarrollo de los alumnos de 15 años.

Figura 1. 4 ■ **Categorías del *conocimiento de la ciencia* en PISA 2006**

Sistemas físicos

- Estructura de la materia (por ejemplo, modelo de partículas, enlaces)
- Propiedades de la materia (por ejemplo, cambios de estado, conductividad térmica y eléctrica)
- Cambios químicos de la materia (por ejemplo, reacciones, transmisión de energía, ácidos/bases)
- Movimientos y fuerzas (por ejemplo, velocidad, fricción)
- La energía y su transformación (por ejemplo, conservación, desperdicio, reacciones químicas)
- Interacciones de la energía y la materia (por ejemplo, ondas de luz y de radio, ondas sónicas y sísmicas)

Sistemas vivos

- Células (por ejemplo, estructura y función, ADN, plantas y animales)
- Seres humanos (por ejemplo, salud, nutrición, subsistemas [es decir, digestión, respiración, circulación, excreción, y sus relaciones], enfermedades, reproducción)
- Poblaciones (por ejemplo, especies, evolución, biodiversidad, variación genética)
- Ecosistemas (por ejemplo, cadenas tróficas, flujo de materia y energía)
- Biosfera (por ejemplo, servicios del ecosistema, sostenibilidad)

Sistemas de la Tierra y el espacio

- Estructuras de los sistemas de la Tierra (por ejemplo, litosfera, atmósfera, hidrosfera)
- La energía en los sistemas terrestres (por ejemplo, fuentes, clima global)
- El cambio en los sistemas terrestres (por ejemplo, tectónica de placas, ciclos geoquímicos, fuerzas constructivas y destructivas)
- La historia de la Tierra (por ejemplo, fósiles, orígenes y evolución)
- La Tierra en el espacio (por ejemplo, gravedad, sistemas solares)

Sistemas tecnológicos

- Papel de la tecnología de base científica (por ejemplo, soluciona problemas, contribuye a satisfacer las necesidades y deseos de los seres humanos, diseña y desarrolla investigaciones)
- Relaciones entre la ciencia y la tecnología (por ejemplo, las tecnologías contribuyen al progreso científico)
- Conceptos (por ejemplo, optimización, compensaciones, costes, riesgos, beneficios)
- Principios importantes (por ejemplo, criterios, limitaciones, innovación, invención, solución de problemas)

La Figura 1.4 muestra las categorías del *conocimiento de la ciencia* y algunos ejemplos de los contenidos seleccionados al aplicar los criterios antes mencionados. Se trata de un conocimiento necesario para comprender el mundo natural y para dotar de sentido las experiencias que tienen lugar en los contextos *personales, sociales* y *globales*. Debido a ello, a la hora de describir los principales campos de conocimiento, el marco de la evaluación habla de «sistemas» en lugar de «ciencias». Lo que se intenta es transmitir la idea de que los ciudadanos deben comprender los conceptos relativos a las ciencias físicas y de la vida, las ciencias de la Tierra y el espacio y la tecnología en diferentes contextos.

Los ejemplos que se enumeran en la Figura 1.4 tan solo pretenden dar una idea de los significados de las categorías; en ningún momento se ha intentado realizar una lista exhaustiva de todos los conocimientos que pueden relacionarse con cada una de las categorías que comprende el *conocimiento de la ciencia*. En la Pregunta 1 de *CAPTURAR AL ASESINO* (Ejemplo de Ciencias 1), el *conocimiento de la ciencia* que se evalúa se situaría dentro de la categoría «Sistemas vivos».

Conocimiento acerca de la ciencia

En la Figura 1.5 se muestran las categorías y los ejemplos de contenido del *conocimiento acerca de la ciencia*. La primera de estas categorías, la «Investigación científica», se centra en la investigación considerada como uno de los procesos esenciales de las ciencias, así como en los diversos componentes de dicho proceso. La segunda categoría, que se encuentra estrechamente ligada a la investigación, la constituyen las «Explicaciones científicas». Las explicaciones científicas son un resultado de la investigación científica. Se podría pensar en la investigación como el método propio de la ciencia

Figura 1.5 ■ **Categorías del *conocimiento acerca de la ciencia* en PISA 2006**

Investigación científica

- Origen (por ejemplo, curiosidad, interrogantes científicos)
- Propósito (por ejemplo, obtener pruebas que ayuden a dar respuesta a los interrogantes científicos, las ideas/modelos/teorías vigentes orientan la investigación)
- Experimentos (por ejemplo, diversos interrogantes sugieren diversas investigaciones científicas, diseño de experimentos)
- Tipos de datos (por ejemplo, cuantitativos [mediciones], cualitativos [observaciones])
- Medición (por ejemplo, incertidumbre inherente, reproducibilidad, variación, exactitud/precisión de los equipos y procedimientos)
- Características de los resultados (por ejemplo, empíricos, provisionales, verificables, falsables, susceptibles de autocorrección)

Explicaciones científicas

- Tipos (por ejemplo, hipótesis, teorías, modelos, leyes)
- Formación (por ejemplo, representación de datos; papel del conocimiento existente y nuevas pruebas, creatividad e imaginación, lógica)
- Reglas (por ejemplo, han de poseer consistencia lógica y estar basadas en pruebas, así como en el conocimiento histórico y actual)
- Resultados (por ejemplo, producción de nuevos conocimientos, nuevos métodos, nuevas tecnologías; conducen a su vez a nuevos interrogantes e investigaciones)

© OCDE 2006

(la forma en que los científicos obtienen datos) y en las explicaciones como los objetivos de la ciencia (la forma en que los científicos usan los datos obtenidos). Los ejemplos que se enumeran en la Figura 1.5 se limitan a dar una idea de los significados de las respectivas categorías, sin pretender ofrecer un listado exhaustivo de todos los conocimientos relativos a cada una de las categorías.

El Ejemplo de Ciencias 3 pertenece a una unidad titulada *ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA*. El marco es «histórico» y su área de aplicación es «salud». Sus dos preguntas evalúan el conocimiento de los alumnos acerca de la ciencia, dentro de la categoría «Investigación científica». En la Pregunta 1 los alumnos deben identificar los posibles objetivos del estudio (capacidad: «Identificar cuestiones científicas). La capacidad de la Pregunta 2 corresponde igualmente a «Identificar cuestiones científicas» (más que a «Utilizar pruebas científicas»), pues la asunción más evidente (que los tres grupos de alumnos no diferían en nada sustancial) se relaciona con el propio diseño del estudio.

Ejemplo de Ciencias 3: ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA

En 1930 se llevó a cabo un estudio a gran escala en los colegios de una región de Escocia. Durante cuatro meses se suministró leche gratis a algunos alumnos y a otros no. Los directores de cada centro fueron los encargados de decidir qué alumnos recibirían leche. Esto es lo que sucedió:

- 5.000 colegiales recibieron una determinada cantidad de leche sin pasteurizar por cada día de colegio;
- otros 5.000 colegiales recibieron la misma cantidad de leche pasteurizada;
- 10.000 colegiales no recibieron ningún tipo de leche.

Tanto al principio como a la conclusión del estudio se pesó y se midió a los 20.000 colegiales participantes.

Pregunta 1: ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA

¿Es probable que alguna de estas preguntas formara parte del cuestionario de investigación del estudio? *Rodea «Sí» o «No» con un círculo para cada una de las preguntas.*

¿Es probable que esta fuera una de las preguntas del cuestionario de investigación del estudio?	¿Sí o No?
¿Qué hay que hacer para pasteurizar leche?	Sí / No
¿Qué efecto tiene en los colegiales beber un complemento adicional de leche?	Sí / No
¿Qué efecto tiene la pasteurización de la leche en el crecimiento de los colegiales?	Sí / No
¿Qué efecto tiene sobre la salud de los escolares el que vivan en una u otra región de Escocia?	Sí / No

Pregunta 2: ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA

Por término medio, los colegiales a los que se suministró leche durante la realización del estudio ganaron más estatura y más peso que los que no recibieron leche.

Así pues, una de las posibles conclusiones del estudio es que los colegiales que bebieron mucha leche crecieron más rápidamente que los que no bebieron mucha leche.

Indica un supuesto que habría que hacer sobre los grupos de colegiales que tomaron parte en el estudio para poder fiarse de esta conclusión.

ACTITUDES HACIA LA CIENCIA

La actitud de las personas desempeña un papel importante a la hora de determinar su interés, su atención y sus reacciones hacia la ciencia y la tecnología en general y hacia los temas relacionados con ellas en particular. Uno de los objetivos de la educación en ciencias es que los alumnos desarrollen una serie de actitudes que promuevan su interés por los temas científicos, así como la subsiguiente adquisición y aplicación del conocimiento científico y tecnológico en beneficio personal, social y global.

La evaluación en ciencias PISA 2006 adopta un enfoque innovador para evaluar las actitudes de los alumnos. No solo les pregunta lo que opinan sobre la ciencia en los cuestionarios de los alumnos, sino que incluye dentro de la parte científica de la evaluación preguntas sobre sus actitudes hacia las cuestiones sobre las que están siendo evaluados.

La atención que presta el estudio a las actitudes se basa en el convencimiento de que la *competencia científica* de una persona comporta toda una serie de actitudes, creencias, orientaciones motivadoras, criterios de autoeficacia, valores y, en último término, acciones. La inclusión de la actitudes y de las áreas seleccionadas para su medición en PISA 2006 se sustenta en la estructuración que hace Klopfer (1976) del dominio afectivo en el campo de la educación en ciencias, así como en diversas publicaciones especializadas en la investigación del campo de las actitudes (por ejemplo, Gardner, 1975, 1984; Gauld y Hukins, 1980; Blosser, 1984; Laforgia, 1988; Schibeci, 1984).

La evaluación en ciencias de PISA 2006 valoró las actitudes de los alumnos en tres áreas: *Interés por la ciencia*, *Apoyo a la investigación científica* y *Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes* (ver Figura 1.6). Se seleccionaron estas áreas porque a través de ellas es posible obtener un retrato internacional del valor general que conceden los alumnos a la ciencia, sus actitudes y valores de carácter específicamente científico y su grado de responsabilidad con respecto a una serie de cuestiones científicas con ramificaciones de alcance nacional e internacional. La evaluación no se ocupó, por tanto, de evaluar la actitud de los alumnos hacia los programas escolares de ciencias o hacia los profesores. Los resultados obtenidos podrán servir asimismo para obtener información acerca del creciente problema que supone el descenso del interés por los estudios de ciencias entre la juventud.

El *Interés por la ciencia* se eligió debido a su comprobada relación con el rendimiento, la selección de cursos, la elección de opciones profesionales y el aprendizaje a lo largo de toda la vida. La relación entre el interés (individual) por la ciencia y el rendimiento lleva siendo objeto de investigaciones desde hace más de 40 años, sin que aún se haya llegado a un acuerdo sobre si existe o no un vínculo causal entre ambos (ver, por ejemplo, Baumert y Köller, 1988; Osborne, Simon y Collins, 2003). La evaluación en ciencias de PISA 2006 abordó el interés de los alumnos por la ciencia informándose sobre su implicación en temas sociales relacionados con la ciencia, su disposición a adquirir conocimientos y habilidades científicas y su grado de interés por las opciones profesionales de carácter científico.

El *Apoyo a la investigación científica* suele considerarse uno de los objetivos fundamentales de la educación en ciencias y, por tanto, merece ser objeto de evaluación. Se trata de un constructo similar al de la «adopción de actitudes científicas», según fue identificado por Klopfer (1971). La apreciación y el apoyo a la investigación científica suponen que los alumnos valoran los métodos científicos de obtención de pruebas, el pensamiento creativo, el pensamiento racional, la actitud crítica y la comunicación de las conclusiones a la hora de encarar situaciones de la vida relacionadas con la ciencia. Entre los aspectos de esta área que se incluyen en PISA 2006 se cuentan el empleo de pruebas (cono-

© OCDE 2006

cimiento) para la toma de decisiones y la valoración de la lógica y la racionalidad para la formulación de conclusiones.

El *Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes* constituye una preocupación a escala internacional, que tiene además una gran relevancia económica. Las actitudes dentro de esta área han sido objeto de numerosas investigaciones desde la década de los setenta (ver, por ejemplo, Bogner y Wiseman, 1999; Eagles y Demare, 1999; Weaver, 2002; Rickinson, 2001). En diciembre de 2002, las Naciones Unidas aprobaron la resolución 57/254 que instituía durante un período de diez años, a contar a partir del 1 de enero de 2005, la «Década de la Educación en el Desarrollo Sostenido de las Naciones Unidas» (Unesco, 2003). En el Programa de Aplicación Internacional (Unesco, septiembre, 2005) se señala al medio ambiente como una de las tres esferas de sostenibilidad (junto con la sociedad –que incluye la cultura– y la economía) que deben figurar en todos los programas educativos sobre el desarrollo sostenible.

PISA 2006 obtiene datos sobre estas actitudes mediante las preguntas que se plantean en el cuestionario destinado a los alumnos y a través de ejercicios contextualizados en la prueba, es decir, una serie de preguntas sobre las actitudes hacia determinadas cuestiones que aparecen formuladas inmediatamente después de los ejercicios de la prueba relativos a esas mismas cuestiones (ver Cuadro 1.2). El cuestionario de los alumnos se utiliza para obtener de una forma descontextualizada distintos datos sobre sus actitudes en las tres áreas (*Interés por la ciencia*, *Apoyo a la investigación científica* y *Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes*). También permite obtener una serie de datos adicionales sobre el grado de compromiso de los alumnos con la ciencia (por ejemplo, criterios de autoeficacia, disfrute y frecuencia con que se realizan actividades extraescolares) y sobre sus puntos de vista acerca del valor de la ciencia en sus vidas (por ejemplo, educación superior y opciones profesionales) y en la sociedad (por ejemplo, beneficios sociales y económicos).

Los ejercicios contextualizados se emplean para obtener información sobre el interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia y sobre el apoyo de los estudiantes a la investigación científica. La inclusión de estos ejercicios contextualizados aporta un valor añadido a la evaluación en la medida en que permiten obtener datos para determinar si la actitud de los alumnos varía al ser evaluada dentro o fuera de un determinado contexto, si varía entre unos y otros contextos y si existe una correlación entre la actitud y el rendimiento a nivel de la unidad completa. Uno de los aspectos del *Interés por la ciencia* (concretamente, el *Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia*), así como el *Apoyo a la investigación científica*, se evaluarán incluyendo en la prueba una serie de ejercicios centrados en diversos aspectos *personales, sociales* y *globales.*

Los resultados de PISA 2006 suministrarán una información muy valiosa a los responsables políticos de los países participantes. La enjundia de los datos obtenidos mediante la combinación del cuestionario de los alumnos y los ejercicios de actitud insertos en la prueba debería bastar para generar nuevos conocimientos sobre la predisposición de los alumnos a adoptar comportamientos científicamente competentes. Por otra parte, dado que la literatura sobre el tema contiene resultados contradictorios sobre la correlación entre las actitudes y los rendimientos en ciencias, también servirá para determinar si existe una correlación entre los datos de actitud obtenidos mediante la prueba y el cuestionario (referidos a su *Interés por la ciencia*, *Apoyo a la investigación científica* y *Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los entornos*) y el rendimiento de los alumnos. Otros datos obtenidos por medio del cuestionario, como el «grado de compromiso con la ciencia» de los estudiantes y los comportamientos relativos a la ciencia, serán también presentados y relacionados con el rendimiento de los alumnos.

EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA CIENTÍFICA

Características de la prueba de evaluación

En consonancia con la definición de *competencia científica* de PISA, las preguntas de la prueba (ejercicios) requerirán el empleo de las capacidades científicas (ver Figura 1.3) dentro de un determinado contexto (ver Figura 1.2). Eso comportará a su vez la aplicación del conocimiento científico (ver Figuras 1.4 y 1.5), y reflejará asimismo diversos aspectos de la actitud de los alumnos hacia las cuestiones de carácter científico (ver Figura 1.6).

En la Figura 1.7, que es una variante de la Figura 1.1, los componentes básicos del marco PISA 2006 para la evaluación de la competencia científica se presentan de tal modo que puedan utilizarse para relacionar el marco con la estructura y los contenidos de las unidades de evaluación. Puede utilizarse tanto sintéticamente, a modo de herramienta para elaborar ejercicios de evaluación, como analíticamente, como un instrumento que sirva para analizar los resultados de los ejercicios estándar de evaluación. Si se tomara como punto de partida para elaborar unidades de evaluación, se podría empezar por los contextos que servirían de material de estímulo, las capacidades requeridas para responder a las preguntas o cuestiones, o los conocimientos y actitudes fundamentales del ejercicio.

Una unidad de evaluación está compuesta por un estímulo, que puede ser un breve texto escrito, un texto acompañado de una tabla, un cuadro, un gráfico o un diagrama. Luego vienen los ejercicios, que son un conjunto de preguntas de distintos tipos calificadas de forma independiente, como queda ilustrado en los tres ejemplos que ya han sido comentados (*CAPTURAR AL ASESINO, MALARIA* y *ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA*), así como en los ejemplos adicionales que figuran en el Anexo A.

Figura 1.6 ■ **Áreas de evaluación de actitudes de PISA 2006**

Interés por la ciencia

- Mostrar curiosidad por la ciencia y los temas y comportamiento relacionados con la ciencia
- Demostrar disposición para adquirir conocimientos y habilidades científicas adicionales, utilizando diversos recursos y métodos
- Demostrar disposición para buscar información sobre materias científicas y poseer un interés continuado por la ciencia, incluyendo la posibilidad de considerar una opción profesional relacionada con las ciencias

Apoyo a la investigación científica

- Reconocer la importancia de tomar en consideración diversas perspectivas y argumentos científicos
- Apoyar la utilización de información factual y explicaciones racionales
- Expresar la necesidad de que los procesos que conducen a extraer conclusiones se realicen de una forma cuidadosa y lógica

Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los entornos

- Dar muestras de que se posee un sentido de la responsabilidad personal sobre la conservación de un medio ambiente sostenible.
- Demostrar que se es consciente de la repercusión de las acciones individuales en el medio ambiente.
- Demostrar disposición para tomar medidas en favor de la conservación de los recursos naturales.

© OCDE 2006

PISA recurre a una estructura de unidades porque de esa forma se facilita el empleo de unos contextos lo más realistas posible, que a la vez que reflejan la complejidad de las situaciones reales permiten hacer un uso más eficaz del tiempo dedicado a la evaluación. Utilizar una serie de situaciones sobre las que se pueden plantear varias preguntas, en lugar de plantear una serie de preguntas independientes sobre una mayor cantidad de temas diferentes, reduce el tiempo total que necesita el alumno para familiarizarse con el material relativo a cada pregunta. Conviene no olvidar, sin embargo, que cada puntuación ha de ser tomada en consideración de forma independiente y no en relación con otras que se hayan obtenido dentro de la misma unidad. Es necesario advertir, asimismo, que este enfoque conlleva una reducción del número de contextos de evaluación, por lo que es importante asegurarse de que la gama de contextos es la adecuada para minimizar cualquier sesgo derivado de la elección de contextos.

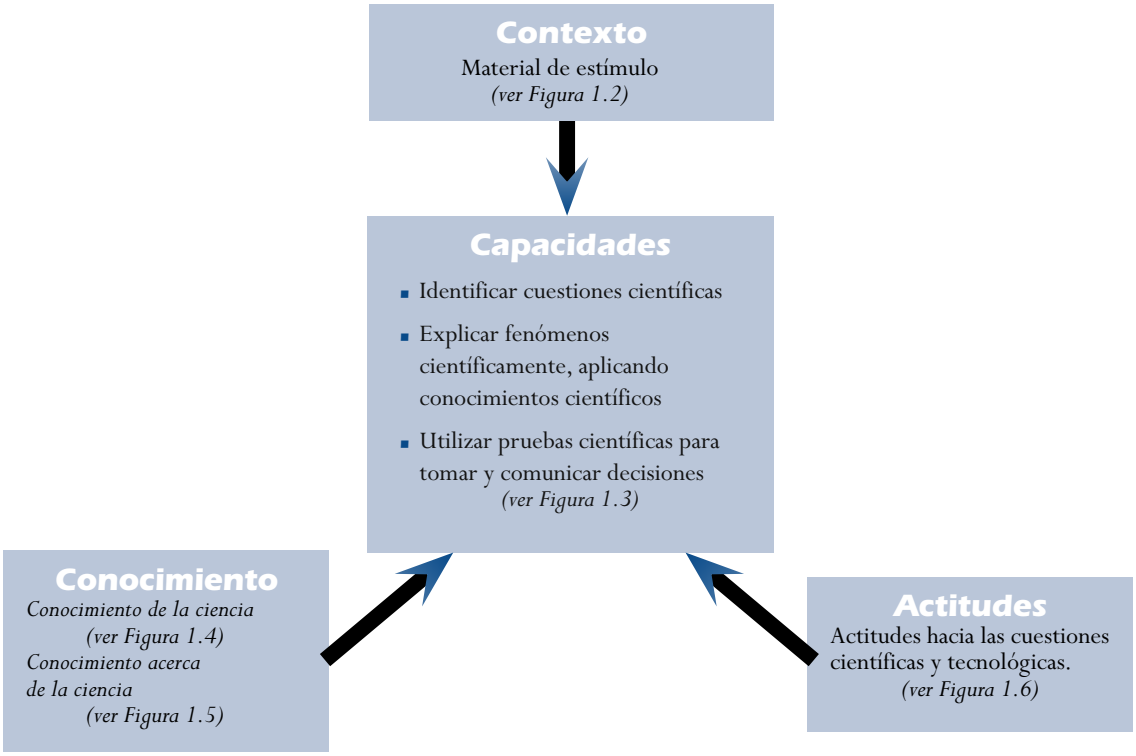
Las unidades de evaluación de PISA 2006 incorporan hasta cuatro ejercicios cognitivos. Cada ejercicio comporta principalmente la aplicación de una de las capacidades científicas y requiere el empleo, bien del conocimiento de la ciencia, bien del conocimiento acerca de la ciencia. En la mayoría de los casos, cada unidad evalúa (mediante distintos ejercicios) más de una capacidad y más de una categoría de conocimiento.

Se utilizaron cuatro tipos de ejercicios para evaluar las capacidades y los conocimientos científicos definidos en el marco de la evaluación. Cerca de la tercera parte de los ejercicios consistieron en preguntas (sencillas) de elección múltiple, como las Preguntas 1 y 2 de *CAPTURAR AL ASESINO* (Ejemplo de Ciencias 1), que requieren la elección de una sola respuesta entre cuatro opciones posibles. Otra tercera parte requirió bien respuestas cortas construidas, como sucedía en la Pregunta 1 de *MALARIA* (Ejemplo de Ciencias 2), o bien una pregunta de elección múltiple compleja. La Pregunta 1 de *ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA* (Ejemplo de Ciencias 3), en la que los alumnos deben responder «Sí» o «No» a una serie de preguntas relacionadas, es un ejemplo característico del ejercicio de elección múltiple complejo. El tercio restante lo constituyeron ejercicios de respuesta construida - abierta, como la Pregunta 2 de *ESTUDIO SOBRE LA LECHE EN LA ESCUELA* (Ejemplo de Ciencias 3), que requieren de los alumnos una respuesta escrita o gráfica relativamente extensa.

Tanto los ejercicios de elección múltiple como los de respuesta construida breve pueden emplearse para evaluar la mayoría de los procesos cognitivos implicados en las tres capacidades científicas. Los ejercicios de respuesta abierta, por su parte, proporcionan además la oportunidad de evaluar la capacidad de comunicación.

Aunque la mayoría de los ejercicios serán calificados de manera dicotómica (es decir, con o sin puntuación), algunos de los ejercicios de elección múltiple y de respuesta abierta recibirán una calificación parcial, que se otorgará a los alumnos que tengan parte pero no la totalidad de la respuesta correcta. Cada ejercicio dotado de puntuación parcial cuenta con unas instrucciones detalladas que permiten otorgar las siguientes calificaciones: «puntuación máxima», «puntuación parcial» o «sin puntuación». Las categorías «puntuación máxima», «puntuación parcial» y «sin puntuación» dividen las respuestas de los alumnos en tres grupos, según la capacidad que demuestren a la hora de responder a la pregunta formulada. Una respuesta calificada con una «puntuación máxima» no indica que la respuesta sea absolutamente correcta en términos científicos, pero sí que se posee el nivel de comprensión del tema adecuado para un alumno de 15 años científicamente competente. Las respuestas menos elaboradas, o con un menor grado de corrección, pueden obtener una «puntuación parcial», mientras que las respuestas completamente incorrectas, irrelevantes o la ausencia de respuesta quedarán recogidas bajo la rúbrica «sin puntuación». La Pregunta 1 de *MALARIA* (Ejemplo de Ciencias 2) es un ejercicio con calificación parcial, cuyo baremo de calificación (guía de codificación) puede verse en el Ejemplo de Ciencias 4.

Figura 1.7 ■ **Una herramienta para la elaboración y el análisis de las unidades y los ejercicios de evaluación**



Ejemplo de Ciencias 4: MALARIA (Puntuación de la pregunta 1)

Puntuación máxima

Código 2: Las tres correctas: [1 y 3]; [2]; y [1, 3 y 4] en este orden.

Puntuación parcial

Código 1: Dos de las tres filas correctas

O bien

Una (o más) correctas, pero **ninguna incorrecta**, en cada fila.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

La mayor parte de las nuevas unidades incluidas en la prueba de ciencias de PISA 2006 contienen un ejercicio que evalúa el *Interés por aprender sobre la ciencia* por parte de los alumnos, un ejercicio que evalúa su *Apoyo a la investigación científica*, o incluso ambos tipos de ejercicios. La Pregunta 3 de la unidad *CAPTURAR AL ASESINO*, que figura más adelante como el Ejemplo de Ciencias 5, constituye un ejemplo de ese tipo de ejercicios. Esta pregunta, en concreto, requiere que los

© OCDE 2006

alumnos indiquen su grado de interés en tres tareas con objeto de evaluar su interés por aprender más sobre la aplicación de la ciencia a la resolución de delitos. Con el fin de reducir la incidencia de las «conveniencias sociales» en las respuestas, el ejercicio adopta un formato de respuesta unipolar («Muy interesado», «Algo interesado», «Poco interesado», «Nada interesado»), en lugar del modelo convencional bipolar («Muy de acuerdo», «De acuerdo», «En desacuerdo», «Muy en desacuerdo»).

Ejemplo de Ciencias 5: Capturar al asesino (ejercicio de actitud)

Pregunta 3: CAPTURAR AL ASESINO

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila.

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Saber más sobre el empleo del ADN en la resolución de delitos.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Aprender más sobre cómo se realiza un perfil de ADN.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Comprender mejor cómo se pueden resolver los delitos recurriendo a la ciencia.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

En los cuadernillos que se emplean en la prueba, los ejercicios de actitud se presentan en un cuadro sombreado para recordar a los alumnos que, para cada una de las aseveraciones, deben marcar la casilla que indica su propia *opinión* sobre el aserto. Las Directrices Generales que figuran al inicio de cada uno de los cuadernillos incluyen la siguiente advertencia:

> Algunas de las preguntas hacen referencia a tu actitud o tu opinión sobre determinadas cuestiones. Estas preguntas tienen un formato que las diferencia del resto: figuran en el interior de un cuadro sombreado. NO HAY UNA RESPUESTA CORRECTA para estas preguntas y, aunque no contarán en tu puntuación final, es muy importante que las respondas de forma veraz.

La necesidad de que los alumnos posean un cierto nivel de *competencia lectora* para comprender y responder las preguntas escritas sobre la *competencia científica* obliga a plantearse la cuestión de cuál deber ser el nivel de *competencia lectora* requerido. A este respecto, hay que señalar que el material de estímulo y las preguntas emplearán un lenguaje claro, sencillo y lo más escueto posible, pero que sirva para transmitir los significados adecuados. El número de conceptos introducidos por párrafo será limitado y se evitarán aquellas preguntas que evalúen predominantemente la *competencia lectora* o *matemática*.

Estructura de la evaluación en ciencias

Es importante que la prueba incluya un número equilibrado de ejercicios que evalúen los distintos componentes del marco de evaluación de la competencia científica. El equilibrio ideal entre los dos componentes del conocimiento científico, el conocimiento de la ciencia y el conocimiento acerca de la ciencia, se muestra en la Figura 1.8 en función de sus porcentajes de puntuación. La Figura 1.8 muestra asimismo la distribución ideal de las puntuaciones entre las distintas categorías del conocimiento de la ciencia y el conocimiento acerca de la ciencia.

Figura 1.8 ■ **Distribución ideal de las puntuaciones del conocimiento científico**

Conocimiento de la ciencia	**Porcentaje de puntuación**
Sistemas físicos	15-20
Sistemas vivos	20-25
Sistemas de la Tierra y el espacio	10-25
Sistemas tecnológicos	5-10
Subtotal	*60-65*
Conocimiento acerca de la ciencia	
Investigación científica	15-20
Explicaciones científicas	15-20
Subtotal	*35-40*
Total	***100***

El equilibrio ideal para las capacidades científicas aparece en la Figura 1.9:

Figura 1.9 ■ **Distribución ideal de las puntuaciones de las capacidades científicas**

Capacidades científicas	**Porcentaje de puntuación**
Identificar cuestiones científicas	25-30
Explicar fenómenos científicamente	35-40
Utilizar pruebas científicas	35-40
Total	***100***

Los contextos de los ejercicios se repartirán entre los marcos personal, social y global en una proporción aproximada de 1:2:1. Asimismo, se recurrirá a una amplia selección de áreas de aplicación para las unidades, sujeta siempre a que satisfaga en la medida de lo posible las diversas restricciones impuestas en los dos párrafos anteriores.

En torno a un 60 por ciento de las unidades contiene uno o dos ejercicios de actitud que evalúan el *Interés por aprender sobre la ciencia* o el *Apoyo a la investigación científica*. Responder a estas preguntas ocupa en torno al 11 por ciento del tiempo total de la prueba. Con objeto de facilitar la posibilidad de comparar rendimientos a lo largo del tiempo, los ejercicios de enlace de las dos anteriores evaluaciones en ciencias de PISA incluidos en la prueba de 2006 no contenían preguntas de actitud.

Escalas de presentación

Para cumplir los objetivos que se ha marcado PISA es esencial desarrollar unas escalas que midan el rendimiento de los alumnos. El proceso que permite llegar a la elaboración de dichas escalas tiene necesariamente un carácter iterativo. Los descriptores iniciales, basados tanto en los resultados de las pruebas de campo como en los estudios PISA 2000 y 2003 –y enriquecidos asimismo por la experiencia acumulada en la evaluación del rendimiento en ciencias y por los hallazgos de la investigación sobre el aprendizaje y el desarrollo cognitivo en ciencias– probablemente habrán de ser modificados a medida que se vayan reuniendo nuevos datos en este y en futuros estudios.

© OCDE 2006

La elaboración de las escalas se ve facilitada por la inclusión de ejercicios con una amplia gama de dificultad. Entre los factores que determinan el grado de dificultad de los ejercicios de evaluación en ciencias se incluyen:

- la complejidad general del contexto,
- el grado de familiaridad con las ideas, los procesos y las terminologías científicas presentes en las tareas,
- la extensión de la concatenación lógica requerida para responder a la pregunta, esto es, el número de pasos que han de darse para llegar a una respuesta adecuada y el nivel de dependencia que cada paso tenga con respecto al anterior,
- el grado en que se requieran ideas y conceptos científicos abstractos para elaborar la respuesta,
- el nivel de razonamiento, intuición y generalización implícito en la formación de juicios, conclusiones y explicaciones.

En el caso de PISA 2000, donde la ciencia era un área de evaluación secundaria y, por tanto, tenía asignado un tiempo de evaluación inferior, el rendimiento de los alumnos se presentó por medio de una escala de aptitud con una media de 500 puntos y una desviación típica de 100 puntos. Aunque no se identificaron niveles de aptitud, fue posible describir cuáles eran los procesos (es decir, las capacidades científicas) que los alumnos podían realizar, indicando tres posiciones en la escala. (OCDE, 2001):

- Hacia el extremo superior de la escala de competencia científica (en torno a los 690 puntos), los alumnos, por regla general, pueden crear o emplear modelos conceptuales para hacer predicciones o dar explicaciones; analizar investigaciones científicas para captar, por ejemplo, el diseño de un experimento o identificar una idea que se está poniendo a prueba; comparar datos para evaluar puntos de vista alternativos o diferentes perspectivas, y comunicar argumentos científicos y/o descripciones de una forma detallada y precisa.
- En torno a los 550 puntos, los alumnos, por regla general, son capaces de utilizar sus conocimientos científicos para hacer predicciones o dar explicaciones; reconocer preguntas a las que puede dar respuesta la investigación científica y/o identificar detalles de lo que entraña una investigación científica, así como seleccionar información relevante para sacar o evaluar conclusiones a partir de datos enfrentados o cadenas de razonamientos.
- Hacia el extremo más bajo de la escala (en torno a los 400 puntos), los alumnos son capaces de recordar conocimientos científicos sencillos de carácter factual (por ejemplo, nombres, hechos, terminología, reglas simples) y de utilizar el conocimiento común de la ciencia para extraer o evaluar conclusiones.

La presentación de resultados de PISA 2003 adoptó un formato similar al del 2000 (OCDE, 2004). Sin embargo, considerando que en la evaluación PISA 2006 la ciencia constituye la principal área de evaluación, el mayor tiempo dedicado a esta área debería permitir la elaboración de escalas independientes basadas bien en las tres capacidades científicas, o bien en los dos elementos del conocimiento.

En PISA 2000 y 2003 el rendimiento en ciencias se describió mediante una escala que recogía las capacidades científicas según quedaron recogidas en la Figura 1.3. Un examen de los descriptores permite deducir cuál sería el esquema de cada una de las escalas de competencia de PISA 2006. Por ejemplo, para «Utilizar pruebas científicas» se obtendría el esquema de escala que se muestra en la Figura 1.10.

Figura 1.10 ■ **Ejemplo de una escala de presentación basada en las capacidades**

Alto	Es capaz de comparar datos para evaluar perspectivas divergentes o puntos de vista alternativos; es capaz de comunicar argumentaciones científicas y/o descripciones de manera detallada y precisa.
	Es capaz de seleccionar información relevante partiendo de datos enfrentados o de cadenas de razonamientos a la hora de extraer o evaluar conclusiones.
Bajo	Es capaz de usar un conocimiento científico común para extraer o evaluar conclusiones.

Alternativamente, también debería existir la posibilidad de presentar unas escalas independientes para los dos componentes del conocimiento científico: el *conocimiento de la ciencia* y el *conocimiento acerca de la ciencia*. Las capacidades serían, pues, determinantes a la hora de describir los niveles de capacitación para estas dos escalas de conocimiento. La decisión sobre las escalas que finalmente serán presentadas, y sobre el número de niveles de aptitud que se identificarán, se tomará una vez se hallan analizado los datos de la evaluación PISA 2006.

Asimismo, debería ser posible elaborar escalas fiables para el *Interés por aprender sobre la ciencia* y el *Apoyo a la investigación científica* recurriendo a los datos obtenidos por medio de los ejercicios de actitud incluidos en la prueba y de las respuestas al cuestionario de los alumnos. Finalmente, la escala relativa al *Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes* se elaborará a partir de los datos obtenidos a través del cuestionario de los alumnos.

Las puntuaciones de los ejercicios de actitud no se incluirán en un índice (o calificación total) de *competencia científica*, sino que representarán un elemento adicional del perfil de la *competencia científica* del alumno.

SUMARIO

En PISA 2006 las ciencias han sido por primera vez la principal área de evaluación. La definición de *competencia científica* ha sido reelaborada y ampliada a partir de la utilizada en PISA 2000 y 2003. Una innovación significativa es la inclusión de las respuestas de actitud de los alumnos hacia la ciencia no solo en un cuestionario adjunto, sino en una serie de preguntas adicionales sobre cuestiones científicas yuxtapuestas a las preguntas de la prueba relativas a esas mismas cuestiones. Asimismo, se ha hecho más hincapié en la comprensión de la naturaleza y la metodología de la ciencia (el conocimiento acerca de la ciencia) y del papel de la tecnología de base científica.

La definición de *competencia científica* de PISA 2006 arranca de una consideración sobre lo que deben conocer, valorar y ser capaces de realizar los alumnos de 15 años para estar preparados para la vida en una sociedad moderna. Un aspecto central de la definición y de la evaluación de la *competencia científica* son las capacidades concretas propias de la ciencia y de la investigación científica. La aptitud de los alumnos para poner en práctica estas capacidades depende, por una parte, de su conocimiento científico, tanto el conocimiento del mundo natural como el conocimiento acerca de la propia ciencia, y, por otra, de la actitud que muestren hacia los temas de carácter científico.

Este marco de evaluación describe e ilustra las capacidades científicas, los conocimientos y las actitudes evaluadas en PISA 2006 (ver Figura 1.11), así como los contextos de los ejercicios de evaluación. Los ejercicios de evaluación se agruparon en unidades, cada una de las cuales comienza con un estimulo que establece el contexto del ejercicio. La evaluación empleó una combinación de diversos

© OCDE 2006

tipos de ejercicios, que en algunos casos conllevaban una puntuación parcial. Más de la mitad de las unidades llevaban incorporados ejercicios de actitud cuya realización ocupó en torno al 11 por ciento del tiempo dedicado a la prueba.

Figura 1.11 ■ **Principales elementos de la evaluación PISA 2006 sobre la competencia científica**

Capacidades	Conocimiento	Actitudes
Identificar cuestiones científicas	Conocimiento de la ciencia:	Interés por la ciencia[1]
Explicar fenómenos científicamente	Sistemas físicos	Apoyo a la investigación científica
Utilizar pruebas científicas	Sistemas vivos	Sentido de la responsabilidad sobre los recursos y los ambientes [2]
	Sistemas de la Tierra y el espacio	
	Conocimiento acerca de la ciencia:	
	Investigación científica	
	Explicaciones científicas	

1. Preguntas insertas evalúan el «Interés por aprender sobre la ciencia».
2. No evaluado mediante preguntas insertas.

La proporción entre los ejercicios que evalúan el conocimiento de la ciencia que poseen los alumnos y los ejercicios que evalúan su conocimiento acerca de la ciencia es aproximadamente de 3:2, mientras que cada una de las tres capacidades científicas será evaluada al menos por un 25 por ciento de los ejercicios. De este modo, debería ser posible establecer para cada una de las capacidades, o para los dos tipos de conocimiento, unas escalas independientes con sus correspondientes niveles de competencia. Asimismo, debería ser posible elaborar escalas para las actitudes que se evaluarán en las preguntas insertas en la prueba de evaluación.

En el Anexo A se incluyen una serie de ejemplos adicionales que ilustran el marco de la evaluación de ciencias de PISA 2006.

Notas

1. A lo largo de este marco de evaluación, el término «mundo natural» incluye los cambios introducidos por la actividad humana, entre los que ha de contarse ese «mundo natural» que han creado y conformado las tecnologías.
2. El concepto científico de «competencia» que utiliza PISA se asemeja al empleado en DeSeCo (OCDE, 2003b), pues en ambos se incluyen las actitudes y los valores, además de los conocimientos y las habilidades.
3. No se incluye el conocimiento del diseño y funcionamiento interno de los aparatos y máquinas (por ejemplo, aviones, motores, ordenadores).

2

La Competencia Lectora

DEFINICIÓN DEL ÁREA DE EVALUACIÓN

Las definiciones de la lectura y de la *competencia lectora* han evolucionado paralelamente a los cambios sociales, económicos y culturales. El concepto de aprendizaje, y en especial el de aprendizaje a lo largo de toda la vida, han transformado las percepciones de la *competencia lectora* y de las necesidades a las que ha de hacer frente. Ya no se considera que la capacidad de lectura sea algo que se adquiere en la infancia durante los primeros años de escolarización. Más bien se ve como un conjunto en evolución que incluye una serie de conocimientos, habilidades y estrategias que las personas van construyendo con los años, según las diversas situaciones que viven y mediante la interacción con sus compañeros y con las comunidades más extensas en las que participan.

Como resultado de un proceso de consenso en el que participaron los expertos en lectura designados por los países participantes y los grupos de asesoramiento de PISA, se adoptó para el estudio la siguiente definición de *competencia lectora*:

> La *competencia lectora* es la capacidad de comprender, utilizar y analizar textos escritos para alcanzar los objetivos del lector, desarrollar sus conocimientos y posibilidades y participar en la sociedad.

Esa definición supera la idea tradicional de *competencia lectora* como proceso de descodificación y comprensión literal. En lugar de ello, parte de la base de que la competencia lectora comporta comprender informaciones escritas, utilizarlas y reflexionar sobre ellas para cumplir una gran variedad de fines. La definición tiene, pues, en cuenta el papel activo e interactivo del lector que adquiere información a partir de textos escritos. La definición también está abierta a la enorme variedad de situaciones en las que la *competencia lectora* puede desempeñar un papel para los adultos jóvenes, situaciones que van desde lo público a lo privado, desde el entorno escolar al laboral, desde el ejercicio activo de la ciudadanía hasta el aprendizaje continuo. Asimismo, hace explícita la idea de que la capacidad de lectura permite al individuo dar satisfacción a una serie de aspiraciones personales, que abarcan desde la consecución de metas específicas, como la cualificación educativa o el éxito profesional, hasta objetivos menos inmediatos destinados a enriquecer y mejorar la vida personal. La *competencia lectora* también proporciona a las personas unos instrumentos lingüísticos que resultan cada vez más necesarios para poder hacer frente a las exigencias de las sociedades modernas, con su extenso aparato burocrático, sus instituciones formales y sus complejos sistemas legales.

Mientras tratan de comprender y utilizar aquello que están leyendo, los lectores reaccionan ante un texto determinado de muy distintas maneras. Ese proceso dinámico incluye muchos factores, algunos de los cuales pueden ponerse en juego en un estudio a gran escala como PISA. Tres que se pueden mencionar son la situación de la lectura, la estructura del propio texto y las características de las preguntas que se suscitan sobre el texto (la rúbrica del texto). Todos estos factores constituyen elementos importantes del proceso de lectura y fueron tenidos en cuenta a la hora de elaborar los ejercicios para la evaluación.

Con objeto de utilizar los formatos textuales, las características de los ejercicios y las situaciones, tanto en el proceso de elaboración de las pruebas de evaluación como en la posterior interpretación de los resultados, fue preciso especificar el rango de cada uno de dichos factores. De ese modo se pudo categorizar cada tarea con el fin de que el peso relativo de cada factor pudiera tenerse en cuenta a la hora de llevar a cabo la redacción final del estudio.

© OCDE 2006

EL FORMATO TEXTUAL

En el núcleo de la evaluación PISA se sitúa la distinción entre textos continuos y textos discontinuos.

- Los *textos continuos* están compuestos normalmente por una serie de oraciones que, a su vez, se organizan en párrafos. Tales párrafos pueden hallarse insertos en otras estructuras mayores, como serían los apartados, los capítulos y los libros. Los textos continuos se clasifican primordialmente por su objetivo retórico, esto es, por el tipo de texto.
- *Los textos discontinuos* (o documentos, como a veces se les denomina) pueden clasificarse de dos maneras. Por un lado está el enfoque basado en la estructura formal, que es el que se adopta en el trabajo de Kirsh y Mosenthal (1988 – 1991). En esta obra, los textos se clasifican según la forma en que se organizan las listas subyacentes con objeto de elaborar los distintos tipos de textos discontinuos. Este enfoque puede resultar útil para entender las similitudes y las diferencias entre diferentes tipos de textos discontinuos. El otro método de clasificación se funda en las descripciones corrientes del formato de los textos. Este segundo enfoque será el que adopte PISA para clasificar los textos discontinuos.

Textos continuos

Los tipos de texto son las formas normalizadas de clasificar los textos continuos según su contenido y las intenciones de sus autores.

- La *narración* es el tipo de texto en el que la información hace referencia a las propiedades de los objetos en el tiempo. Los textos narrativos suelen responder a las preguntas «¿cuándo?» o «¿en qué orden?».
- La *exposición* es el tipo de texto en el que la información se presenta bien en forma de conceptos compuestos o constructor mentales, o bien en forma de unos elementos en los que se pueden analizar conceptos o constructos mentales. El texto suministra una explicación sobre el modo en que los elementos constitutivos se interrelacionan en un todo dotado de sentido y suele responder a la pregunta «¿cómo?».
- La *descripción* es el tipo de texto en el que la información hace referencia a las propiedades de los objetos en el espacio. Los textos descriptivos suelen responder a la pregunta «¿qué?».
- La *argumentación* es el tipo de texto que presenta proposiciones sobre las relaciones entre conceptos u otras proposiciones. Los textos argumentativos suelen responder a la pregunta «¿por qué?». Una importante subcategoría de los textos argumentativos es la representada por los textos persuasivos.
- La *instrucción* (que a veces se denomina mandato) es el tipo de texto que da indicaciones sobre lo que se debe hacer, y puede consistir en procedimientos, normas, reglas y estatutos que especifican determinados comportamientos que se deben adoptar.
- Un *documento* o *registro* es un texto que se ha diseñado con objeto de normalizar y conservar información. Se caracteriza por poseer unos rasgos textuales y de formato altamente formalizados.
- Un *hipertexto* es una serie de fragmentos textuales vinculados entre sí de tal modo que las unidades puedan leerse en distinto orden, permitiendo así que los lectores accedan a la información siguiendo distintas rutas.

Textos discontinuos

La organización de los *textos discontinuos* difiere de la de los continuos y, por tanto, precisa actitudes lectoras distintas.

La clasificación de los textos discontinuos según su formato que figura a continuación ofrece una perspectiva bien conocida que puede ser útil para dilucidar qué textos se incluirán en la evaluación.

- Los *cuadros y gráficos* son representaciones icónicas de datos. Se emplean en la argumentación científica y también en publicaciones periódicas para presentar visualmente información pública numérica y tabular.
- Las *tablas* son matrices que se organizan en filas y columnas. Por lo general, todas las entradas de cada fila, y todas las de cada columna, tienen propiedades en común; por consiguiente, los encabezados de las columnas y las designaciones de las filas forman parte de la estructura informativa del texto. Ejemplos típicos de tablas son las programaciones, las hojas de cálculo, los formularios de pedido y los índices.
- Los *diagramas* suelen acompañar a las descripciones técnicas (por ejemplo, para mostrar las piezas que forman un aparato doméstico), o a los textos expositivos o instructivos (para explicar cómo ha de montarse un aparato doméstico). Es conveniente diferenciar los diagramas de procedimiento, que contestan a la pregunta, «¿cómo se hace para…?», de los diagramas de proceso («¿cómo funciona?»).
- Los *mapas* son textos discontinuos que muestran las relaciones geográficas entre distintos lugares. Hay numerosas clases de mapas. Están los mapas de carretera, que indican las distancias y los recorridos entre unos lugares determinados, o los mapas temáticos, que indican la relación entre lugares, así como algunas de sus características sociales o físicas.
- Los *formularios* son textos con estructura y formato precisos que instan al lector a responder a preguntas según unas pautas específicas. Los emplean muchas organizaciones para recopilar datos. Con frecuencia incluyen formatos de respuesta ya codificados o estructurados. Son ejemplos típicos los formularios de Hacienda, de solicitud de inmigración, de visado, los cuestionarios estadísticos, etc.
- Las *hojas informativas*, a diferencia de los formularios, no solicitan sino que proporcionan información. Dicha información se presenta de modo estructurado y con un formato que permite al lector localizar e identificar con rapidez los datos requeridos. Las hojas informativas pueden incluir textos de formatos diferentes, así como listas, tablas, ilustraciones y complejos elementos gráficos de base textual (encabezamientos, tamaños de fuente tipográfica, sangrías, márgenes, etc.) que resumen y resaltan la información. Los horarios, las listas de precios, los catálogos y los programas son ejemplos corrientes de este tipo de texto discontinuo.
- Las *convocatorias* y los *anuncios* son documentos que tienen como misión instar al lector a que haga algo, por ejemplo, adquirir bienes o solicitar servicios, participar en encuentros o reuniones, elegir a una persona para un cargo, etc. El fin de tales documentos es persuadir al lector. Proponen algo y requieren atención y acción. Los anuncios, las invitaciones, los requerimientos, los avisos y las advertencias pertenecen a esta categoría.
- Los *vales* o *bonos* dan testimonio de que su poseedor es adjudicatario de ciertos servicios. La información que contienen debe certificar su validez. Son ejemplos típicos las facturas, los tiques y billetes, etc.
- Los *certificados* son reconocimientos escritos de la validez de un acuerdo o contrato. Su formalización atañe más al contenido que al formato. Requieren la firma de una o más personas autorizadas y competentes que dan fe de lo que allí se declara. Las garantías, los certificados educativos, los diplomas, los contratos, son documentos de esta naturaleza.

© OCDE 2006

La distribución y la variedad de los textos que deben leer los estudiantes representa una de las características más notables del estudio PISA. La Figura 2.1 muestra la distribución de tareas con textos continuos y discontinuos en PISA 2000 (en el cual la lectura fue el área prioritaria) y en PISA 2003 y 2006 (la lectura como área secundaria). Salta a la vista que en los ciclos de 2000, 2003 y 2006 los textos continuos representan dos terceras partes de las tareas o ejercicios incluidos en la evaluación. Dentro de dicha categoría, en los tres ciclos, el porcentaje mayor corresponde a los textos expositivos.

CARACTERÍSTICAS DE LOS EJERCICIOS

Se utilizan tres conjuntos de variables para describir las características de los ejercicios: los procesos (aspectos), que describen la tarea exigida a los estudiantes; los tipos de ejercicio, que especifican la manera exacta en la que los estudiantes han de demostrar su capacidad, y los criterios de corrección, que especifican cómo han de evaluarse las respuestas de los estudiantes. A continuación se tratarán cada uno de estos conjuntos de variables, si bien el primero de ellos exigirá un tratamiento bastante más extenso.

Cinco procesos (aspectos)

Con el fin de simular situaciones reales de lectura, la evaluación PISA mide los siguientes cinco procesos que deben realizarse para comprender plenamente un texto, ya sea continuo o discontinuo. Los estudiantes deben demostrar su dominio en cada uno de los cinco procesos:

- *obtención de la información,*
- *comprensión general,*
- *elaboración de una interpretación,*
- *reflexión y valoración del contenido de un texto,*
- *reflexión y valoración de la forma de un texto.*

Figura 2.1 ■ **Distribución de las tareas de competencia lectora, según el formato y el tipo de texto**

Lectura como área prioritaria
Lectura como área secundaria

Formato y tipo de texto	Porcentaje de tareas según formato y tipo de texto (%)		Porcentaje de tareas según formato y tipo de texto, en todo el texto (%)	
Continuos				
Narrativos	21	17	14	11
Expositivos	36	67	24	43
Descriptivos	14	17	9	11
Argumentativos y persuasivos	20	-	13	-
Preceptivos	10	-	7	-
Total[1]	**100**	**100**	**68**	**64**
Discontinuos				
Cuadros y gráficos	37	20	12	7
Tablas	29	40	9	14
Diagramas	12	-	4	-
Mapas	10	10	3	4
Formularios	10	30	3	11
Anuncios	2	-	1	-
Total[1]	**100**	**100**	**34**	**37**

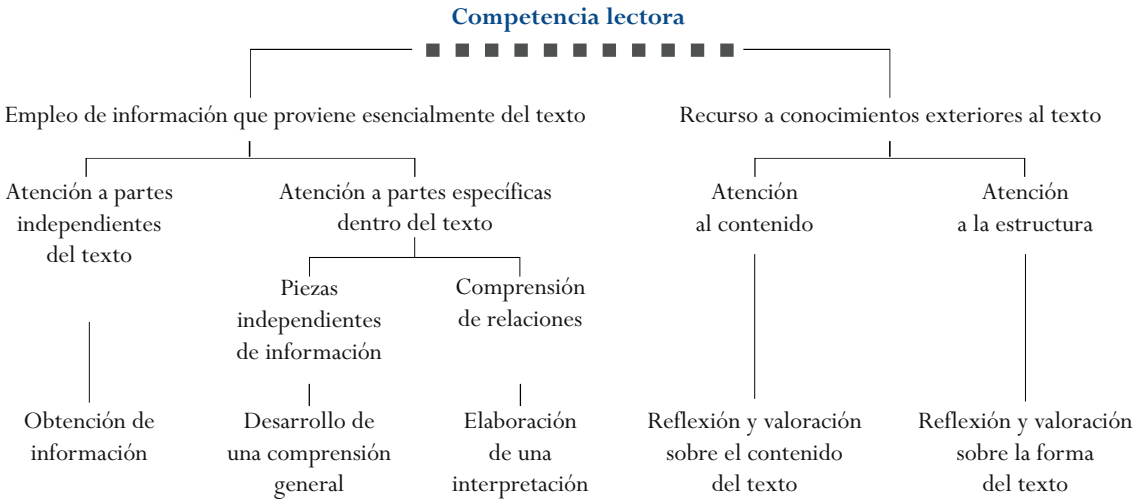
1. Debido al redondeo, los datos totales no siempre se corresponden con la suma de los parciales.

La comprensión plena de un texto requiere poner en juego todos esos procesos. Es de esperar que cualquier lector, con independencia de su capacidad global, demostrará cierta competencia en cada uno de ellos (Langer, 1995). Si bien los cinco aspectos están emparentados –cada uno puede requerir muchas de las mismas habilidades básicas–, ejecutar con éxito uno de ellos no garantiza que se haya efectuado satisfactoriamente cualquiera de los restantes. Hay quienes opinan que estos aspectos, más que un escalonamiento jerárquico o un conjunto de habilidades, constituyen el acervo de todo lector en todos los niveles de su desarrollo.

La Figura 2.2 identifica las características clave de los cinco procesos de lectura evaluados en PISA. Aunque el gráfico invita a la simplificación de los procesos, es una guía útil para comprender y recordar correctamente las relaciones entre ellos. Como se aprecia en el gráfico, los cinco procesos pueden clasificarse según cuatro características. La primera depende de la medida en que el lector deba recurrir principalmente a la información contenida en el texto o pueda usar también algún otro tipo de conocimiento exterior al mismo. La segunda hace referencia al hecho de que el lector centre su atención en partes independientes del texto o bien recurra a las relaciones que se den entre la información contenida en el mismo. A veces se pide a los lectores que obtengan datos independientes, otras, en cambio, se les requiere que pongan de manifiesto su comprensión de las relaciones entre distintas partes del texto. Que se preste especial atención al texto en su totalidad o a las relaciones entre sus partes, es la tercera característica. La cuarta se refiere a si el lector ha de centrar su atención en el contenido o sustancia del texto o más bien en su forma o estructura. Los cinco procesos de lectura aparecen representados en la Figura 2.2 en las extremidades de cada rama divergente. Puede verse cuáles son las características asociadas a cada proceso si se sigue cada ramificación en sentido descendente, partiendo de la parte superior de la figura.

La descripción que viene a continuación trata de definir cada proceso de una forma operativa y relacionarlo con determinados tipos de ejercicios. Aunque se tratará cada proceso en función de un único texto, el procedimiento es aplicable también a múltiples textos cuando estos se presentan juntos formando una unidad de la prueba de evaluación. La descripción de cada proceso comprende dos partes. En la primera se presenta una visión general del proceso y en la segunda se describe la forma concreta en que se puede evaluar el proceso.

Figura 2.2 ■ **Características de los cinco procesos (aspectos) de la *competencia lectora***



© OCDE 2006

Obtención de información

En el transcurso de su vida cotidiana es frecuente que los lectores necesiten conseguir una información determinada: un número de teléfono o la hora de salida de un tren o autobús. También pueden buscar un dato que refute o confirme una aserción realizada por otra persona. En casos como estos, los lectores precisan datos aislados y específicos. Con ese fin, los lectores deben explorar el texto para buscar, localizar e identificar datos relevantes. Por regla general, este proceso se da en el ámbito de la oración, aunque en ocasiones puede extenderse a dos o más oraciones o, incluso, a varios párrafos.

En las tareas de evaluación que requieren la obtención de información, los estudiantes deben establecer conexiones entre la información que proporciona la pregunta y la información del texto, empleando las mismas palabras o con sinónimos, y a continuación usar esa información para obtener los datos solicitados. En este tipo de ejercicios, la obtención de la información se basa en el propio texto y en los datos que este contiene. Los ejercicios de *obtención de información* requieren que el estudiante localice una serie de datos de acuerdo con los requisitos o características especificadas en las preguntas. El estudiante tiene que detectar o identificar uno o más elementos esenciales de una pregunta: personajes, ubicación en el tiempo o el espacio, contexto, etc., para a continuación encontrar un equivalente literal o un sinónimo.

Los ejercicios de obtención de datos pueden presentar diversos grados de ambigüedad. Por ejemplo, se puede pedir al estudiante que seleccione información explícita, como sería una indicación espacial o temporal en un texto o una tabla. Una versión más difícil de este mismo tipo de ejercicio consiste en encontrar información sinonímica. A veces eso requiere habilidades de categorización o puede exigir que se discrimine entre datos muy similares. Para medir los distintos niveles de aptitud a la hora de ejecutar estos procesos se pueden variar sistemáticamente los elementos que determinan la dificultad de la tarea.

Desarrollo de una comprensión general

El *desarrollo de una comprensión general* de lo que se ha leído obliga al lector a juzgar el texto globalmente o desde una perspectiva amplia. Son varios los ejercicios de evaluación en los que se pide a los lectores que se hagan este tipo de idea general. Esta comprensión inicial puede evaluarse, por ejemplo, pidiendo a los estudiantes que señalen el tema general o el mensaje del texto, o que identifiquen su función o utilidad. Ejemplos de ello son las tareas en las que el lector debe seleccionar o crear un título o una tesis para el texto, explicar el orden de unas instrucciones sencillas o identificar las dimensiones principales de un gráfico o una tabla. En otros ejemplos se pide al estudiante que describa al personaje principal de un relato o el ambiente o contexto en que dicho relato tiene lugar, que identifique un tema o un mensaje en un texto literario o que explique la función o propósito de un mapa o una figura.

Como parte de este proceso, se puede pedir al estudiante que asocie un fragmento concreto del texto con una pregunta. Así sucede, por ejemplo, cuando un tema o una idea principal aparece explicitada en el texto. Otras tareas pueden requerir que el estudiante preste atención a más de una referencia concreta del texto: como ocurre, por ejemplo, si el lector tuvo que deducir el tema a partir de la repetición de una determinada categoría de información. Señalar cuál es la idea principal implica determinar la jerarquía de las ideas y seleccionar aquella que tiene un carácter más general y abarcador. Este tipo de tarea revela si el estudiante es capaz de distinguir las ideas clave de los detalles secundarios, o si es capaz de reconocer el resumen del tema principal en una oración o un título.

Elaboración de una interpretación

La *elaboración de una interpretación* requiere que los lectores amplíen sus primeras impresiones de un texto con el fin de alcanzar una comprensión más específica o completa de aquello que han leído. La realización de este tipo de tareas exige el desarrollo de una comprensión lógica, ya que los lectores deben procesar la estructura informativa del texto. Para ello, deben demostrar su comprensión de la cohesión textual, aunque no sean capaces de explicar en qué consiste dicha cohesión. En algunos casos, la elaboración de una interpretación puede requerir que el lector procese una secuencia compuesta de tan solo dos oraciones recurriendo a la cohesión local. Este proceso puede verse facilitado por la presencia de marcadores de cohesión, como el uso de «en primer lugar» y «en segundo lugar» para indicar una secuencia. En otros casos más difíciles (los que ilustran relaciones de causa/efecto, por ejemplo), puede no haber marcadores explícitos.

Como ejemplos de ejercicios que cabe emplear para evaluar este proceso, pueden citarse la comparación y contraste de información, la capacidad para hacer inferencias, y la identificación y listado de pruebas. En las tareas de «comparación y contraste» se pide al alumno que reúna dos o más datos informativos extraídos del texto. En ese tipo de tareas, para procesar la información explícita o implícita obtenida a través de una o varias fuentes, el lector a menudo deberá inferir una determinada relación o categoría. Dicho proceso de comprensión también se evalúa en las tareas que piden al estudiante que haga inferencias sobre la intención del autor y que señale en qué se basa para inferir dicha intención.

Reflexión y valoración sobre el contenido del texto

Reflexión y valoración sobre el contenido del texto requiere que los lectores relacionen la información en él contenida con unos conocimientos procedentes de otras fuentes. Los lectores deben asimismo contrastar las aseveraciones incluidas en el texto con su propio conocimiento del mundo. En este sentido, es bastante habitual que se pida a los lectores que articulen y defiendan unos puntos de vista propios. Para poder hacerlo, primero deben formarse una idea de lo que el texto dice y pretende sugerir. A continuación, deben contrastar esa representación mental con lo que ellos mismos saben y creen, partiendo bien de informaciones previas o bien de informaciones obtenidas a través de otros textos. Los lectores deben tomar las pruebas incluidas en el texto y contrastarlas con las procedentes de otras fuentes de información, empleando conocimientos generales y particulares, así como su capacidad de razonamiento abstracto.

Entre las tareas de evaluación que corresponden a este tipo de procesos se cuentan la presentación de argumentos o pruebas exteriores al texto, la valoración de determinados elementos informativos o probatorios, o la aplicación de normas o criterios morales o estéticos. Al estudiante se le pide que proponga o identifique datos informativos suplementarios que refuercen el argumento del autor, o que juzgue si son suficientes las pruebas o la información que aporta el texto.

El conocimiento exterior al que se vincula la información textual puede proceder del conocimiento personal del estudiante, de otros textos que se facilitan en la prueba, o de ideas incluidas en la propia pregunta.

Reflexión y valoración sobre la forma del texto

Las tareas comprendidas en esta categoría invitan a que el lector se distancie del texto, lo juzgue objetivamente y evalúe su calidad y relevancia. Desempeñan un papel destacado en dichas tareas la familiaridad con las estructuras, los registros y los géneros de los textos. Estos elementos, que son

© OCDE 2006

básicos en la práctica de los escritores, tienen una importancia capital para comprender los estándares inherentes a las tareas de esta naturaleza. Juzgar si un autor describe adecuadamente una característica o si es eficaz persuadiendo a su lector no solo depende de un conocimiento sustantivo, sino también de la sensibilidad a los matices del estilo, como puede ser la capacidad de reconocer que la elección de un adjetivo puede influir en la interpretación.

Entre los ejemplos característicos de las tareas de *reflexión y valoración sobre la forma del texto* se encuentran aquellos en los que se debe determinar la utilidad de un texto para la consecución de un propósito específico o el uso que hace el autor de determinados recursos textuales para alcanzar un fin. También puede pedirse al estudiante que describa o comente el estilo empleado por el autor o que identifique cuál es su propósito o su actitud.

Distribución de las tareas

La Figura 2.3 muestra la distribución de las tareas de evaluación de la competencia lectora según las tres subcategorías derivadas de los cinco procesos de lectura (aspectos) ya definidos. La categoría más numerosa, que supone aproximadamente el 50 % de la prueba de evaluación, se corresponde con las dos ramificaciones de la Figura 2.2, en las que se pide a los estudiantes que presten especial atención a las relaciones dentro de un texto. Esas tareas precisan que los estudiantes se formen una idea general o elaboren una interpretación. A efectos de presentación, ambas tareas se han agrupado en un solo proceso denominado «Interpretación de textos». En los informes PISA 2000, PISA 2003 y PISA 2006, la siguiente categoría en extensión representa un 29 % de la evaluación y comprende aquellas tareas en las que los estudiantes deben demostrar su habilidad para obtener elementos informativos aislados. Todos estos procesos (formarse una idea general, obtener información y elaborar una interpretación) tratan de evaluar en qué medida el lector es capaz de comprender y utilizar informaciones contenidas en el texto. En las tareas restantes, que suponen aproximadamente un 20 % de la prueba de evaluación, se requiere a los estudiantes que reflexionen, bien sobre la información o el contenido proporcionados por el texto, bien sobre la forma y la estructura del mismo.

Tipos de ejercicio

La tareas de lectura de PISA son de varios tipos, incluidas las de elección múltiple y diversos constructos que requieren que los estudiantes escriban sus respuestas en vez de elegir simplemente entre una serie de respuestas dadas. Los diferentes tipos de tareas exigen diversas formas de evaluación. La Figura 2.4 pone de manifiesto que en PISA 2000, 2003 y 2006 cerca del 43 % de las tareas que evaluaban la compe-

Figura 2.3 ■ **Distribución de las tareas de competencia lectora, según los procesos (aspectos)**

Lectura como área principal (PISA 2000)
Lectura como área secundaria (PISA 2003 y 2006)

Proceso de lectura (aspecto)	Porcentaje de tareas (%)	
Obtención de información	29	29
Interpretación de textos	49	50
Reflexión y valoración	22	21
Total[1]	**100**	**100**

1. Debido al redondeo, los datos totales no siempre se corresponden con la suma de los parciales.

tencia lectora correspondían a ejercicios de respuesta construida-abierta que exigían una valoración por parte del corrector o evaluador. Las tareas restantes consistían en ejercicios de respuesta construida-cerrada, que apenas requieren valoración por parte del evaluador, ejercicios de elección múltiple sencilla, en los que los alumnos tienen que elegir una entre varias respuestas alternativas, y finalmente ejercicios de elección múltiple compleja, en los que los estudiantes tienen que escoger más de una respuesta.

Esta tabla también revela que, a pesar de que los ejercicios de elección múltiple y los de respuesta construida-abierta se emplean en todos los procesos, su distribución no es uniforme.

El porcentaje de ejercicios de elección múltiple en el caso de los dos procesos en los que se interpretan relaciones dentro de un texto es más elevado, como se constata en la segunda fila de la Figura 2.4. Por el contrario, si bien las tareas de reflexión y valoración representan aproximadamente el 20 % de los ejercicios empleados en los ciclos PISA 2000, PISA 2003 y PISA 2006, solamente el 2 % son ejercicios de elección múltiple en PISA 2000. De dichas tareas de reflexión y valoración, un 20 % aproximadamente son ejercicios de respuesta construida-abierta, que requieren una valoración por parte del corrector.

Calificación

La corrección es relativamente sencilla en el caso de los ejercicios de elección múltiple y puntuación dicotómica: el estudiante ha dado con la respuesta correcta o no. Los modelos de puntuación parcial posibilitan una corrección más matizada de los ejercicios. Por ejemplo, dado que algunas respuestas erróneas son preferibles a otras, los estudiantes que han elegido una respuesta «casi correcta» reciben una puntuación parcial. Hay amplia experiencia en modelos psicométricos para este tipo de correcciones politómicas que, en algunos casos, son preferibles a las correcciones dicotómicas, puesto que tienen en cuenta más información. No obstante, la interpretación de las correcciones politómicas es más compleja, ya que cada tarea ocupa más de una posición en la escala de dificultad: una localización para el caso de la respuesta idónea, que recibe la puntuación total, y otras para las respuestas que reciben puntuaciones parciales. En PISA, la corrección con puntuaciones parciales se reserva para algunos de los ejercicios de respuesta construida más complejos.

Figura 2.4 ■ **Distribución de las tareas de competencia lectora, según los procesos (aspectos) y los tipos de ejercicio**

Lectura como área prioritaria (PISA 2000)
Lectura como área secundaria (PISA 2003 y 2006)

	Item types									
Proceso (aspecto)	**Porcentaje de ejercicios de elección múltiple**		**Porcentaje de ejercicios de elección múltiple compleja**		**Porcentaje de ejercicios de respuesta construida -cerrada**		**Porcentaje de ejercicios de respuesta construida -abierta[1]**		**Total[2]**	
Obtención de información	8	-	2	4	6	14	13	11	**29**	**29**
Interpretación de textos	32	29	2	4	2	7	13	11	**49**	**50**
Reflexión y valoración	2	-	2	-	-	-	18	21	**22**	**21**
Total[2]	**42**	**29**	**6**	**7**	**9**	**21**	**44**	**43**	**100**	**100**

1. Esta categoría incluye ejercicios de respuesta corta.
2. Debido al redondeo, los datos totales no siempre se corresponden con la suma de los parciales.

© OCDE 2006

SITUACIONES

La definición de situación se tomó del estudio del Consejo de Europa sobre el lenguaje. Se identificaron cuatro variables de situación: *lectura para fines privados, lectura para fines públicos, lectura para fines profesionales* y *lectura para fines educativos*. Aunque la intención de la evaluación de la competencia lectora de PISA es medir los tipos de lectura que tienen lugar tanto dentro como fuera de las aulas, la definición de situación no podía basarse exclusivamente en el lugar en el que se llevaba a cabo la actividad. Los libros de texto, por ejemplo, se leen tanto en la escuela como en el hogar, y ni el proceso ni el propósito de su lectura difieren mucho en uno u otro lugar. Además, la lectura también está influida por el uso al que la destine el autor, por los diferentes tipos de contenido y por el hecho de que a veces son terceros (por ejemplo, docentes o superiores profesionales) quienes deciden qué ha de leerse y con qué fin.

Así pues, a efectos de esta evaluación, la situación puede entenderse como una categorización general de los textos según el uso pretendido por su autor, según la relación con terceros relacionados implícita o explícitamente con el texto y según su contenido general. Los textos de muestra fueron extraídos de una variedad de situaciones con el fin de maximizar la diversidad de contenidos en el estudio de la competencia lectora. Se puso especial cuidado en la selección de los textos según su origen. El objetivo de la selección era llegar a un punto intermedio entre la definición general de la *competencia lectora* que emplea PISA y la diversidad lingüística y cultural de los países que participaban en el estudio. Solo así podía garantizarse que ningún grupo se viera favorecido o desfavorecido por el contenido de la evaluación.

Las cuatro variables de situación tomadas del estudio del Consejo de Europa pueden describirse de la siguiente manera:

- *Lectura para fines privados (personal)*. Es aquella que lleva a cabo una persona con el fin de satisfacer sus propios intereses, ya sean de orden práctico o intelectual. También se califica así a la lectura encaminada a entablar o conservar relaciones personales con otras personas. En esta categoría se encuentran las cartas personales, así como los textos de ficción, biográficos o informativos que se leen por curiosidad, o como parte de actividades recreativas o de ocio.

- *Lectura para fines públicos*. Es aquella que se practica para tomar parte en actividades sociales o comunitarias; por ejemplo, la lectura de impresos oficiales o de textos informativos sobre acontecimientos públicos. Por lo general, estas actividades comportan un contacto, más o menos anónimo, con otras personas.

- *Lectura para fines profesionales (entorno laboral)*. Aunque no todos los jóvenes de 15 años tendrán que leer en sus entornos laborales, es importante calibrar la capacidad de una persona de esa edad para introducirse en el mundo del trabajo, pues en la mayoría de los países más del 50% de ellos pasarán a formar parte de la población laboral en un plazo de uno o dos años. Las tareas típicas de esta categoría suelen recogerse bajo la fórmula «leer para hacer» (Sticht, 1975; Stiggins, 1982), ya que están encaminadas al desempeño de una tarea inmediata.

- *Lectura para fines educativos*. Este tipo de lectura suele formar parte de la adquisición de conocimientos dentro de una tarea educativa más amplia. Con frecuencia, los materiales escritos no los escoge el lector, sino el docente. Normalmente, su contenido ha sido explícitamente elaborado para cumplir una función formativa. Las tareas típicas de este tipo de lecturas se identifican con la función «leer para aprender» (Sticht, 1975; Stiggins, 1982).

La Figura 2.5 muestra la distribución de las tareas de competencia lectora para las cuatro situaciones, según dos casos diferenciados: aquel en el que la lectura fue un área principal (PISA 2000) y aquel en el que fue un área secundaria (PISA 2003 y 2006).

Figura 2.5 ■ **Distribución de las tareas evaluadoras de la competencia lectora según las situaciones**

Lectura como área principal (PISA 2000)
Lectura como área secundaria (PISA 2003 y 2006)

Situación	Porcentaje de tareas	
Personal	20	21
Pública	38	25
Profesional	14	25
Educativa	28	29
Total	**100**	**100**

PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

Escalas de las tareas de competencia lectora

Con objeto de garantizar que la evaluación cubre con la mayor amplitud posible la *competencia lectora* tal como aquí se define, las tareas de lectura se aplican a muestras representativas de alumnos de 15 años de los países participantes. Resulta imposible, sin embargo, que cada estudiante haga frente a la totalidad de las tareas. Por consiguiente, el estudio se ha diseñado de tal forma que cada alumno solo tenga que hacer una parte del conjunto total de pruebas, procurando a su vez que cada uno de los ejercicios sea realizado por grupos homogéneamente repartidos según su nacionalidad. Surge, pues, la dificultad de decidir cómo se pueden proyectar los resultados de los estudiantes sobre la prueba en su totalidad.

Las tareas que evalúan la competencia lectora se pueden distribuir a lo largo de un continuo que mida la dificultad de la prueba para el estudiante y el nivel de habilidad requerido para realizar cada ejercicio correctamente. El procedimiento que se emplea en PISA para construir ese continuo de dificultad y capacidad se denomina «teoría de respuesta al ítem» (TRI). La TRI es un modelo matemático que se usa para determinar la probabilidad de que una persona realice correctamente una determinada tarea dentro de un conjunto definido de tareas. Esta probabilidad se refleja en un modelo mediante un continuo donde queda registrada, por un lado, la pericia de una persona según su capacidad, y, por otro, la complejidad de un ejercicio según su grado de dificultad. Ese continuo de dificultad y capacidad recibe el nombre de «escala».

Presentación

PISA 2006 seguirá el mismo modelo de presentación empleado en PISA 2000 y 2003, donde los resultados se presentaban según una escala de rendimiento de base teórica, fácilmente interpretable en términos políticos. En primer lugar, se resumieron los resultados de la evaluación de la competencia lectora mediante una sola escala compuesta, con una media de 500 y una desviación típica de 100. El rendimiento de los alumnos se representó asimismo por medio de cinco subescalas: tres subescalas de procesos (aspecto) («obtención de información», «interpretación de textos»

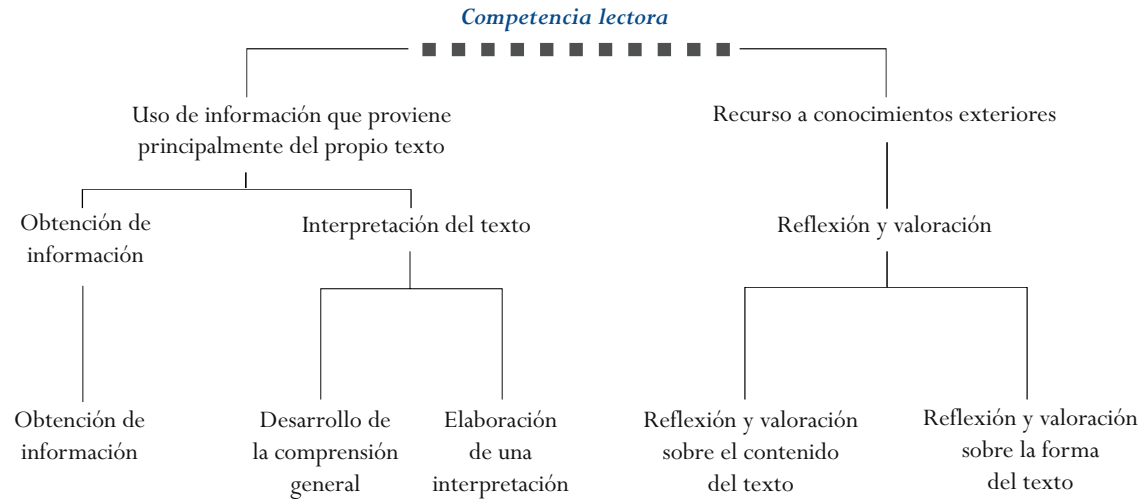
© OCDE 2006

y «reflexión y valoración», OCDE, 2001) y dos subescalas de formatos textuales (*textos continuos* y *textos discontinuos*, OCDE, 2002). Estas cinco subescalas permiten comparar los valores medios, así como las distribuciones entre subgrupos y países, en función de los distintos componentes del modelo de competencia lectora. Aunque existe un alto grado de correlación entre las subescalas, los resultados obtenidos en cada una de ellas pueden revelar interesantes interacciones entre los países participantes. En los casos en los que se produzcan este tipo de interacciones, podrán examinarse y ponerse en relación con los currículos y las metodologías de enseñanza vigentes. A este respecto, puede que en algunos países lo más importante sea decidir cómo se puede enseñar mejor el currículo educativo en vigor, pero en otros el problema puede ser no solamente cómo se enseña, sino qué se enseña.

Subescalas del proceso de lectura (aspectos)

En la Figura 2.6 se exponen de manera resumida las tareas de la competencia lectora en función de tres procesos. Hay dos motivos para reducir de cinco a tres el número de procesos en la presentación de los resultados. La primera razón es de orden práctico. Dado que en 2003 y 2006 la lectura es un área secundaria, el número de tareas de lectura está limitado a unos 30 ejercicios, en lugar de los 141 incluidos en 2000, cuando la lectura fue un área principal. La cantidad de información, por tanto, es insuficiente para que se observen tendencias en cinco subescalas de procesos. La segunda razón es conceptual. Las tres subescalas de procesos se basan en el conjunto de cinco procesos que se ilustraba en la Figura 2.2. El *desarrollo de una comprensión general* y la *elaboración de una interpretación* se han agrupado dentro de la subescala de «interpretación de textos», porque en los dos casos el lector procesa información del texto: en el caso del *desarrollo de una comprensión general*, información del texto en su totalidad, y en el de la *elaboración de una interpretación*, información de una parte del texto en relación con otra. Por su parte, la *reflexión y valoración sobre el contenido del texto* y la *reflexión y valoración sobre la forma del texto* forman ahora la subescala de «reflexión y valoración», por considerar que en la práctica la diferencia entre la reflexión y la valoración del contenido y la de la forma resultaba un tanto arbitraria.

Figura 2.6 ■ **Relación entre el marco de evaluación de la competencia lectora y las subescalas de procesos (aspectos)**



Subescalas del formato textual

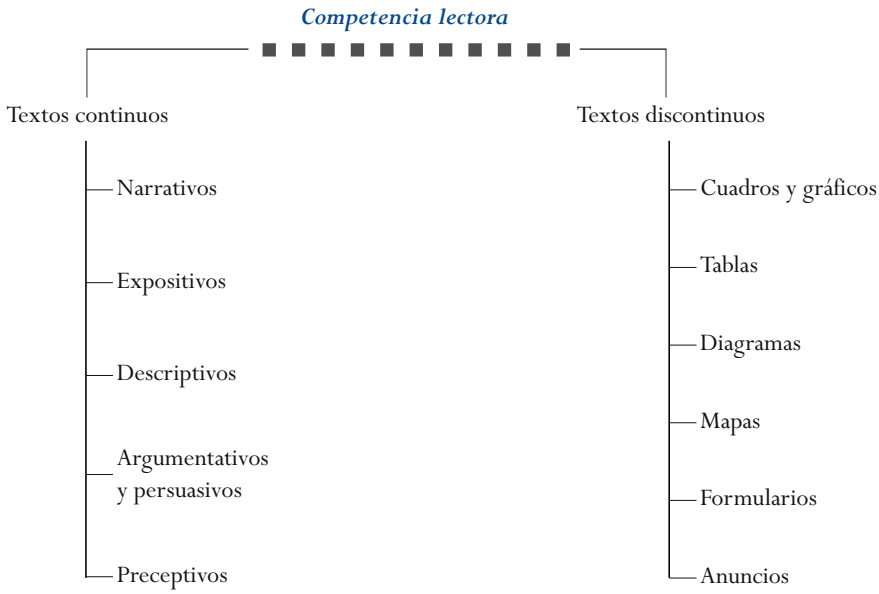
PISA 2003 y 2006 también brindan la posibilidad de mostrar los resultados mediante subescalas basadas en el formato de los textos, tal como se indicó en *Reading for Change: Performance and Engagement across Countries* (*El cambio gracias a la lectura: rendimiento y compromisos en diversos países*, OCDE, 2002). La Figura 2.7 presenta los diversos formatos textuales y las tareas asociadas a cada uno de ellos por medio de dos subescalas de formato. Este modo de presentar los resultados permite observar en qué medida los distintos países difieren en su capacidad de abordar textos de formatos variados. En la presentación de los resultados en 2000, dos terceras partes de las tareas constituían la subescala de los textos continuos, mientras que el tercio restante formaba la subescala de los textos discontinuos. La distribución de tareas es similar en 2003 y 2006.

Tanto los resultados de la escala completa como los de las cinco subescalas indican diversos niveles de rendimiento. Un valor bajo indica que el conocimiento y las habilidades del estudiante son muy limitados, y uno alto, que el alumno posee unos conocimientos y habilidades avanzados. El uso de la Teoría de Respuesta al Ítem no solamente permite obtener resultados para diversas subpoblaciones de estudiantes, sino que también puede servir para determinar las dificultades relativas de las tareas de competencia lectora incluidas en el estudio. En otras palabras, de igual modo que cada persona recibe una calificación en una escala basada en su rendimiento en las tareas evaluadas, cada tarea tiene una calificación en función de su grado de dificultad, que se define partiendo de los resultados obtenidos por los estudiantes de los países que participan en el estudio.

Elaboración de un mapa de ejercicios

El conjunto de las tareas de competencia lectora incluidas en PISA presenta una gran variedad de formatos textuales, situaciones y exigencias, y de ahí que también sus grados de dificultad varíen de forma considerable. Esta variedad queda reflejada en lo que suele conocerse como un mapa de

Figura 2.7 ■ **Relación entre el esquema general de la competencia lectora y las subescalas de formato textual**



© OCDE 2006

ejercicios. Dicho mapa proporciona una representación visual de las habilidades lectoras de los alumnos según quedan recogidas en las escalas. El mapa debe incluir una descripción sucinta de un conjunto escogido de ejercicios de evaluación de dominio público, junto con sus valoraciones de acuerdo con las distintas escalas. Dichas descripciones tienen en cuenta las habilidades específicas que el ejercicio trata de evaluar y, en el caso de los ejercicios de respuesta abierta, los criterios que se han de emplear para dar por correcta una respuesta. Las descripciones permiten hacerse una idea bastante exacta de la variedad de procesos que han puesto en acción los estudiantes, así como de las capacidades que deben demostrar en los distintos puntos de las escalas de competencia lectora.

En la Figura 2.8 se muestra un ejemplo de un mapa de ejercicios incluido en PISA 2000. Es conveniente explicar cómo ha de interpretarse. La puntuación que se asigna a cada ejercicio se basa en el principio de que una persona situada en un determinado punto de la escala tendrá un nivel de aptitud similar en cualquier ejercicio que corresponda a ese mismo punto de la escala. A efectos de la evaluación PISA, se decidió que el concepto «aptitud» equivaliera a que en un punto determinado de la escala de la competencia lectora un estudiante tuviera una probabilidad del 62 % de responder correctamente a los ejercicios situados en ese mismo punto. Por ejemplo, en la Figura 2.8 hay un ejercicio que ocupa el punto 421 de la escala compuesta. Eso quiere decir que si un estudiante obtiene un valor 421 en la escala compuesta de competencia lectora, la probabilidad de que tenga respuestas correctas en otros ejercicios situados en el punto 421 es del 62 %. Eso no significa, sin embargo, que los estudiantes que obtengan un valor inferior a 421 respondan siempre de forma incorrecta. Lo único que quiere decir es que, para los ejercicios de ese mismo nivel de dificultad, cabe esperar que los estudiantes que han obtenido un valor inferior a 421 den una solución correcta en menos del 62 % de los casos. Y a la inversa, aquellos estudiantes que obtengan puntuaciones superiores a 421 tendrán una probabilidad de más del 62 % de responder correctamente. Conviene señalar igualmente que, además de figurar en la escala compuesta de competencia lectora, los ejercicios aparecerán también en las subescalas de procesos y de formato. En este ejemplo concreto, el ejercicio que ocupa el valor 421 de la escala compuesta pide a los estudiantes que identifiquen la finalidad común de dos textos breves, comparando las ideas principales de cada uno de ellos. Es un ejercicio de interpretación y, por consiguiente, figura tanto en la escala de interpretación de textos como en la escala de textos continuos.

Niveles de aptitud en competencia lectora

Del mimo modo que la muestra de alumnos de los países participantes se elige para que representen a la población nacional de estudiantes de 15 años, cada ejercicio de lectura representa una clase de tareas dentro del campo de la competencia lectora. Por consiguiente, representa el dominio que los alumnos de 15 años deberían adquirir en la ejecución de cierto tipo de procesos y en el manejo de un determinado tipo de textos. En relación con esta cuestión surgen inmediatamente dos interrogantes. Primero, ¿en qué se diferencian las tareas situadas en la franja inferior de la escala de las que se sitúan en las franjas media y superior? Y segundo, ¿poseen las tareas que se sitúan más o menos en el mismo punto de la escala unos rasgos comunes que expliquen el hecho de que tengan el mismo grado de dificultad? Basta una inspección somera del mapa de ejercicios para constatar que las tareas de la franja inferior de cada una de las escalas difieren de las que se sitúan en su extremo superior. Un análisis más detenido de la gama de tareas repartidas en las distintas escalas revela asimismo la existencia de un conjunto ordenado de habilidades y estrategias de procesado de la información. Los miembros del grupo de expertos en lectura analizaron cada una de las tareas con objeto de identificar el conjunto de variables que determinaban su grado de dificultad. Lo que descubrieron fue que,

Figura 2.8 ■ Ejemplo de mapa de ejercicios de PISA 2000

	Mapa de ejercicios	Tipo de proceso (aspecto)			Formato de texto	
		Obtención de información	Interpretación	Reflexión y valoración	Continuo	Discontinuo
822	**PLANTEAR UNA HIPÓTESIS** acerca de un fenómeno imprevisto recurriendo a conocimientos externos y a la información relevante presentada en una **TABLA COMPLEJA** sobre un tema relativamente poco conocido. (Puntuación 2)			○		○
727	**ANALIZAR** varios casos descritos y **ASIGNARLOS** a las categorías propuestas en un **DIAGRAMA DE ÁRBOL**, donde una parte de la información relevante figura en notas a pie de página. (Puntuación 2)		○			○
705	**PLANTEAR UNA HIPÓTESIS** acerca de un fenómeno imprevisto recurriendo a conocimientos externos y a información relevante presentada en una **TABLA COMPLEJA** sobre un tema relativamente poco conocido. (Puntuación 1)			○		○
652	**VALORAR** el final de una **NARRACIÓN LARGA** en consonancia con su tema implícito y su atmósfera general. (Puntuación 2)			○	○	
645	**RELACIONAR MATICES LINGÜÍSTICOS** con el tema principal de una **NARRACIÓN LARGA** en la que aparecen ideas contrapuestas. (Puntuación 2)		○		○	
631	**LOCALIZAR** información en un **DIAGRAMA DE ÁRBOL** utilizando informaciones recogidas en una nota al pie. (Puntuación 2)	○				○
603	**INTERPRETAR** el significado de una oración relacionándola con un contexto más amplio en una **NARRACIÓN LARGA**.		○		○	
600	**PLANTEAR UNA HIPÓTESIS** sobre una decisión del autor comparando los datos de un esquema con el tema principal que puede inferirse de una **VARIEDAD DE REPRESENTACIONES GRÁFICAS**.			○		○
581	**COMPARAR Y VALORAR** los estilos de dos **CARTAS** abiertas.			○	○	
567	**VALORAR** el final de una **NARRACIÓN LARGA** en relación con su trama. (Puntuación 1)			○	○	
542	**INFERIR UNA RELACIÓN ANALÓGICA** entre dos fenómenos presentados en una **CARTA** abierta.		○		○	
540	**IDENTIFICAR** la fecha implícita del inicio de un gráfico.	○				○
539	**INTERPRETAR EL SIGNIFICADO** de varias citas breves extraídas de una **NARRACIÓN LARGA** en relación con la atmósfera o la situación inmediata de la misma. (Puntuación 1)		○		○	
537	**RELACIONAR** información probatoria extraída de una **NARRACIÓN LARGA** con ideas personales para justificar puntos de vista opuestos. (Puntuación 2)			○	○	
529	**EXPLICAR** las motivaciones de un personaje relacionando acontecimientos presentes en una **NARRACIÓN LARGA**.		○		○	
508	**INFERIR LA RELACIÓN** entre **DOS PRESENTACIONES GRÁFICAS** que emplean convenciones distintas.		○			○
486	**VALORAR** la adecuación de un **DIAGRAMA DE ÁRBOL** para cumplir determinados propósitos.			○		○
485	**LOCALIZAR** información numérica en un **DIAGRAMA DE ÁRBOL**.	○				○
480	**CONECTAR** datos probatorios procedentes de una **NARRACIÓN LARGA** con conceptos propios con el fin de justificar un único punto de vista. (Puntuación 1)			○	○	
478	**LOCALIZAR Y COMBINAR** información procedente de un **GRÁFICO LINEAL** y de su introducción para inferir un valor ausente.	○				○
477	**COMPRENDER** la estructura de un **DIAGRAMA DE ÁRBOL**.		○			○
473	**CORRELACIONAR** categorías procedentes de un **DIAGRAMA DE ÁRBOL** con una serie de casos descritos, en los que parte de la información relevante se encuentra en notas al pie.		○			○
447	**INTERPRETAR** información incluida en un único párrafo con el fin de comprender el contexto de una **NARRACIÓN**.		○		○	
445	Distinguir entre las variables y los **RASGOS ESTRUCTURALES** de un **DIAGRAMA DE ÁRBOL**.			○		○
421	**IDENTIFICAR el PROPÓSITO** que tienen en común **DOS TEXTOS BREVES**.		○		○	
405	**LOCALIZAR** datos informativos explícitos contenidos en un **TEXTO** con marcadores de organización bien definidos.	○			○	
397	Inferir la **IDEA PRINCIPAL** de un **GRÁFICO DE BARRAS** sencillo a partir de su título.		○			○
392	**LOCALIZAR** un dato informativo literal en un **TEXTO** de estructura sencilla.	○			○	
367	**LOCALIZAR** información explícita contenida en una sección breve y especificada de una **NARRACIÓN**.	○			○	
363	**LOCALIZAR** un dato informativo explícito contenido en un **TEXTO** con encabezados.	○			○	
356	**RECONOCER EL TEMA** de un artículo que contenga un subtítulo claro y un considerable nivel de redundancia.		○		○	

© OCDE 2006

en parte, la dificultad viene determinada por la extensión, la estructura y la complejidad del propio texto. No obstante, también constataron que en la mayoría de las unidades de lectura (definidas como un texto y las preguntas que lo acompañan), las preguntas se distribuyen a lo largo de toda la escala de la competencia lectora. Esto significa que, si bien la estructura del texto contribuye a la dificultad del ejercicio, lo que se pide al lector que haga con el texto, según se define en las preguntas o instrucciones, interactúa con el texto e influye también en la dificultad global.

Los miembros del grupo de expertos en lectura y los diseñadores de la prueba identificaron también una serie de variables que pueden influir en la dificultad de cualquiera de las tareas de competencia lectora. Uno de los factores más relevantes es el proceso que se sigue a la hora de obtener información, desarrollar una interpretación o reflexionar sobre lo que se ha leído. Los procesos pueden presentar unos niveles de dificultad y complejidad muy diversos que abarcan desde la determinación de conexiones sencillas entre datos informativos, o la categorización de ideas de acuerdo con unos criterios dados, hasta la valoración crítica y la elaboración de hipótesis sobre un fragmento de texto. Aparte del proceso empleado, la dificultad de las tareas de obtención de información varía según el número de datos que ha de incluirse en la respuesta, el número de criterios que ha de satisfacer la información y si la información obtenida debe o no ordenarse de una determinada manera. En el caso de las tareas de interpretación y reflexión, la extensión del texto que ha de asimilarse es un factor de dificultad importante. En los ejercicios que precisan reflexión por parte del lector, el grado de dificultad también guarda relación con la familiaridad o la especificidad de los conocimientos exteriores al texto a los que se debe recurrir. En todos los procesos de lectura, el grado de dificultad de la tarea depende de lo conspicua que sea la información requerida, de la cantidad de información alternativa presente en el texto y de si el lector dispone o no de unas orientaciones explícitas que le guíen hacia las ideas o los datos necesarios para llevar a cabo la tarea.

En el estudio PISA 2000 se intentó reflejar estas variaciones en los grados de complejidad y dificultad dividiendo la escala completa y cada una de las subescalas en cinco niveles:

Nivel	Puntuaciones de la escala PISA
1	335 a 407
2	408 a 480
3	481 a 552
4	553 a 625
5	Superior a 625

Los grupos de expertos llegaron a la conclusión de que las tareas pertenecientes a un mismo nivel de *competencia lectora* compartían muchos rasgos y requisitos, mientras que diferían de forma sistemática de las tareas que se situaban en niveles superiores o inferiores. Cabe concluir, por tanto, que estos niveles pueden resultar útiles para estudiar la progresión de los grados de exigencia de *competencia lectora* dentro de cada escala. La progresión aparece representada en la Figura 2.9. El proceso que acaba de describirse se aplicó ya a la *competencia matemática* en PISA 2003 y será el mismo que se aplique a la *competencia científica* en PISA 2006.

Interpretación de los niveles de competencia lectora

Cada nivel de competencia no solo representa un abanico de tareas que llevan asociadas una serie de conocimientos y habilidades, sino también el grado de capacitación de los estudiantes. Como ya se mencionó anteriormente, en un principio los niveles de competencia lectora fueron establecidos por los miembros del grupo de expertos en lectura para representar un conjunto de tareas con ca-

Figura 2.9 ■ Mapa de niveles de competencia lectora

	Obtención de información	Interpretación de textos	Reflexión y valoración
Nivel 5	Localizar y posiblemente ordenar o combinar varios fragmentos de información que no resultan evidentes en absoluto, algunos de los cuales podrían encontrarse fuera del corpus principal del texto. Inferir qué información del texto es relevante para la tarea. Manejar información muy verosímil y/o abundante información en conflicto.	O interpretar el significado de un lenguaje lleno de matices o demostrar una comprensión completa del texto.	Valorar de manera crítica o formular hipótesis haciendo uso de conocimientos especializados. Manejar conceptos contrarios a las expectativas y hacer uso de una comprensión profunda de textos largos o complicados.
	Textos continuos: Analizar textos cuya estructura no resulta obvia ni está marcada con claridad, para discernir la relación entre partes específicas del texto y el tema o la intención implícita en el mismo. ***Textos discontinuos:*** Identificar las pautas existentes entre muchos fragmentos de información expuestos de manera extensa y detallada, a veces haciendo referencia a información externa a la exposición. Es posible que el lector tenga que percatarse independientemente de que para comprender por completo la sección del texto es necesario consultar otra parte distinta del mismo documento, como una nota al pie.		
Nivel 4	Localizar y posiblemente ordenar o combinar varios fragmentos de información que no resultan evidentes, que es posible que tengan que ajustarse a varios criterios, en un texto cuyo contexto o forma resulta habitual. Inferir qué información del texto es relevante para la tarea.	Utilizar un nivel elevado de inferencia basada en el texto para comprender y aplicar categorías en un contexto poco habitual e interpretar el significado de una sección del texto teniendo en cuenta el texto en su totalidad. Manejar ambigüedades, ideas contrarias a las expectativas e ideas expresadas de forma negativa.	Utilizar conocimientos públicos o formales para formular hipótesis o analizar de manera crítica un texto. Mostrar una comprensión precisa de textos largos y complicados.
	Textos continuos: Seguir los vínculos lingüísticos o temáticos a lo largo de varios párrafos, a menudo sin nexos claros en el discurso, para localizar, interpretar o evaluar información que no resulta evidente o inferir significados psicológicos o metafísicos. ***Textos discontinuos:*** Realizar una lectura rápida de un texto largo y detallado para encontrar información relevante, a menudo con muy poca o ninguna ayuda de elementos organizadores como marcadores o una maquetación especial, para localizar diversos fragmentos de información que deberán ser comparados o combinados.		
Nivel 3	Localizar y en algunos casos reconocer la relación entre distintos fragmentos de información que es posible que tengan que ajustarse a varios criterios. Manejar información importante en conflicto.	Integrar distintas partes de un texto para identificar una idea principal, comprender una relación o interpretar el significado de una palabra o frase. Comparar, contrastar o categorizar teniendo en cuenta muchos criterios. Manejar información en conflicto.	Realizar conexiones o comparaciones, dar explicaciones o valorar una característica del texto. Demostrar un conocimiento detallado del texto en relación con el conocimiento habitual y cotidiano o hacer uso de conocimientos menos habituales.
	Textos continuos: Utilizar convenciones de organización del texto, cuando las haya, y seguir vínculos lógicos, explícitos o implícitos, tales como causa y efecto a lo largo de frases o párrafos, para localizar, interpretar o valorar información. ***Textos discontinuos:*** Tomar en consideración una exposición a la luz de otro documento o exposición distintos, que posiblemente tenga otro formato, o combinar varios fragmentos de información espacial, verbal o numérica en un gráfico o en un mapa para extraer conclusiones sobre la información representada.		
Nivel 2	Localizar uno o más fragmentos de información que es posible que tengan que ajustarse a varios criterios. Manejar información en conflicto.	Identificar la idea principal del texto, comprender relaciones, crear o aplicar categorías simples, o interpretar el significado con una parte limitada del texto cuando la información no es importante y se requieren inferencias sencillas.	Hacer una comparación o conectar el texto y el conocimiento externo, o explicar una característica del texto haciendo uso de experiencias y actitudes personales.
	Textos continuos: Seguir conexiones lógicas y lingüísticas dentro de un párrafo para localizar o interpretar información; o sintetizar información a lo largo de textos o partes de textos para inferir la intención del autor. ***Textos discontinuos:*** Demostrar que se ha captado la estructura subyacente de una exposición visual como un diagrama de árbol, o combinar dos fragmentos de información de un gráfico o una tabla.		
Nivel 1	Localizar uno o más fragmentos independientes de información, generalmente ajustándose a un criterio, con muy poca o ninguna información en conflicto en el texto.	Reconocer el tema principal o la intención del autor de un texto sobre un tema habitual, cuando la información requerida es importante.	Realizar una conexión simple entre la información de un texto y el conocimiento habitual y cotidiano.
	Textos continuos: Usar las redundancias, los encabezamientos de los párrafos y las convenciones de imprenta habituales para formarse una impresión de la idea principal del texto, o para localizar información expuesta de manera explícita en un breve fragmento de texto. ***Textos discontinuos:*** Centrarse en fragmentos de información separados, generalmente dentro de una única exposición como un mapa sencillo, un gráfico lineal o de barras que tan solo presenta una pequeña cantidad de información de una manea sencilla y que en la mayoría de los textos verbales está limitada a un reducido número de palabras o frases.		

© OCDE 2006

racterísticas comunes. Estos niveles comparten también una serie de propiedades estadísticas. Dentro de cada nivel, se espera que el alumno que haya obtenido un valor medio resuelva satisfactoriamente en un 62 % de los casos las tareas de grado medio de ese mismo nivel. Además, la extensión de un nivel viene determinada en parte por la expectativa de que un estudiante cuyo rendimiento se sitúe en el extremo más bajo de cualquiera de los niveles obtendría una puntuación del 50 % en una prueba hipotética que estuviera constituida por ejercicios seleccionados aleatoriamente dentro de ese mismo nivel.

Dado que cada una de las escalas de competencia lectora representa un continuo de conocimientos y habilidades, los estudiantes de un nivel determinado no solo demuestran poseer conocimientos y técnicas propias de ese nivel, sino también los correspondientes a los niveles inferiores. En otras palabras, los conocimientos y las técnicas propias de cada nivel son acumulativas y engloban las habilidades que se suponen para el nivel inmediatamente inferior. Es de presumir, por tanto, que un estudiante que ha sido incluido en el Nivel 3 de la escala de competencia lectora no solo estará capacitado para resolver las tareas de dicho nivel, sino también las de los Niveles 1 y 2. Esto supone, asimismo, que los estudiantes de los Niveles 1 y 2 que realicen una tarea media del Nivel 3 obtendrán una respuesta correcta en menos del 50 % de los casos. Dicho de otra manera, se espera que obtenga un resultado inferior al 50 % en una prueba compuesta exclusivamente de ejercicios del Nivel 3.

En la Figura 2.10 se representa la probabilidad de que los alumnos que hayan obtenido determinadas puntuaciones en la escala compuesta de competencia lectora den una respuesta correcta a una serie de tareas de distintos niveles de dificultad. La primera tarea es del Nivel 1, la siguiente es del Nivel 3 y la tercera tiene asignadas dos puntuaciones: una en el Nivel 4 y otra en el Nivel 5. Como puede apreciarse, un estudiante cuya puntuación fuera 298, una puntuación que está por debajo del Nivel 1, solo tiene un 43 % de probabilidades de responder correctamente a una tarea del Nivel 1 de valor 367 en la escala de competencia. La misma persona tiene solo un 14 % de probabilidades de responder a un ejercicio de Nivel 3 y prácticamente ninguna de solucionar correctamente un ejercicio del Nivel 5. Si pasamos al tramo central del Nivel 1, veremos que una persona cuya puntuación sea 371 tiene una probabilidad del 63 % de resolver un ejercicio de valor 367, pero una probabilidad de poco más del 25 % de dar una respuesta correcta a las tareas del valor 508, y tan solo un 7 % de

Figura 2.10 ■ **Probabilidad de responder correctamente a una selección de tareas con distintos grados de dificultad por parte de estudiantes con distintos niveles de competencia**

	Tareas seleccionadas de diversa dificultad:			
Estudiantes con niveles diversos de competencia	**Nivel 1 Ejercicio de 367 puntos**	**Nivel 3 Ejercicio de 508 puntos**	**Nivel 4 Ejercicio de 567 puntos**	**Nivel 5 Ejercicio de 652 puntos**
Inferior al Nivel 1 (competencia de 298 puntos)	43	14	8	3
Nivel 1 (competencia de 371 puntos)	63	27	16	7
Nivel 2 (competencia de 444 puntos)	79	45	30	14
Nivel 3 (competencia de 517 puntos)	89	64	48	27
Nivel 4 (competencia de 589 puntos)	95	80	68	45
Nivel 5 (competencia de 662 puntos)	98	90	82	65

probabilidades de responder correctamente al ejercicio seleccionado del Nivel 5. Por el contrario, se supone que una persona del Nivel 3 tendría que contestar correctamente en el 89 % de las ocasiones a los ejercicios puntuados con un valor 367 en la escala de competencia y en el 64 % de las ocasiones a las tareas del valor 508, que se sitúa en torno a la parte central del Nivel 3. Esa misma persona, sin embargo, solo tendría un 27 % de posibilidades de contestar correctamente a ejercicios situados en el tramo central del Nivel 5. Finalmente, un estudiante del Nivel 5 debería ser capaz de contestar correctamente la mayor parte de las veces a cualquiera de los ejercicios. Como se muestra en la Figura 2.10, un estudiante con una puntuación de 662 en la escala compuesta de competencia lectora tiene un 98 % de probabilidades de resolver correctamente un ejercicio de valor 367, un 90 % de contestar correctamente a un ejercicio del Nivel 3 (508) y una probabilidad del 65 % de realizar correctamente la tarea que se encuentra en torno al tramo central del Nivel 5 (652).

La Figura 2.10 también plantea implícitamente varias cuestiones relacionadas con los niveles más elevados y más bajos. Aunque la escala de la competencia lectora no tiene límite superior, puede afirmarse con certeza que los estudiantes con un nivel de competencia muy elevado son capaces de realizar tareas de la máxima dificultad. En cambio, el caso de los estudiantes situados en el extremo inferior de la escala resulta más complejo. El Nivel 1 empieza en el valor 335, pero se estima que en todos los países hay un porcentaje de estudiantes que no alcanzan ese mínimo en la escala. No obstante, el hecho de que no haya tareas de competencia lectora con un valor inferior a 335, no permite afirmar que esos estudiantes carecen por completo de competencia lectora o que son totalmente incompetentes. En cualquier caso, partiendo de su rendimiento en el conjunto de tareas de la evaluación, cabe esperar que su puntuación se sitúe por debajo del 50 % en el conjunto de tareas seleccionadas del Nivel 1. Por ello, se les clasifica como estudiantes con un rendimiento inferior al Nivel 1.

Dado que en términos comparativos son muy pocos los jóvenes de nuestras sociedades que carecen por completo de habilidades lectoras, el marco de la evaluación no mide si los alumnos de 15 años son o no capaces de leer en un sentido técnico. Dicho de otra manera, el estudio PISA no se ocupa de determinar la fluidez lectora de los estudiantes de 15 años ni su destreza a la hora de identificar palabras o realizar ejercicios de ortografía. Lo que sí refleja, en cambio, es ese punto de vista contemporáneo, según el cual los estudiantes que se encuentran al final del período de escolarización obligatoria deberían ser capaces de elaborar y ampliar el significado de lo que leen, así como de reflexionar sobre su lectura en una amplia gama de textos continuos y discontinuos que suelen estar asociados a diversas situaciones del entorno escolar y extraescolar. Así pues, aunque no sea posible determinar qué conocimientos y habilidades poseen los alumnos que han obtenido puntuaciones por debajo del Nivel 1 de *competencia lectora*, no parece arriesgado afirmar que difícilmente serán capaces de emplear la lectura de modo independiente, como una herramienta que pueda ayudarles a adquirir conocimientos y habilidades en otras áreas.

EJEMPLOS DE LECTURA

Ejemplo 1 de lectura: DEPORTIVAS

Siéntete a gusto con tus deportivas

El Centro de Medicina Deportiva de Lyon (Francia) lleva 14 años estudiando las lesiones que sufren los jóvenes deportistas y los deportistas profesionales. Las conclusiones del estudio indican que lo mejor es prevenir… y usar un calzado adecuado.

El 18 % de los deportistas con edades comprendidas entre los ocho y los doce años ya han sufrido lesiones en el talón. El ligamento del tobillo de un futbolista no soporta bien los golpes, y el 25 % de los profesionales han aprendido por experiencia propia que se trata de un punto especialmente delicado. También los ligamentos de la rodilla pueden sufrir daños irreparables y, si no se toman precauciones desde la infancia (entre los diez y los doce años de edad), estos daños pueden provocar una osteoartritis prematura. Las caderas tampoco se libran de padecer lesiones. Los jugadores, sobre todo si están cansados, se exponen a sufrir una fractura de cadera provocada por una caída o un choque.

Según el estudio, los futbolistas que llevan más de diez años jugando tienen excrecencias óseas en la tibia o en el talón. El fenómeno se conoce con el nombre de «pie de futbolista», y se trata de una deformidad provocada por el uso de calzado con suelas o tobilleras demasiado flexibles.

Proteger, sostener, estabilizar, absorber

Un calzado demasiado rígido limita los movimientos. Y un calzado demasiado flexible aumenta el riesgo de padecer lesiones y esguinces. Un buen calzado deportivo debe cumplir cuatro requisitos:

En primer lugar, debe **proporcionar protección exterior** frente a los impactos del balón o del cuerpo de otros jugadores, a la vez que se adapta bien a las irregularidades del terreno y mantiene los pies secos y resguardados aun en condiciones extremas de lluvia o frío.

Debe **sostener el pie**, sobre todo la articulación del tobillo, para impedir que se produzcan esguinces, inflamaciones y otros problemas, que incluso pueden llegar a repercutir en la rodilla.

También debe proporcionar **estabilidad** al jugador, para evitar que resbale en terrenos mojados o pierda adherencia en terrenos excesivamente secos.

Finalmente, debe **amortiguar los impactos**, especialmente los que sufren los jugadores de balonvolea y de baloncesto, que tienen que estar saltando constantemente.

Pies secos

Para prevenir molestias de menor importancia, pero que pueden resultar dolorosas, como las rozaduras o ampollas o incluso las luxaciones o el pie de atleta (infecciones por hongos), las zapatillas deben permitir que se evapore la transpiración e impedir que la humedad exterior llegue al pie. El material que mejor cumple ese requisito es el cuero, que puede impermeabilizarse para que las zapatillas no se calen en caso de lluvia.

Fuente: Revue ID (16) 1- 15 junio 1997

Deportivas es un fragmento de prosa expositiva tomado de una revista franco-belga para estudiantes adolescentes. El texto se clasifica dentro del ámbito educativo. Una de las razones por las que se ha seleccionado para formar parte del módulo de lectura es su tema, que se considera de elevado interés para los jóvenes de 15 años que constituyen la población del estudio PISA. El artículo incluye una ilustración tipo cómic y está dividido por encabezados que atraen la atención. Dentro de la categoría del formato de texto continuo, es un ejemplo de escritura expositiva, porque proporciona las líneas generales para una elaboración mental y presenta un conjunto de criterios que permiten juzgar la calidad del calzado deportivo según su grado de adecuación a las necesidades de los atletas adolescentes.

Las cuatro tareas que se propusieron a partir de este estímulo cubrían los tres aspectos (obtención de información, interpretación y reflexión), pero eran relativamente fáciles y caían dentro del Nivel 1. A continuación se reproduce una de las tareas.

Pregunta 1: DEPORTIVAS

Según el artículo, ¿por qué no deben ser demasiado rígidas las zapatillas deportivas?

Puntuación 1 (392).

Para respuestas que se refieran a la limitación de movimientos.

Atendiendo a su aspecto, el ejercicio se clasifica dentro de la obtención de información, pues requiere que los lectores tomen en consideración un único criterio para localizar un dato informativo dado explícitamente.

Un factor que contribuye a la dificultad de un ejercicio es que la redacción literal de la pregunta se corresponda o no con la redacción del texto. En este ejemplo, el lector debe fijarse en la palabra «rígidas», que aparece tanto en la pregunta como en el propio texto, lo cual hace que sea bastante fácil de localizar.

Otro factor que contribuye a la dificultad de una tarea es la localización y el grado de prominencia de la información en el texto: la información situada al principio de un texto, por ejemplo, suele ser bastante fácil de encontrar. Aunque en este caso la información solicitada en el ejercicio se sitúa hacia la mitad del texto, tiene una posición relativamente destacada, ya que aparece al principio de uno de los apartados en los que los encabezados dividen el texto.

Otra razón por la que este ejercicio resulta relativamente sencillo es que se puede obtener la puntuación máxima citando literalmente el texto: «limita los movimientos». No obstante, muchos estudiantes recurrieron a formulaciones propias, tales como: «hacen que no puedas correr bien» o «para que puedas moverte mejor».

Un error frecuente fue dar respuestas como «porque hace falta que el pie esté bien sujeto», que es exactamente lo contrario de la respuesta correcta, aunque se trate de una idea presente en el texto. Los estudiantes que dieron respuestas como esta tal vez no se percataron de la negación en la pregunta («… no deben ser demasiado rígidas»), e hicieron asociaciones personales entre la rigidez y la sujeción, que les condujeron a secciones del texto que no eran las apropiadas para este ejercicio. Con esa excepción, no hay apenas información contradictoria que pueda distraer al lector.

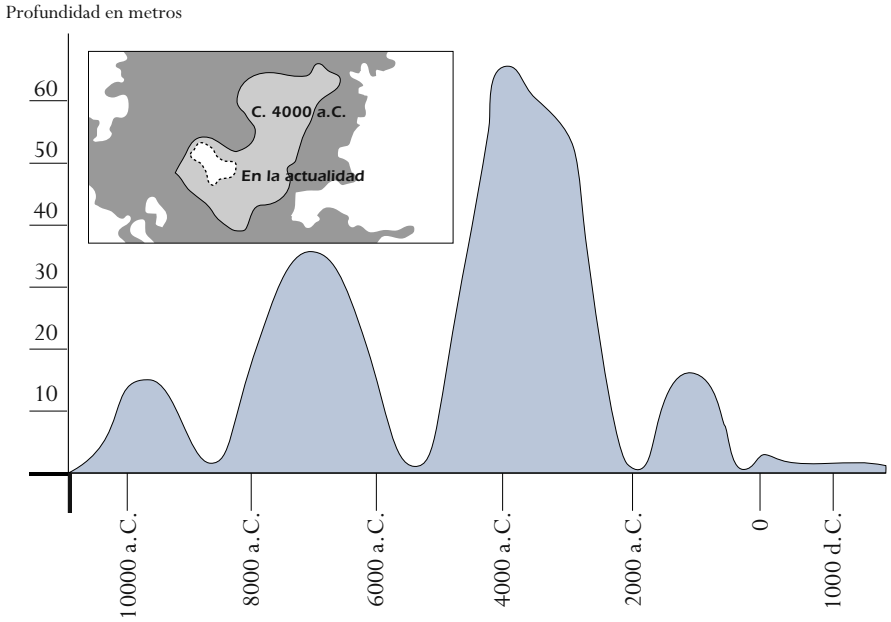
© OCDE 2006

Ejemplo 2 de lectura: EL LAGO CHAD

La Figura A muestra los cambios de profundidad experimentados por el lago Chad, en el África Septentrional sahariana. El lago Chad desapareció hacia el 20000 a.C., en el curso de la última glaciación, y volvió a aparecer hacia el año 11000 a.C. Actualmente, su profundidad es aproximadamente la misma que tenía en el año 1000 d.C.

Figura A

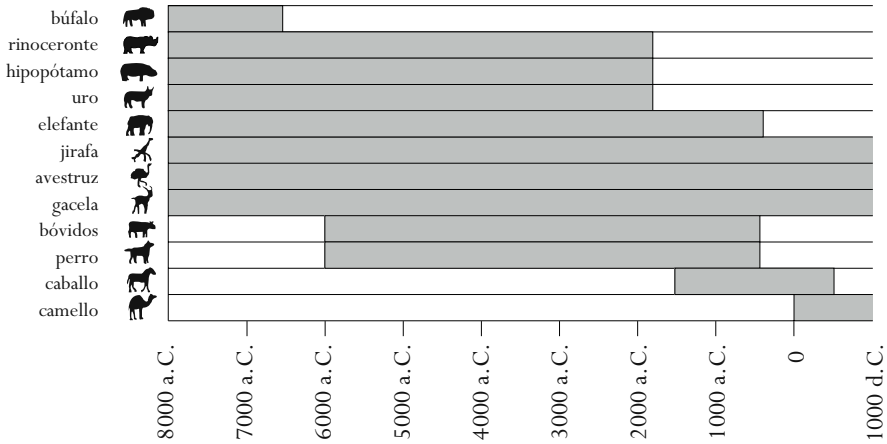
El lago Chad: variaciones de profundidad



La Figura B muestra la relación entre el arte rupestre sahariano (dibujos o pinturas encontradas en las paredes de las cuevas) y los cambios en la fauna.

Figura B

Arte rupestre sahariano y cambios en la fauna



Fuente: ©Bartholomew Ltd, 1988. Recogido de **The Times Atlas of Archaeology** y reproducido con permiso de Harper Collins Publishers.

La unidad del lago Chad presenta dos gráficos tomados de un atlas arqueológico. La Figura 1 es un gráfico de líneas y la Figura 2 es un histograma horizontal. Un tercer texto discontinuo lo representa el pequeño mapa que aparece encastrado en la Figura 1. También forman parte del estímulo dos pequeños pasajes de prosa, pero como las tareas relativas a este estimulo están en su mayor parte relacionadas con los elementos discontinuos, en la clasificación del formato de texto figuran como textos discontinuos.

Mediante la yuxtaposición de diversos fragmentos de información, el autor invita al lector a inferir una conexión entre los cambios del nivel de agua que ha experimentado el lago Chad a lo largo del tiempo y los períodos en los que determinadas especies de fauna salvaje habitaban en su entorno.

Este es uno de esos textos que los alumnos suelen encontrarse con frecuencia en los entornos de aprendizaje. No obstante, dado que el atlas ha sido publicado para el público lector en general, su clasificación corresponde a la situación pública del marco de la evaluación de lectura. El conjunto completo de las tareas que acompañaban al estimulo cubrían los tres aspectos. Una de ellas, que ilustra el aspecto interpretación, se reproduce a continuación.

Pregunta 1: EL LAGO CHAD

Para contestar a esta pregunta, tienes que combinar datos tomados tanto de la Figura 1 como de la Figura 2.

La desaparición del rinoceronte, el hipopótamo y el uro del arte rupestre sahariano se produjo

A. Al principio de la última glaciación.

B. A mediados del período en el que el lago Chad se encontraba en su nivel más alto.

C. Cuando el nivel del lago Chad llevaba descendiendo más de mil años.

D. Al principio de un período de sequía ininterrumpida.

Puntuación 1 (508)

La correcta es la respuesta C.

Esta tarea de interpretación requiere que los estudiantes integren varias partes de los textos discontinuos con objeto de comprender una relación. Con tal fin, necesitan comparar datos que aparecen en los dos gráficos.

El requisito de combinar información de dos fuentes contribuye a que el ejercicio sea de dificultad media. Otro factor que incide en su grado de dificultad reside en el hecho de que se empleen dos tipos diferentes de gráficos (un gráfico de líneas y un histograma), y en la necesidad de que el lector tenga que interpretar la estructura de ambos textos para poder traducir la información relevante de una forma a otra.

Entre los estudiantes que no dieron con la respuesta correcta, la mayoría optó por el distractor D, «Al principio de un período de sequía ininterrumpida». Si se dejan a un lado los textos, esta opción aparenta ser la más verosímil de las erróneas, y la frecuencia con que aparece hace pensar que los estudiantes que optaron por ella tal vez recurrieran a un conocimiento común exterior al texto en lugar de buscar la información en los textos que tenían ante sí.

© OCDE 2006

Ejemplo 3 de lectura: GRAFITIS

Estoy profundamente indignada al ver que por cuarta vez limpian y pintan el muro de la escuela para quitar los grafitis. La creatividad es admirable, pero la gente debería encontrar una manera de expresarse que no supusiera un coste tan alto para la sociedad.

¿Os dais cuenta del daño que hacéis a la reputación de los adolescentes pintando grafitis en lugares donde está prohibido hacerlo? ¿Habéis visto que los pintores exhiban sus obras en la calle? ¿No, verdad? Lo que hacen es buscar financiación y obtener fama exponiendo legalmente su obra.

En mi opinión, los edificios, las tapias y los bancos de los parques también son obras de arte. Es lamentable que se destroce esa arquitectura con unos grafitis que, por si fuera poco, contribuyen a destruir la capa de ozono. No puedo explicarme por qué se indignan tanto esos artistas delincuentes cada vez que sus «obras de arte» son borradas por enésima vez.

Helga

Sobre gustos no hay nada escrito. Vivimos en la sociedad de la comunicación y la publicidad: por todas partes pueden verse logos de empresas, nombres de tiendas, vallas publicitarias. ¿Hay que tolerarlo? No parece haber más remedio. Y los grafitis, ¿también hay que tolerarlos? Unos dicen que sí y otros que no.

¿Quién corre con los gastos de los grafitis? ¿Y con los de la publicidad? Han acertado: el consumidor.

¿Alguien te ha pedido permiso para poner vallas publicitarias? No. Entonces, ¿por qué habrían de hacerlo los grafiteros? ¿Es que ellos no tratan también de comunicar algo, el propio nombre, los nombres de las pandillas y una gran obra del arte de la calle?

Acordémonos de aquellas ropas a rayas y a cuadros que se llevaban hace unos años. Por no hablar de la ropa de esquí. Todos esos colores y estampados los robaron directamente de esos floridos muros de cemento. Resulta gracioso que se acepten y admiren esos estampados y colores, y que en cambio los grafitis del mismo estilo se consideren un horror.

Malos tiempos para el arte.

Sophia

Fuente: Mari Hamkala.

El estímulo de esta unidad, que procede de Finlandia, consiste en dos cartas difundidas por Internet. Las cuatro tareas que acompañaban al texto simulaban actividades típicas de la competencia lectora, pues en nuestra condición de lectores a menudo sintetizamos, comparamos y contrastamos ideas procedentes de dos o más fuentes.

Dado que se publicaron en Internet, las cartas del ejercicio GRAFITIS se clasifican dentro de las situaciones públicas. Asimismo, se categorizan como argumentativas dentro de la categoría más amplia de textos continuos, puesto que plantean posturas y tratan de persuadir a los lectores.

Igual que en el caso de DEPORTIVAS, se pensó que el tema de GRAFITIS podía ser de interés para los jóvenes de 15 años: el debate implícito entre las escritoras de las dos cartas sobre si ha de considerarse a los grafiteros como artistas o vándalos planteaba a los estudiantes un dilema real.

A continuación se reproduce una de las tareas, en concreto la que corresponde al aspecto Reflexión y valoración.

Pregunta 1: GRAFITIS

Podemos hablar de *qué* dice una carta (su contenido).

O podemos hablar del *modo* en que lo dice (su estilo).

Independientemente de cuál sea la carta con la que estés más de acuerdo, en tu opinión, ¿cuál de las dos es la mejor? Justifica tu respuesta refiriéndote al *modo* en que una o las dos cartas están escritas.

Puntuación 1 (581)

Aquellas respuestas que explican la opinión haciendo referencia al estilo o a la forma de una de las cartas o de las dos. Tenían que aplicarse criterios como el estilo de escritura, la estructura del argumento, la calidad y solidez del argumento, el tono, el registro o las estrategias persuasivas. El uso de un término como «mejores argumentos» debe estar justificado.

Esta tarea requiere el uso de conocimientos formales para evaluar la pericia del escritor mediante la comparación de las dos cartas. Dentro de la categorización en cinco aspectos, la tarea se clasifica como «reflexión sobre la forma del texto», ya que para llevarla a cabo los lectores tienen que recurrir a su propia opinión sobre lo que es escribir bien.

Se dio la puntuación máxima a muchas respuestas de diverso tipo; por ejemplo, a aquellas que hacían referencia al tono de las escritoras, a sus estrategias de argumentación o a la estructura del texto. A continuación figuran algunos ejemplos de respuestas que obtuvieron la máxima puntuación:

«La carta de Helga era más eficaz porque se dirigía directamente a los grafiteros».

«En mi opinión, la segunda carta era mejor porque, al incluir preguntas, hace que uno se sienta parte de la discusión y no un mero espectador de una conferencia».

Las respuestas que obtuvieron peores puntuaciones a menudo eran muy vagas, o bien ofrecían una opinión general sin fundamentarla con referencias al texto, o se referían al contenido y no al estilo (por ejemplo, «Sophia, porque los grafitis son una forma artística»).

SUMARIO

El concepto de competencia lectora de PISA va más allá de la simple medición de la capacidad de un estudiante para descodificar y comprender literalmente determinada información. En PISA, la competencia lectora implica además la capacidad de comprender y utilizar textos escritos y de reflexionar sobre ellos. Otro aspecto que también se tiene en cuenta es la importancia de la competencia lectora para la consecución de las metas de los individuos y para su participación en la sociedad como ciudadanos activos.

Se reconoce asimismo que los estudiantes pueden implicarse en los procesos de lectura de muy distintas maneras. En este sentido, PISA distingue entre los textos continuos, como son los artículos que los alumnos pueden leer en una revista, los periódicos o las novelas, y los textos discontinuos, caso de los gráficos, las tablas, los mapas y los diagramas. También se presenta a los estudiantes una variedad de tipos de ejercicio, que incluyen ejercicios de elección múltiple y ejercicios de respuesta construida abierta y cerrada.

La evaluación de la competencia lectora en PISA se presenta por medio de tres subescalas: obtención de información, interpretación de textos y reflexión y valoración. Como ya sucediera en la evaluación de 2000, se han elaborado cinco niveles de aptitud para indicar el rendimiento de los estudiantes en la evaluación de lectura. En los niveles más altos, los estudiantes son capaces de llevar a cabo tareas de un alto grado de complejidad, como son localizar información compleja en un texto poco familiar que contenga información alternativa, mientras que en los niveles de aptitud más bajos los estudiantes solo son capaces de localizar información más evidente y con menos información alternativa. De los estudiantes de los niveles más altos se espera que sean capaces de reflexionar sobre los propósitos de un autor en un determinado fragmento textual, mientras que de los estudiantes de los niveles más bajos se espera que sean capaces de establecer conexiones simples entre la información presente en el texto y la vida cotidiana.

La lectura fue el área de evaluación principal del primer ciclo PISA y volverá a serlo de nuevo en 2009. Llegado ese momento, el marco de la evaluación será sometido a revisión con objeto de tomar en consideración los avances que se hayan producido en ese tiempo.

© OCDE 2006

3

La Competencia Matemática

DEFINICIÓN DEL ÁREA DE EVALUACIÓN

El área de la *competencia matemática* definido por PISA hace referencia a la capacidad de los alumnos para analizar, razonar y comunicarse eficazmente cuando plantean, formulan, resuelven e interpretan problemas matemáticos en diversas situaciones. En lugar de limitarse al tipo de situaciones y problemas que suelen encontrarse en las aulas, la evaluación PISA se centra en los problemas del mundo real. En un entorno real, los ciudadanos han de hacer frente a una serie de situaciones al ir de compras, viajar, cocinar, ocuparse de su economía doméstica, valorar cuestiones políticas, etc., en las que el empleo de un razonamiento cuantitativo o espacial, u otras capacidades matemáticas, contribuirá a aclarar, formular o resolver los problemas que se les planteen. Estos usos de las matemáticas se basan en las habilidades que se han aprendido y practicado mediante el tipo de problemas que suelen presentarse en los libros de texto y en las aulas. Sin embargo, exigen asimismo la capacidad de aplicar esas habilidades a unos contextos menos estructurados, que carecen de instrucciones precisas y en los que el alumno debe decidir cuál será el conocimiento más adecuado al caso y cuál será la forma más útil de aplicarlo.

El concepto de *competencia matemática* de PISA pretende evaluar en qué medida los alumnos de 15 años pueden ser considerados unos ciudadanos reflexivos e informados y unos consumidores inteligentes. Cada vez es más normal que los ciudadanos de cualquier país se vean enfrentados a una multiplicidad de tareas que entrañan conceptos matemáticos de carácter cuantitativo, espacial, probabilístico o de algún otro tipo. Los medios de comunicación (periódicos, revistas, televisión e Internet) están repletos de información en forma de tablas, diagramas o gráficos, donde se tratan temas como el clima, la economía, la medicina o los deportes, por mencionar tan solo unos pocos ejemplos. Los ciudadanos se ven sometidos a un bombardeo informativo sobre temas como «el calentamiento global y el efecto invernadero», «el crecimiento demográfico», «los vertidos de petróleo en los mares», «la desaparición de espacios naturales». Por último, sin ser por ello menos importante, los ciudadanos se ven en la necesidad de leer formularios, interpretar horarios de trenes y autobuses, llevar a cabo transacciones monetarias de forma satisfactoria, decidir cuál es la mejor compra en el mercado, etc. La *competencia matemática* de PISA se centra en la capacidad de los alumnos de 15 años (una edad en la que muchos de ellos están a punto de completar el ciclo de formación obligatoria en matemáticas) para dotar de sentido estas cuestiones y llevar a cabo las tareas que requieren, recurriendo a sus conocimientos y su comprensión de las matemáticas.

PISA define así la *competencia matemática*:

> *Competencia matemática* es una capacidad del individuo para identificar y entender la función que desempeñan las matemáticas en el mundo, emitir juicios fundados y utilizar y relacionarse con las matemáticas de forma que se puedan satisfacer las necesidades de la vida de los individuos como ciudadanos constructivos, comprometidos y reflexivos.

Una serie de comentarios explicativos adicionales contribuirán a clarificar la definición del área de evaluación.

- El término «competencia matemática» se ha elegido con el fin de hacer hincapié en el carácter funcional del conocimiento matemático y en la posibilidad de aplicarlo de forma variada, reflexiva y perspicaz a una multiplicidad de situaciones de los más diversos tipos. Para que dicho uso sea posible y viable se requiere un considerable volumen de conocimientos y habilidades matemáticas fundamentales y, como es natural, dichas habilidades forman parte de nuestra definición de competencia. En el ámbito lingüístico, la competencia presupone, sin reducirse a ello, la posesión de

© OCDE 2006

un vocabulario rico y un conocimiento sustancial de las reglas gramaticales, la fonética, la ortografía, etc. Cuando una persona quiere comunicarse recurre a estos elementos de forma creativa con objeto de dar respuesta a las situaciones que se encuentran en el mundo real. Aunque la *competencia matemática* presupone sin duda ese tipo de conocimientos, tampoco puede reducirse al dominio de la terminología, los datos y los procesos de las matemáticas ni a la habilidad para realizar ciertas operaciones y poner en práctica determinados métodos. La *competencia matemática* supone una combinación creativa de estos elementos con objeto de responder a las exigencias que plantean las situaciones externas.

- El término «mundo» hace referencia al marco natural, social y cultural en que vive el individuo. Como señaló Freudenthal (1983): «Los conceptos, las estructuras y las nociones matemáticas de que nos servimos se han concebido como herramientas que nos permitan organizar los fenómenos del mundo físico, social y mental» (p. ix).
- La expresión «utilizar y relacionarse con» comprende tanto el uso de las matemáticas como la solución de problemas matemáticos, pero comporta asimismo un grado de implicación personal más amplio que englobaría nociones como la comunicación, la sintonía, la valoración e incluso la apreciación y el disfrute de las matemáticas. Así pues, la definición de *competencia matemática* engloba, por un lado, el uso funcional de las matemáticas en su sentido más restringido y, por otro, la disposición para profundizar en su estudio, así como sus aspectos estéticos y recreativos.
- La expresión «la vida de los individuos» incluye la vida privada de las personas, pero también su vida profesional, social (grupos de compañeros y familiares) y su vida como ciudadanos de una determinada comunidad.

Una de las capacidades esenciales que comporta el concepto de *competencia matemática* es la habilidad de plantear, formular e interpretar problemas mediante las matemáticas en una variedad de situaciones o contextos. La gama de contextos abarca desde los puramente matemáticos hasta aquellos otros que, en principio, no presentan o aparentan poseer una estructura matemática: es tarea de quien plantea o trata de solucionar el problema introducir de forma satisfactoria la estructura matemática. Conviene poner de relieve, asimismo, que la definición no se circunscribe a un conocimiento básico de las matemáticas, sino que incluye el empleo y el uso de las matemáticas en unas situaciones que van desde lo cotidiano a lo excepcional, desde lo sencillo a lo complejo.

Las actitudes y los sentimientos que suscitan las matemáticas, como la seguridad en uno mismo, la curiosidad, los sentimientos de interés y relevancia o el deseo de hacer o comprender ciertas cosas, no forman parte de la definición de *competencia matemática*, aunque ciertamente contribuyen a ella de una forma nada desdeñable. En teoría se puede ser competente en matemáticas sin poseer esas actitudes y sentimientos, pero en la práctica es poco probable que dicha competencia se ejerza o se ponga en práctica si el individuo no posee un cierto grado de seguridad en sí mismo, curiosidad, sentimientos de interés y relevancia o el deseo de realizar y comprender temas de contenido matemático. Aunque estas actitudes y sentimientos no formen parte de la evaluación de la *competencia matemática*, PISA reconoce la importancia que tienen como correlato de la competencia matemática y, en consecuencia, se abordarán en una parte del estudio PISA.

BASE TEÓRICA DEL MARCO PISA DE EVALUACIÓN DE LAS MATEMÁTICAS

La definición que hace PISA de la *competencia matemática* concuerda con las teorías más amplias e integradoras sobre la estructura y el uso del lenguaje, según han sido recogidas en los más recientes estudios sobre la competencia sociocultural. En la obra de James Gee, *Preamble to a Literacy Program*

(1998) {*Preámbulo a un programa centrado en la competencia*}, el término «competencia» hace referencia al uso que hacen las personas del lenguaje. La facultad de leer, escribir, entender y hablar una lengua es la herramienta de mediación más importante de la que disponen los seres humanos para interrelacionarse socialmente. De hecho, cualquier lengua y cualquier uso del lenguaje posee una estructura enormemente intrincada que se engarza de formas muy complejas con una gran diversidad de funciones. Afirmar que alguien está dotado de competencia lingüística equivale a decir que esa persona conoce muchos de los recursos estructurales de una determinada lengua y que es capaz de aplicar esos recursos a una gran variedad de funciones sociales. De forma análoga, considerar las matemáticas como un lenguaje implica que los alumnos deben conocer los rasgos estructurales presentes en el discurso matemático (los términos, hechos, signos, símbolos, procedimientos y habilidades que se han de emplear para ejecutar ciertas operaciones en unos subdominios matemáticos específicos, así como la estructura de esas ideas en cada uno de los subdominios), y aprender a utilizar esos conceptos para resolver problemas no rutinarios en una variedad de contextos definidos según sus funciones sociales. Nótese que el conocimiento de los rasgos estructurales de las matemáticas implica conocer los términos, procedimientos y conceptos básicos que suelen enseñarse en los centros escolares, pero también saber cómo se estructuran y se utilizan. Desafortunadamente, se puede saber mucho sobre los rasgos estructurales de las matemáticas sin que ello suponga que se posee un verdadero conocimiento de la estructura de las matemáticas o que se saben utilizar esos rasgos para resolver problemas. Estos conceptos sobre la interacción entre los rasgos estructurales y las funciones constituyen la base sobre la que se asienta el marco de evaluación del área de matemáticas de PISA y pueden ilustrarse a través del siguiente ejemplo.

Ejemplo 1 de Matemáticas: FRECUENCIA CARDÍACA

Por motivos de salud se recomienda que, al realizar un esfuerzo, la práctica de un deporte, por ejemplo, no se exceda de una determinada frecuencia cardíaca.

Durante muchos años, la relación entre la máxima frecuencia cardíaca recomendada y la edad del individuo se describió mediante la siguiente fórmula:

Máxima frecuencia cardíaca recomendada = 220 – edad

Las últimas investigaciones, sin embargo, indican que esta fórmula debe ser modificada ligeramente. La nueva fórmula es la siguiente:

Máxima frecuencia cardíaca recomendada = 208 – (0,7 x edad)

Las preguntas de esta unidad giran en torno a la diferencia entre las dos fórmulas y el modo en que estas afectan al cálculo de la máxima frecuencia cardíaca recomendada.

Este problema puede solucionarse siguiendo la estrategia que suelen emplear los matemáticos, que en este marco se denominará *matematización*. La matematización se puede caracterizar atendiendo a cinco aspectos esenciales:

- *En el primer paso, el proceso matematizador o de matematización se inicia con un problema presente en la realidad.*

  Como deja claro el ejemplo, en este caso la realidad es la salud y la buena forma física. Una de las reglas básicas a la hora de hacer ejercicio es que se debe realizar con cuidado y sin forzarse, pues un esfuerzo excesivo puede causar problemas de salud. La pregunta nos alerta sobre este tema estableciendo un nexo entre la salud y la frecuencia cardíaca y mediante la mención a la existencia de una «máxima frecuencia cardíaca recomendada».

© OCDE 2006

- *En el segundo paso, la persona que desea resolver el problema trata de identificar las matemáticas pertinentes al caso y reorganiza el problema según los conceptos matemáticos que han sido identificados.*

  Está claro que el alumno tiene ante sí dos fórmulas lingüísticas que deben ser comprendidas y que se pide que compare las dos fórmulas y trate de establecer cuál es su significado en términos matemáticos. Las fórmulas establecen una relación entre la máxima frecuencia cardíaca aconsejable y la edad de una persona.

- *El tercer paso implica una progresiva abstracción de la realidad.*

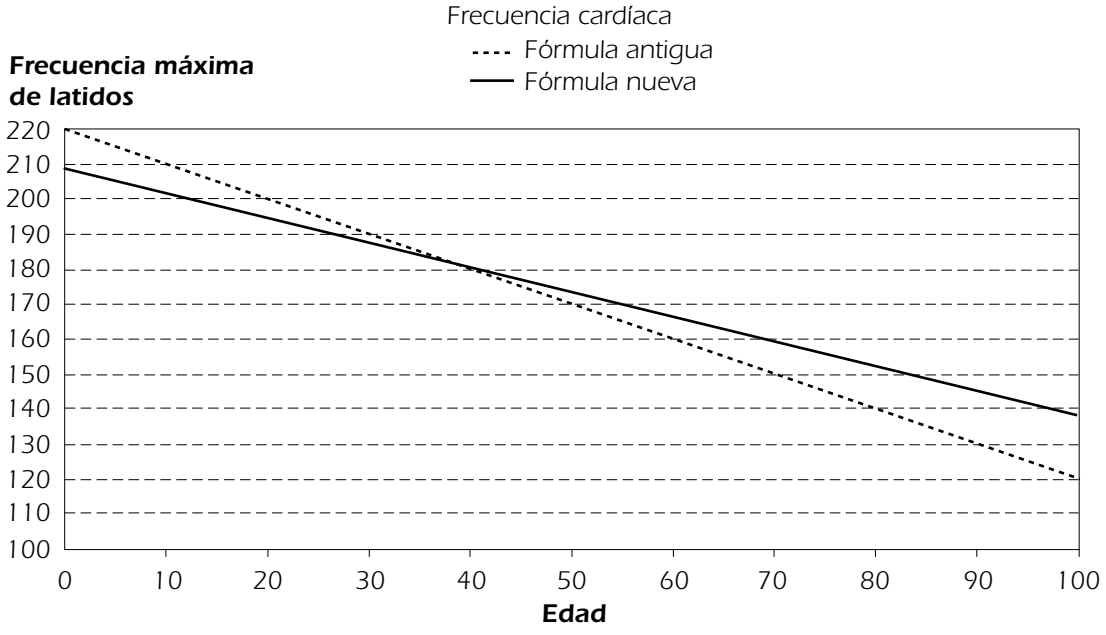
  Existen diferentes modos de abstraer la realidad, esto es, de formular el problema en términos estrictamente matemáticos. Uno de ellos consiste en traducir las fórmulas lingüísticas a una expresión algebraica más formalizada, como: $y = 220 - x$ o $y = 208 - 0{,}7x$. Evidentemente, el alumno no debe olvidar que y representa la máxima frecuencia cardíaca, expresada en latidos por minuto, y que x representa la edad, expresada en años. Otra forma de acceder a un universo estrictamente matemático consistiría en dibujar directamente los gráficos partiendo de las fórmulas lingüísticas. Al tratarse de fórmulas de primer grado, los gráficos resultantes representarían dos líneas rectas. Como los gráficos tienen pendientes distintas, las dos líneas se intersecarían.

  Estos tres pasos nos llevan desde el problema del mundo real al problema matemático.

- *El cuarto paso consiste en resolver el problema matemático.*

  Para resolver el problema matemático que se tiene entre manos se han de comparar dos fórmulas o dos gráficos y sacar una conclusión sobre las diferencias que suponen para las personas de una determinada edad. Una buena manera de empezar sería determinar en qué caso las dos fórmulas dan el mismo resultado, o bien en qué caso los dos gráficos se intersecan. Para ello el alumno ha de resolver la siguiente ecuación: $220 - x = 208 - 0{,}7x$. Esto nos da $x = 40$, mientras que el valor correspondiente de y sería 180. Por tanto, los dos gráficos se intersecan en el punto (40, 180).

  Ese mismo punto se puede localizar también en el gráfico que figura más abajo. Como la pendiente de la primera fórmula es – 1, y la de la segunda, – 0,7, el alumno sabe que la pendiente del



segundo gráfico es menos pronunciada que la del primero. O que el gráfico de $y = 220 - x$ se sitúa por encima del gráfico de $y = 208 - 0{,}7x$ para los valores de x inferiores a 40, y por debajo para los valores de x superiores a 40.

- *El quinto paso supone responder a la pregunta: qué significado adquiere la solución estrictamente matemática al transponerla al mundo real.*

  El significado no resulta demasiado difícil de hallar si el alumno se da cuenta de que x es la edad de una persona, mientras que y es la máxima frecuencia cardíaca. Si se tienen 40 años, ambas fórmulas dan el mismo resultado: una frecuencia cardíaca máxima de valor 180. La fórmula «antigua» permite una frecuencia cardíaca más alta para los jóvenes: utilizando un ejemplo extremo, si la edad es cero, la fórmula antigua dará un máximo de 220 y la nueva un máximo de 208. En cambio, para la gente mayor, que en este caso son los que tienen más de 40 años, la nueva fórmula permite una frecuencia cardíaca máxima de un valor más alto. Recurriendo una vez más a un ejemplo extremo, para una edad de 100 años el alumno verá que con la fórmula antigua el máximo era 120, mientras que con la nueva es 138. Es importante, sin embargo, tener en cuenta una cuestión: las fórmulas empleadas carecen de precisión matemática y producen la impresión de tener un carácter seudocientífico. De hecho, estas fórmulas simplemente proporcionan una regla de andar por casa que ha de aplicarse con precaución, una cautela que ha de extremarse aún más en las edades límite. En todo caso, lo que este ejemplo demuestra es que incluso un ejercicio relativamente sencillo, es decir, un ejercicio sometido a las restricciones que impone un estudio internacional a gran escala que ha de realizarse en poco tiempo, permite identificar el ciclo completo de la matematización y la solución de problemas.

Estos procesos caracterizan, en un sentido amplio, la forma en que los matemáticos suelen hacer matemáticas, el modo en que la gente emplea las matemáticas en gran cantidad de situaciones reales o hipotéticas y la forma en que un ciudadano reflexivo y bien informado debe utilizar las matemáticas para participar de forma plena y competente en el mundo real. De hecho, aprender a matematizar debería constituir uno de los objetivos educativos prioritarios para todos los alumnos.

En la actualidad, y es de prever que seguirá siendo así en el futuro, todo país necesita contar con unos ciudadanos dotados de un nivel de competencia matemática que les permita afrontar los retos que plantea una sociedad compleja y en perpetuo cambio. La información disponible ha crecido de forma exponencial y los ciudadanos tienen que ser capaces de decidir cómo se debe manejar esa información. En los debates sociales, cada vez se recurre más al uso de información cuantitativa para respaldar determinadas afirmaciones. Un ejemplo de lo necesaria que es la *competencia matemática* lo tenemos en la frecuencia con que se pide a las personas que expresen sus opiniones y evalúen la fiabilidad de las conclusiones y las afirmaciones que aparecen en encuestas y estudios. Ser capaz de emitir un juicio sobre la solidez de las afirmaciones que se derivan de tales argumentaciones es, y cada vez lo será más, uno de los rasgos definitorios del ciudadano responsable. Los pasos del proceso de matematización que se exponen en este marco de la evaluación constituyen los elementos fundamentales a la hora de aplicar las matemáticas a este tipo de situaciones complejas. La incapacidad de utilizar conceptos matemáticos puede llevar a la adopción de decisiones confusas a nivel personal, a un incremento de la vulnerabilidad ante las seudociencias y a la toma de decisiones poco informadas en la vida profesional y social.

Un ciudadano con un buen nivel de *competencia matemática* es consciente de la rapidez con que se producen los cambios y de la necesidad de estar abierto a un proceso de aprendizaje que se prolongará

 © OCDE 2006

a lo largo de toda la vida. Ser capaz de adaptarse a estos cambios de una manera creativa, flexible y práctica es una condición necesaria para ejercer la ciudadanía de una forma plena. Por desgracia, es poco probable que las habilidades aprendidas en la escuela basten para cubrir las necesidades de los ciudadanos durante la mayor parte de su vida adulta.

Los requisitos para ejercer la ciudadanía de forma competente y reflexiva afectan igualmente a la mano de obra. Cada vez es más raro esperar que un trabajador se pase toda su vida laboral realizando un trabajo físico y repetitivo. Lo que se espera, más bien, es que participe activamente en el control de la producción de una gran diversidad de máquinas de tecnología punta, que sea capaz de manejar un enorme flujo de información y que participe en grupos encargados de la solución de problemas. La tendencia dominante apunta a que cada vez serán más los trabajos que requieran la capacidad de comprender, comunicar, utilizar y explicar conceptos y procedimientos basados en el pensamiento matemático. Los pasos del proceso de matematización son los componentes básicos de este tipo de pensamiento matemático.

Por último, un ciudadano competente en matemáticas acabará por desarrollar asimismo un gusto por las matemáticas, en las que verá una disciplina dinámica, cambiante y relevante que con frecuencia le resultará útil para satisfacer sus necesidades.

Desde un punto de vista práctico, el problema que se le plantea a PISA es determinar la forma de evaluar la competencia matemática de los estudiantes de 15 años en función de su capacidad para llevar a cabo procesos de matematización. Por desgracia, las restricciones de tiempo que comporta la evaluación dificultan esta tarea, pues es innegable que, para las situaciones reales más complejas, el proceso que conduce de la realidad a las matemáticas y viceversa conlleva a menudo un trabajo cooperativo y de búsqueda de recursos que requiere un tiempo bastante considerable.

Con objeto de ilustrar cómo funciona el proceso de matematización en un ejercicio de solución de problemas extenso, se incluye a continuación el ejemplo *VACACIONES*, que fue uno de los ejercicios del Estudio sobre Solución de Problemas PISA 2003. El problema plantea dos preguntas, y su objetivo es trazar una ruta y elegir una serie de lugares para pasar la noche durante un viaje de vacaciones. Para ello, los alumnos contaban con un mapa simplificado y con un gráfico (de representaciones múltiples) en el que se mostraban las distancias entre las ciudades recogidas en el mapa.

Ejemplo 2 de Matemáticas: VACACIONES

En este problema se trata de planificar la mejor ruta para unas vacaciones.

En las Figuras A y B se muestra un mapa de la zona y las distancias entre las distintas poblaciones.

Figura A. Mapa de las carreteras que unen las poblaciones

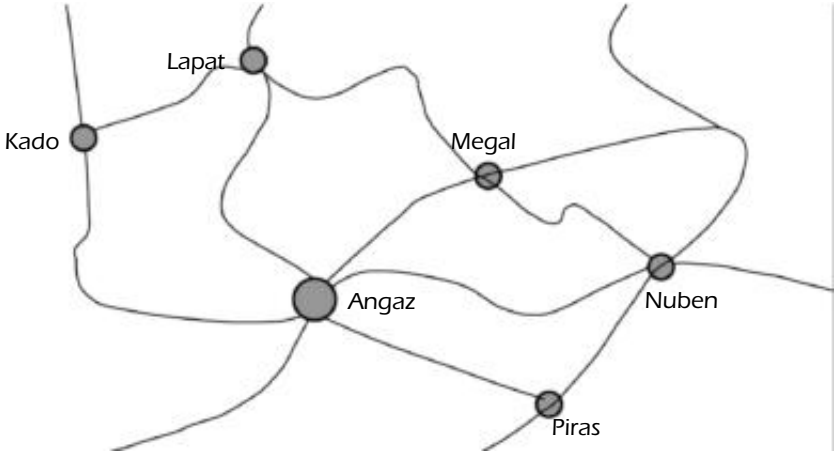


Figura B. Distancia mínima por carretera entre las distintas poblaciones, expresada en kilómetros

	Angaz	Kado	Lapat	Megal	Nuben	Piras
Angaz						
Kado	550					
Lapat	500	300				
Mergal	300	850	550			
Nuben	500		1300	450		
Piras	300	850	800	600	250	

Pregunta 1: VACACIONES

Calcula la distancia más corta por carretera entre Nuben y Kado.

Distancia: ..... kilómetros

© OCDE 2006 PISA 2006. Marco de la evaluación. Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura

Pregunta 2: VACACIONES

Zoe vive en Angaz y quiere visitar Kado y Lapat. La distancia máxima que puede recorrer en un mismo día son *300 kilómetros*, pero tiene la posibilidad de acampar durante la noche en cualquier punto situado entre las distintas poblaciones.

Zoe pasará dos noches en cada una de la poblaciones para así poder dedicar un día entero a visitar cada una de ellas.

Completa la tabla que viene a continuación con el itinerario de Zoe, indicando dónde pasa cada una de la noches.

Día	Estancia nocturna
1	Camping entre Angaz y Kado
2	
3	
4	
5	
6	
7	Angaz

Como puede apreciarse, no existe un nexo obvio con una disciplina curricular, aunque su relación con las matemáticas discretas resulte evidente. Tampoco existe una estrategia predefinida para resolver el problema. A menudo, cuando se plantea un problema a los alumnos, estos saben cuál es exactamente la estrategia que deben adoptar. Sin embargo, en los problemas del mundo real no suele disponerse de una estrategia claramente definida.

Por otra parte, los cinco aspectos del proceso de matematización son perfectamente reconocibles: el problema se sitúa en un marco real y puede organizarse en función de unos conceptos matemáticos (tablas de distancias o matrices) y de unos mapas (entendidos como modelos de la realidad). Es necesario que el alumno descarte la información irrelevante para centrarse en la información relevante, más concretamente en los aspectos matemáticos de la información. Finalmente, una vez que el alumno haya «resuelto» el problema en términos matemáticos, habrá de reflexionar sobre su solución dentro del marco de la situación real.

A pesar de que el volumen de lectura que ha de realizarse para resolver el problema es relativamente pequeño, se trata de un problema bastante complejo, puesto que los alumnos tienen que leer e interpretar la información del mapa y del gráfico de distancias. Algunas de las distancias que deben localizar en el gráfico les obligarán a leer el gráfico empezando por el final, en lugar de hacerlo desde la izquierda hacia abajo. Por ejemplo, para determinar la distancia entre Nuben y Piras, habrá que invertir el sentido de la búsqueda y determinar la distancia entre Piras y Nuben. (*Problem Solving for Tomorrow'sWorld – First Measures of Cross-Curricular Competencies from PISA 2003* [OCDE, 2004]) [*Solución de problemas para el mundo del mañana: primeras mediciones de las competencias transversales de PISA 2003*].

La segunda pregunta impone una serie de restricciones que habrán de ser respetadas: un trayecto máximo de 300 km por día, empezar y acabar en Angaz –la población donde reside Zoe–, visitar Kado y Lapat, y pasar dos noches en cada una de estas ciudades para cumplir los objetivos que Zoe se había propuesto para las vacaciones.

Conviene señalar que en la prueba de Solución de Problemas de PISA, que es de donde se ha tomado este ejemplo, se concedía un tiempo considerablemente mayor para obtener las respuestas que el tiempo medio concedido para los ejercicios de matemáticas, que por regla general es bastante más corto.

Para juzgar si los alumnos de 15 años son capaces de utilizar los conocimientos adquiridos con objeto de resolver los problemas matemáticos que pueden encontrarse en la vida real, lo ideal sería poder recabar información sobre su capacidad para matematizar situaciones complejas. Pero, por razones obvias, esto no es factible. En vista de ello, PISA ha optado por elaborar unos ejercicios que evalúen las distintas partes de este proceso. En el siguiente apartado se describe la estrategia elegida para crear un conjunto de ejercicios de evaluación que recojan de forma equilibrada los cinco aspectos del proceso de matematización. El objetivo es servirse de las respuestas que se den a estos ejercicios para situar a los alumnos en una escala de niveles de aptitud dentro del marco de evaluación de la *competencia matemática* elaborado por PISA.

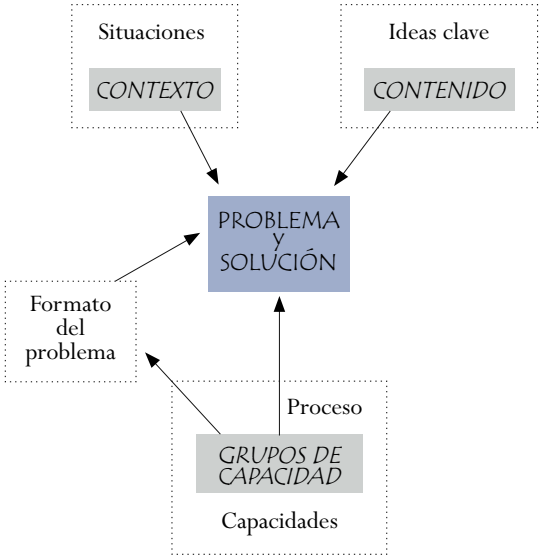
ORGANIZACIÓN DEL ÁREA DE EVALUACIÓN

El marco de evaluación para las matemáticas de PISA proporciona los fundamentos y la descripción de una evaluación cuyo objetivo es determinar en qué medida los alumnos de 15 años están preparados para hacer un uso bien fundado de las matemáticas a la hora de hacer frente a los problemas que plantea el mundo real, o, dicho en términos más generales, una evaluación del nivel de competencia matemática de los alumnos de 15 años. Para describir con mayor claridad el área objeto de la evaluación, convendrá distinguir tres elementos:

- Las *situaciones o contextos* en que se sitúan los problemas.
- El *contenido matemático* del que hay que valerse para resolver los problemas, que se organiza de acuerdo con ciertas ideas clave.
- Las *capacidades* que deben activarse para establecer un nexo entre el mundo real donde se generan los problemas y las matemáticas, para de esa forma poder resolver los problemas.

Estos elementos aparecen representados visualmente en la Figura 3.1. A esta representación gráfica sigue una explicación de cada uno de los elementos.

Figura 3.1 ■ **Elementos del área de matemáticas**



© OCDE 2006

El nivel de *competencia matemática* de una persona se aprecia en la manera en que emplea sus conocimientos y habilidades matemáticas para resolver problemas. Dentro de la experiencia personal de cada individuo, los problemas (y su solución) pueden presentarse en una gran variedad de situaciones o contextos. Los problemas elaborados por PISA se extraen del mundo real de dos maneras distintas. En primer lugar, los problemas se dan en situaciones genéricas que son relevantes para la vida del alumno. Estas situaciones forman parte del mundo real y se indican mediante el recuadro grande que figura en la parte superior izquierda del gráfico. En segundo lugar, dentro de cada situación, los problemas poseen un contexto más específico. Dicho contexto se representa mediante el rectángulo gris inserto en el recuadro de la situación.

En los anteriores ejemplos, *FRECUENCIA CARDÍACA* y *VACACIONES*, la situación sería el mundo real personal, mientras que los contextos serían, por un lado, diversos aspectos relacionados con el deporte y la salud del ciudadano activo y, por otro, la manera de organizar unas vacaciones.

El siguiente elemento del mundo real que ha de tomarse en consideración con referencia a la *competencia matemática* es el contenido matemático al que ha de recurrir una persona a la hora de resolver un problema. El contenido matemático puede ilustrarse mediante cuatro categorías que engloban los distintos tipos de problemas que surgen de la interacción con los fenómenos de la vida cotidiana y que se basan en una determinada concepción sobre la manera en que los contenidos matemáticos se presentan a las personas. A efectos de la evaluación PISA, estas categorías, que reciben el nombre de ideas clave, son las siguientes: *espacio y forma, cambio y relaciones, cantidad* e *incertidumbre*. Se trata de un enfoque del contenido matemático que puede no resultar demasiado familiar si se contempla desde la perspectiva de la enseñanza de las matemáticas y de las tendencias curriculares que suelen seguir los centros educativos. Sin embargo, en su conjunto, las ideas clave engloban en toda su amplitud los temas matemáticos que se espera que aprendan los estudiantes. En la Figura 3.1 las ideas clave aparecen representadas en la parte superior derecha del diagrama. A partir de ellas, se extraen los contenidos que se utilizan para resolver un problema. Por su parte, el contenido está representado en el recuadro más pequeño que se encuentra inserto en el recuadro de las ideas clave.

Las flechas que enlazan los recuadros del contexto y el contenido con el del problema muestran el modo en que el mundo real (incluidas las matemáticas) conforma un problema.

El problema de la *FRECUENCIA CARDÍACA* conlleva una serie de relaciones matemáticas, así como la comparación de dos relaciones, con objeto de adoptar determinadas decisiones. El problema, por tanto, se encuadra dentro de la idea clave *cambio y relaciones*. El problema de las *VACACIONES*, por su parte, requiere la realización de una serie de cálculos sencillos, si bien para resolver su segunda pregunta habrá que recurrir a un razonamiento analítico. En razón de ello, la idea clave más apropiada será la de *cantidad*.

Para referirse a los procesos matemáticos que aplican los alumnos al tratar de resolver problemas se emplea el término capacidades matemáticas. Tres grupos de capacidades condensan los distintos procesos cognitivos necesarios para resolver los diversos tipos de problema. Estos grupos, que reflejan la forma en que suelen emplearse los procesos matemáticos al tratar de resolver los problemas a los que tienen que hacer frente los alumnos en su interrelación con el mundo, serán descritos con más detalle en ulteriores apartados.

El ámbito de los procesos de este marco aparece representado primero en el cuadrado grande, donde figuran las capacidades matemáticas generales, y luego en el cuadrado más pequeño, que re-

presenta los tres grupos de capacidades. Las capacidades específicas que requiere la solución de un problema dependerán de la naturaleza del problema y se verán reflejadas en la solución que se dé al mismo. Esta interacción se representa mediante una flecha que va desde los grupos de capacidad al problema y su solución.

La flecha restante va desde los grupos de capacidad al formato del problema, indicando que las capacidades empleadas en resolver el problema están relacionadas con la forma que adopta el problema y con las exigencias concretas que plantea.

Es importante recalcar que los tres elementos que se acaban de describir difieren en su naturaleza. Las capacidades, de hecho, constituyen el núcleo mismo del concepto de *competencia matemática*. Solo los estudiantes que dispongan de ciertas capacidades se encontrarán en condiciones de resolver con éxito los problemas que se les planteen. Evaluar la *competencia matemática* supone, por tanto, determinar hasta qué punto poseen los alumnos una serie de capacidades matemáticas concretas que puedan aplicar de forma productiva a aquellas situaciones que llevan implícito un problema.

En los apartados siguientes se describen con más detalle estos tres elementos.

SITUACIONES Y CONTEXTO

Un aspecto importante de la *competencia matemática* lo constituye el compromiso con las matemáticas, esto es, la disposición a ejercitar y utilizar las matemáticas en una gran variedad de situaciones. Es un hecho probado que, a la hora de enfrentarse a un problema susceptible de ser abordado matemáticamente, la elección de los métodos y los sistemas de representación matemáticos depende con bastante frecuencia de las situaciones en que se presenta el problema.

La situación es la parte del mundo del estudiante en la que se localizan las tareas que se le plantean. Para PISA, la situación más cercana al alumno es su propia vida personal. Vendrían luego la vida escolar, laboral y el ámbito del ocio, y a continuación la comunidad local y la sociedad, tal como se presentan en la vida cotidiana del estudiante. Las situaciones científicas, por el contrario, se encontrarían bastante más alejadas. En los problemas que se planteen se definirán y utilizarán cuatro tipos de situación: *personal, educacional/profesional, pública* y *científica*.

El contexto de un ejercicio es el marco específico que se halla presente en una determinada situación. A él pertenecen todos los elementos pormenorizados que se utilizan para formular el problema.

Considérese el siguiente ejemplo:

Ejemplo 3 de Matemáticas: CUENTA DE AHORRO

Se ha realizado un ingreso de 1.000 zeds en una cuenta de ahorro de un banco. La cuenta ofrece dos opciones: obtener un interés anual del 4 % u obtener de forma inmediata una prima de 10 zeds y un interés anual del 3 %.

Pregunta 1: CUENTA DE AHORRO

¿Cuál será la mejor opción al cabo de un año? ¿Y al cabo de dos años?

La situación del ejercicio es banca y finanzas, una situación propia de la comunidad local y de la sociedad, que PISA clasificaría como pública. El contexto del ejercicio hace referencia al dinero (zeds) y a los tipos de interés de una cuenta bancaria.

© OCDE 2006

Adviértase que se trata de un tipo de problema que podría formar parte de la experiencia o de la práctica del examinando en un marco de la vida real. Proporciona, pues, un contexto de utilización de las matemáticas auténtico, en la medida en que la aplicación de las matemáticas a este contexto estaría encaminada a la solución real de un problema. Un ejercicio de este tipo contrasta con los problemas que suelen figurar en los textos escolares de matemáticas, en los que se prima el empleo de las matemáticas que se están practicando en lugar de la utilización de las matemáticas para resolver un problema real. Esta autenticidad en el empleo de las matemáticas desempeña un papel importante a la hora de elaborar y analizar los ejercicios de PISA y se halla estrechamente vinculada con la definición del concepto de *competencia matemática*.

Conviene señalar, no obstante, que la utilización del término «autentico» no implica que los ejercicios matemáticos sean verdaderos o reales en sentido estricto. El uso que hace PISA del término «auténtico» dentro del área de las matemáticas indica tan solo que las matemáticas se emplean para resolver verdaderamente el problema planteado, en lugar de considerarlo como un mero pretexto para poner en práctica determinados conocimientos matemáticos.

Obsérvese, asimismo, que el ejercicio contiene algunos elementos inventados: por ejemplo, la moneda que se menciona es ficticia. La presencia de elementos ficticios responde al deseo de evitar que los alumnos de algunos países puedan disponer de algún tipo de ventaja.

La situación y el contexto de un problema también pueden contemplarse en función de la proximidad o la lejanía que existe entre el problema y las matemáticas necesarias para su solución Si un ejercicio hace únicamente referencia a objetos, símbolos o estructuras matemáticas y no alude a cuestiones ajenas al universo matemático, se considerará que el contexto de dicho ejercicio es intramatemático y, por tanto, se clasificará dentro del tipo de situación científica. En el estudio PISA solo se incluirá un pequeño porcentaje de este tipo de ejercicios, en los que el estrecho vínculo que existe entre el problema y las matemáticas subyacentes se explicita en el contexto del problema. Por regla general, los problemas que los estudiantes encuentran en sus vidas cotidianas no suelen estar formulados en términos explícitamente matemáticos. Sus referencias son más bien los objetos del mundo real. En estos contextos de evaluación de carácter extramatemático, la tarea del alumno consiste precisamente en traducir los contextos de estos problemas a una formulación matemática. En términos generales, PISA presta especial atención a las tareas que pueden encontrarse en una situación del mundo real y que proporcionan un contexto auténtico para el uso de las matemáticas que influya en su solución y en su interpretación. Esto no significa, sin embargo, la exclusión de ejercicios cuyo contexto sea hipotético, siempre y cuando dicho contexto contenga elementos reales, no se aleje en exceso de una situación del mundo real y plantee un problema susceptible de ser solucionado de forma auténtica mediante el recurso a las matemáticas. El Ejemplo 4 es una muestra de un problema con un contexto hipotético de tipo extramatemático.

Ejemplo 4 de Matemáticas: SISTEMA MONETARIO

Pregunta 1: SISTEMA MONETARIO

¿Sería posible establecer un sistema monetario basado exclusivamente en los valores 3 y 5? Concretamente, ¿qué cantidades podrían obtenerse partiendo de esa base? ¿Resultaría conveniente un sistema de esas características?

El valor de este problema no se deriva de su proximidad con el mundo real, sino del hecho de que sea interesante desde el punto de vista matemático y ponga en juego algunas de las capacidades que integran el concepto de *competencia matemática*. El empleo de las matemáticas para explicar

escenarios hipotéticos y explorar sistemas o situaciones potenciales, aun cuando difícilmente vayan a ponerse en práctica en la realidad, constituye uno de los rasgos más poderosos de la disciplina. Un problema como este quedaría clasificado dentro del tipo de situación científica.

En resumen, PISA concede más valor a aquellas tareas que pueden encontrarse en diferentes situaciones del mundo real y que poseen un contexto en el que el recurso a las matemáticas para resolver el problema planteado sería auténtico. La preferencia por los problemas con un contexto extramatemático que influye en su solución e interpretación como instrumento de la evaluación de la *competencia matemática* viene motivada por el hecho de que son precisamente este tipo de problemas lo que se encuentran con más frecuencia en la vida cotidiana.

EL CONTENIDO MATEMÁTICO: LAS CUATRO IDEAS CLAVE

Hoy día son muchos los que ven las matemáticas como una ciencia de las regularidades en un sentido general. Las ideas clave elegidas por este marco de evaluación reflejan ese punto de vista: las regularidades en los ámbitos del *espacio y la forma,* el *cambio y las relaciones* y *la cantidad* serían conceptos esenciales de cualquier descripción de las matemáticas y formarían parte del núcleo de cualquier currículo en todos los niveles educativos. Pero ser competente en matemáticas significa algo más. Es esencial asimismo abordar el campo de la incertidumbre desde una perspectiva matemática y científica. De ese modo, los elementos integrantes de la teoría de la probabilidad y la estadística dan lugar a la cuarta idea clave: la *incertidumbre.*

La lista de ideas clave que figura a continuación es utilizada por el estudio PISA 2006 con objeto de cumplir los requisitos de reflejar el desarrollo histórico, cubrir el área de contenido y recoger las líneas maestras de los currículos escolares.

- *Espacio y forma*
- *Cambio y relaciones*
- *Cantidad*
- *Incertidumbre*

Por medio de estas cuatro ideas, el contenido matemático queda organizado en un número de áreas lo bastante amplio como para garantizar que los ejercicios de la prueba cubren el currículo en su conjunto, pero a su vez lo bastante reducido para evitar que una división excesivamente meticulosa pudiera obrar en contra del propósito de centrar el estudio en problemas basados en situaciones reales.

Básicamente, la noción de idea clave hace referencia a un conjunto de fenómenos y conceptos dotados de sentido y susceptibles de hallarse presentes en una multiplicidad de situaciones diversas. Por su propia naturaleza, cada una de estas ideas clave puede percibirse como una suerte de noción que se ocupa de una dimensión de contenido generalizada. Esto implica que no es posible deslindar unas ideas clave de otras de forma precisa, del mismo modo que tampoco pueden deslindarse las áreas de contenido de las matemáticas tradicionales. Habría que considerar, más bien, que cada una de ellas ofrece una determinada perspectiva o punto de vista, del que se puede decir que posee un núcleo –una especie de centro de gravedad– y unos límites un tanto imprecisos que permiten que se produzcan intersecciones con otras ideas clave. En principio, cualquier idea clave puede solaparse con otra idea clave. En los apartados que siguen se ofrece una descripción de las cuatro ideas clave.

© OCDE 2006

Espacio y forma

En todas partes se pueden encontrar regularidades: en el habla, la música, el vídeo, el tráfico, las estructuras de los edificios, el arte, etc. También las formas pueden verse como ejemplos de regularidades: las casas, los edificios de oficinas, los puentes, las estrellas de mar, los copos de nieve, los planos de las ciudades, las hojas de trébol, los cristales, las sombras. Las regularidades geométricas pueden servir como modelos relativamente sencillos de muchos tipos de fenómenos, y su estudio no solo es posible, sino también deseable en todos los niveles educativos (Grünbaum, 1985).

También es importante comprender las propiedades de los objetos y sus posiciones relativas. Los estudiantes deben ser conscientes de cómo vemos las cosas y por qué las vemos de una determinada manera, a la vez que aprenden a navegar por el espacio y a través de las estructuras y las formas. Para ello se ha de comprender la relación que existe entre las formas y las imágenes o representaciones visuales, por ejemplo, la relación que existe entre una ciudad real y las fotografías o los mapas de esa misma ciudad. Supone asimismo comprender cómo se pueden representar en dos dimensiones los objetos tridimensionales, la manera en que se forman y deben interpretar las sombras y qué es la perspectiva y cómo funciona.

La forma es un ámbito matemático que posee un vínculo muy estrecho con la geometría tradicional, pero va mucho más allá que esta en contenido, significado y métodos. Interaccionar con las formas reales implica comprender el mundo visual que nos rodea, ser capaz de describirlo y saber codificar y descodificar información visual. Asimismo, comporta la interpretación de esa información visual. Para captar el concepto de forma, los alumnos tienen que descubrir el modo en que los objetos se asemejan o se diferencian entre sí, analizar los distintos componentes de un objeto y reconocer formas que se presenten en distintas dimensiones y representaciones.

Es importante no restringir el concepto de forma al de unas entidades estáticas. La forma, como entidad, puede transformarse, del mismo modo que las formas se modifican. En ocasiones, este tipo de cambios pueden visualizarse con gran elegancia mediante tecnologías informáticas. Los alumnos deberán ser capaces de identificar pautas y regularidades en el cambio de las formas. Un ejemplo de ello puede verse en la Figura 3.2 del apartado siguiente.

El estudio de la forma y las estructuras requiere la búsqueda de similitudes y diferencias cuando se analizan los componentes de las formas, así como la capacidad de reconocerlas en diferentes representaciones y dimensiones. El estudio de las formas se encuentra estrechamente ligado al concepto de la «comprensión del espacio». (Freudenthal, 1973).

Los ejemplos que requieren este tipo de pensamiento son muy abundantes. Identificar y relacionar una fotografía de una ciudad con un plano de esa misma ciudad e indicar desde qué punto fue tomada la fotografía; la capacidad de trazar un plano; comprender por qué un edificio cercano se ve más grande que un edificio que se encuentra más alejado; comprender por qué las vías del ferrocarril parecen juntarse en el horizonte: todas estas son cuestiones importantes para los estudiantes dentro del ámbito de esta idea clave.

Dado que los alumnos viven en un entorno tridimensional, deberían estar familiarizados con la visión de los objetos desde tres perspectivas ortogonales (por ejemplo, de frente, de lado y desde arriba). Del mismo modo, deberían ser conscientes del alcance y las limitaciones de los distintos tipos de representación de las formas tridimensionales, tal y como se muestra más adelante en el ejemplo de la Figura 3.3. No solo tienen que comprender la posición relativa de los objetos, sino que deben

ser capaces de moverse a través del espacio y a través de las construcciones y las formas. Un ejemplo de ello consistiría en leer e interpretar un mapa y elaborar las instrucciones para desplazarse desde un punto A a un punto B mediante unas coordenadas, el lenguaje común o un dibujo.

La comprensión conceptual de las formas incluye asimismo la capacidad de tomar un objeto tridimensional y plasmarlo en un plano bidimensional, y viceversa, aun cuando dicho objeto tridimensional se presente en dos dimensiones. La Figura 3.4 sería un ejemplo de ello.

A modo de resumen, la siguiente lista recoge los principales aspectos de la idea clave *espacio y forma*:

- Reconocer formas y patrones.
- Describir, codificar y descodificar información visual.
- Comprender los cambios dinámicos de las formas.
- Similitudes y diferencias.
- Posiciones relativas.
- Representaciones bidimensionales y tridimensionales y relaciones entre ambas.
- Orientación en el espacio.

Ejemplos de espacio y forma

La Figura 3.2 proporciona un ejemplo sencillo de la importancia que tiene la flexibilidad a la hora de ver formas en procesos de cambio. Se basa en un cubo al que se va «seccionando» (es decir, sobre el que se realizan varios cortes planos). En relación con esta figura se pueden realizar diversas preguntas, como por ejemplo:

Figura 3.2 ■ **Un cubo con cortes planos en varios lugares**

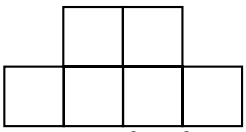
¿Qué formas pueden crearse en un cubo mediante un corte plano?

¿Cuántas caras, aristas o vértices se crearán al seccionar un cubo de esta manera?

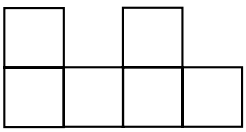
A continuación se muestran tres ejemplos que ponen de manifiesto lo importante que es estar familiarizado con la representación de formas tridimensionales. En el primer ejemplo, la Figura 3.3 proporciona una vista lateral y frontal de un objeto formado por cubos. La pregunta es la siguiente:

Figura 3.3 ■ **Vistas lateral y frontal de un objeto formado por cubos**

¿Cuántos cubos se han empleado para crear este objeto?



Vista lateral



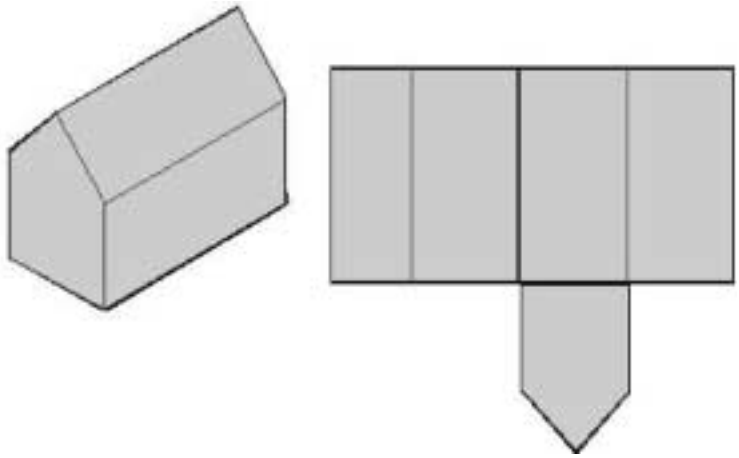
Vista frontal

© OCDE 2006

Puede resultar una sorpresa para muchos –tanto alumnos como profesores– que el número máximo de cubos sea 20 y el mínimo 6 (de Lange, 1995).

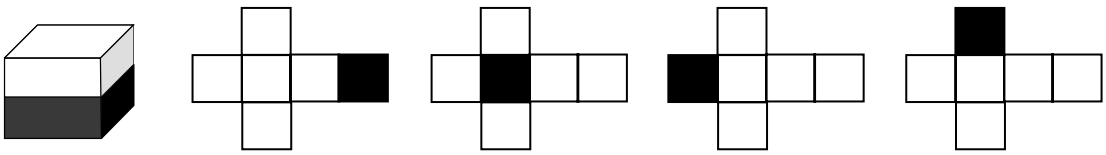
El siguiente ejemplo muestra una representación bidimensional de un granero y un esquema incompleto del mismo. El problema consiste en completar el esquema del granero.

Figura 3.4 ■ **Representación bidimensional de un granero tridimensional y de su esquema (incompleto)**



Un último ejemplo, similar al anterior, se muestra en la Figura 3.5 (adaptado de Hershkovitz *et al.*, 1996).

Figura 3.5 ■ **Cubo con base negra**



En la imagen del cubo, su mitad inferior aparece pintada de negro. Y, para cada uno de los esquemas, se ha pintado de negro la cara que forma la base del cubo. A los alumnos se les podría pedir que completaran cada esquema sombreando los cuadrados pertinentes.

Cambio y relaciones

Todo fenómeno natural es una manifestación del cambio, y el mundo que nos rodea presenta una multiplicidad de relaciones temporales o permanentes entre sus diversos fenómenos. Ejemplos de ello son los cambios que experimentan los organismos al crecer, el ciclo de las estaciones, el flujo y reflujo de las mareas, los ciclos del desempleo, los cambios de tiempo y los índices de la bolsa. Algunos de estos procesos de cambio llevan implícita una serie de funciones matemáticas sencillas que pueden utilizarse para describirlos o modelarlos: funciones lineares, exponenciales, periódicas o logísticas, tanto discretas como continuas. No obstante, son muchas las relaciones que pertenecen a otras categorías, y a menudo resulta esencial llevar a cabo un análisis de los datos para determinar el tipo de relación presente. Con bastante frecuencia, las relaciones matemáticas adoptan la forma

de ecuaciones o desigualdades, lo cual no quita para que también puedan darse otras relaciones de carácter más general (como la equivalencia, la divisibilidad o la integración, por mencionar algunas).

Según Stewart (1990), la sensibilización a los patrones del cambio requiere:

- Representar cambios de una forma comprensible.
- Comprender los tipos de cambio fundamentales.
- Reconocer tipos concretos de cambio cuando estos se produzcan.
- Aplicar estas técnicas al mundo exterior.
- Controlar un universo cambiante para que redunde en nuestro beneficio.

El *cambio y* las *relaciones* se pueden representar visualmente de muy diversas maneras: numéricamente (por ejemplo, en una tabla), simbólicamente o gráficamente. Pasar de un tipo de representación a otra tiene una importancia capital, como también la tiene reconocer y comprender las relaciones y los tipos de cambio fundamentales. Los alumnos deben estar al tanto de conceptos como crecimiento lineal (proceso aditivo), crecimiento exponencial (proceso multiplicativo), crecimiento periódico, e incluso crecimiento logístico, aunque solo sea de manera informal, entendido como un caso particular del crecimiento exponencial.

Los alumnos también deben ser capaces de reconocer las relaciones entre estos modelos: las diferencias fundamentales entre procesos lineales y exponenciales, el hecho de que el crecimiento porcentual sea idéntico al crecimiento exponencial y cómo, y por qué razones, se produce el crecimiento logístico tanto en situaciones continuas como discontinuas.

Los cambios se producen dentro de un sistema de objetos o fenómenos interrelacionados en el que los elementos influyen unos en otros. En los ejemplos que se recogen en el sumario, todos los fenómenos experimentan cambios en el tiempo. Sin embargo, en la vida real, los objetos pueden interrelacionarse de muy diversas maneras. Por ejemplo:

Si se divide en dos la longitud de la cuerda de una guitarra, se obtendrá una tonalidad nueva que será una octava más alta que la tonalidad anterior. Por tanto, la tonalidad depende de la longitud de la cuerda.

Cuando ingresamos dinero en una cuenta corriente sabemos que el saldo dependerá tanto de la magnitud, la frecuencia y el número de ingresos y retiradas de dinero, como del tipo de interés.

El concepto de relación conduce al de dependencia. La dependencia hace referencia al hecho de que las propiedades y los cambios de determinados objetos matemáticos pueden tener una relación de dependencia o ejercer una influencia sobre las propiedades y los cambios de otros objetos matemáticos. A menudo, las relaciones matemáticas adoptan la forma de una ecuación o una desigualdad, aunque tampoco es raro que se den otras relaciones de carácter más general.

El *cambio y* las *relaciones* comportan el recurso al pensamiento funcional. El pensamiento funcional –es decir, la capacidad de pensar sobre y en términos de relaciones– constituye uno de los principales objetivos disciplinares de la enseñanza de las matemáticas (MAA, 1923). En relación con los alumnos de 15 años, esto supone que deben tener algunas nociones sobre la tasa de cambio, el gradiente y la pendiente (aunque no necesariamente de una manera formal) y las relaciones de dependencia entre unas y otras variables. Asimismo, deben tener la capacidad de emitir juicios sobre la velocidad a la que se producen los procesos, incluso en términos relativos.

© OCDE 2006

Esta idea clave se halla estrechamente vinculada a diversos aspectos de algunas de las otras ideas clave. Un estudio de las regularidades numéricas puede conducir al descubrimiento de relaciones sorprendentes, como demuestran los estudios numéricos de Fibonacci o el caso de la proporción áurea. Este último concepto también desempeña un papel en el ámbito de la geometría. Dentro del campo del *espacio y la forma* se pueden encontrar muchos otros ejemplos vinculados con la idea de *cambio y relaciones*: el crecimiento de un área en relación con el crecimiento del perímetro o el diámetro sería uno de ellos. También la geometría euclidiana se presta al estudio de las relaciones. Un ejemplo bien conocido es la relación entre los lados de un triángulo. Si se conoce la longitud de dos de los lados, el tercero no estará determinado, aunque sí se conocerá el intervalo en que se encuentra: los extremos del intervalo vienen representados respectivamente por el valor absoluto de la diferencia entre los otros dos lados y su suma. Otras relaciones similares son bastante frecuentes entre los diversos elementos de los triángulos.

También la *incertidumbre* se presta a plantear numerosos problemas que pueden contemplarse desde la perspectiva del *cambio y las relaciones*. Si se lanzan dos dados y en uno de ellos sale un cuatro, ¿qué posibilidad hay de que la suma de ambos sea superior a siete? La respuesta (50 %) se basa en la dependencia que tiene la probabilidad en cuestión respecto del conjunto de resultados favorables. La probabilidad requerida es el porcentaje de todos esos resultados comparado con todos los resultados posibles. Se trata, pues, de una dependencia funcional.

Ejemplos de Cambio y relaciones

Ejemplo 5 de Matemáticas: EXCURSIÓN COLEGIAL

Una clase de un colegio que quiere alquilar un autocar para hacer una excursión se pone en contacto con tres empresas de transporte para obtener información sobre sus precios.

La empresa A cobra una tarifa inicial de 375 zeds más un plus de 0,5 zeds por kilómetro recorrido.

La empresa B cobra una tarifa inicial de 250 zeds más un plus de 0,75 zeds por kilómetro recorrido.

La empresa C cobra una tarifa fija de 350 zeds hasta los 200 kilómetros y 1,02 zeds por cada kilómetro que sobrepase los 200.

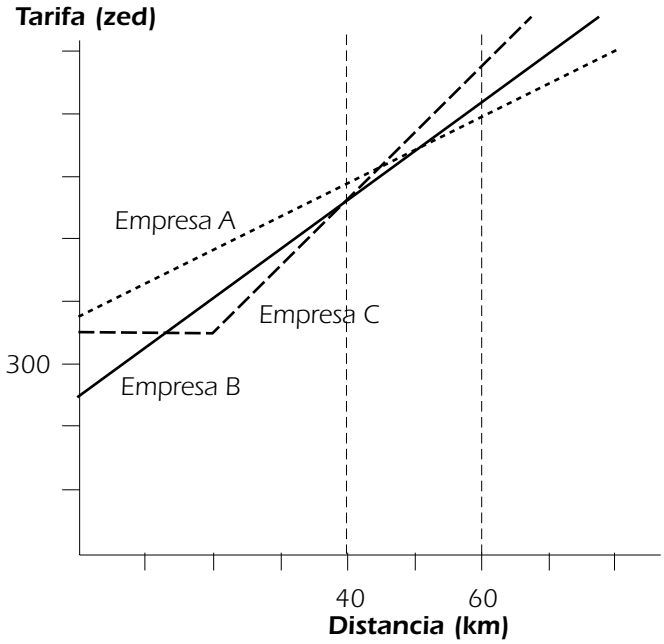
Pregunta 1: EXCURSIÓN COLEGIAL

¿Qué empresa deberá elegir la clase si el recorrido total de la excursión se encuentra entre los 400 y los 600 kilómetros?

Pese a sus elementos ficticios, un problema como este podría llegar a darse. Para resolverlo hay que formular y activar diversas relaciones funcionales, así como ecuaciones e inecuaciones. Se puede abordar por medios gráficos o algebraicos, o recurriendo a ambos a la vez. El hecho de que no se conozca con exactitud la distancia total recorrida durante la excursión introduce otro vínculo más con la idea clave de *incertidumbre*, que se trata en un apartado ulterior.

En la Figura 3.6 se muestra una representación gráfica de este problema.

Figura 3.6 ■ **Tarifas de tres empresas de autocares para la excursión**



A continuación figura otro ejemplo más de *cambio y relaciones*.

Ejemplo 6 de Matemáticas: CRECIMIENTO CELULAR

Un equipo médico se encuentra supervisando un proceso de proliferación de células. Lo que más les interesa es el día en que el recuento de células alcance la cifra de 60.000, porque, llegado ese momento, tendrán que realizar un experimento. La tabla de resultados es la que sigue:

Tiempo (días)	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Células	597	893	1.339	1.995	2.976	2.976	14.719	21.956	32.763

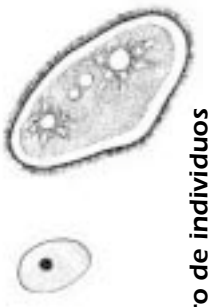
Pregunta 1: CRECIMIENTO CELULAR

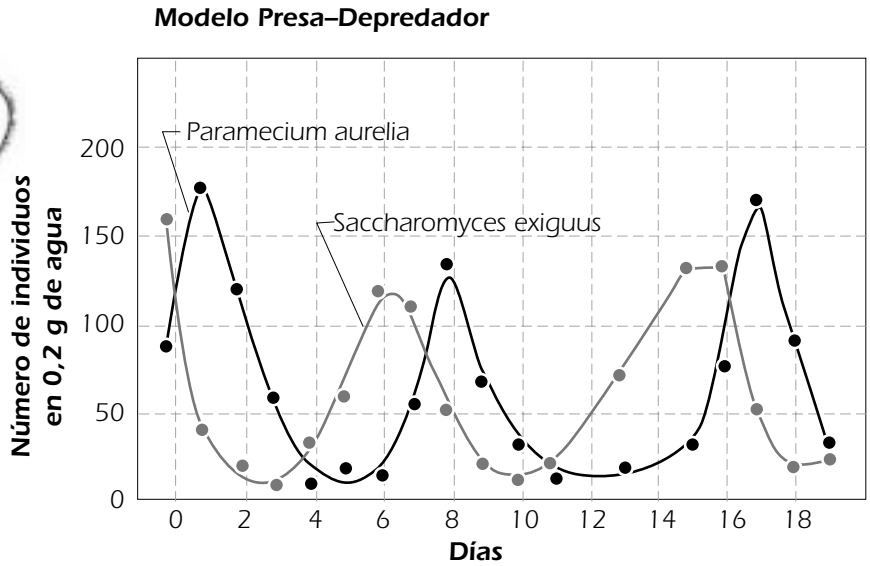
¿Cuándo llegará a 60.000 el número de células?

© OCDE 2006

Ejemplo 7 de Matemáticas: PRESA–DEPREDADOR

En el gráfico que viene a continuación se muestra el crecimiento de dos organismos vivos: el Paramecium y el Saccharomyces.





Pregunta 1: PRESA-DEPREDADOR

Uno de los dos animales (el depredador) se come al otro (la presa). ¿Permite el gráfico identificar cuál es la presa y cuál el depredador?

Una propiedad del fenómeno presa–depredador se puede expresar de la siguiente manera: la tasa de crecimiento de los depredadores es proporcional a la cantidad de presas disponibles. ¿Es aplicable esta propiedad al gráfico anterior?

Cantidad

Entre los aspectos más importantes de la *cantidad* se incluyen la comprensión del tamaño relativo, la identificación de regularidades numéricas y el uso de los números para representar cantidades y características cuantificables de los objetos del mundo real (cálculos y medidas). Asimismo, la *cantidad* aborda el procesamiento y la comprensión de los números representados bajo distintas formas.

Otro aspecto importante en relación con la idea de *cantidad* es el razonamiento cuantitativo. Los elementos fundamentales del razonamiento cuantitativo son el sentido numérico, las diversas formas de representar los números, la comprensión del significado de las operaciones, la sensibilidad ante las magnitudes numéricas, los cálculos matemáticamente elegantes, la aritmética, el cálculo mental y las estimaciones.

Al medir una magnitud, descubrimos otra utilización de los números que desempeña un papel de gran importancia en nuestras vidas cotidianas. Nociones como la longitud, el área, el volumen, la altura, la velocidad, la masa, la presión del aire o el valor monetario se cuantifican mediante mediciones.

El razonamiento cuantitativo es un aspecto importante a la hora de manejar cantidades. Comporta:

- Sentido numérico.
- Comprensión del significado de las operaciones.
- Sensibilidad hacia las magnitudes numéricas.
- Cálculos elegantes.

- Cálculo mental.
- Estimaciones.

Dentro de la noción «significado de las operaciones» se incluye la capacidad de llevar a cabo operaciones que comporten realizar comparaciones, determinar proporciones y sacar porcentajes. El sentido numérico hace referencia a todo lo relacionado con el tamaño relativo, las diferentes representaciones de los números, las formas numéricas equivalentes y el empleo del conocimiento de estos aspectos para describir los atributos del mundo.

El concepto de *cantidad* conlleva asimismo estar dotado de una sensibilidad hacia las cantidades y las estimaciones. Para poder evaluar hasta qué punto son razonables unos resultados numéricos concretos es necesario poseer un amplio conocimiento de las cantidades (medidas) del mundo real. ¿Cuál es la velocidad media de un coche, 5, 50 o 500 km/h? ¿Cuál es la población del mundo, 6, 600, 6.000 o 60.000 millones de personas? ¿Qué altura tiene una torre? ¿Qué anchura tiene un río? La capacidad de efectuar aproximaciones rápidas sobre el orden de magnitud de un determinado fenómeno es de vital importancia, sobre todo considerando que cada vez es más frecuente el recurso a herramientas electrónicas de cálculo. Una persona debe ser capaz de darse cuenta de que 33 x 613 arrojará un resultado cercano a 20.000. Para alcanzar esta habilidad, no hace falta ejercitarse intensamente en la ejecución mental del tipo de algoritmos que tradicionalmente se calculan por escrito; basta con un empleo hábil y flexible de la comprensión del valor posicional y de la aritmética de una sola cifra (Fey, 1990).

Un uso adecuado de su sentido numérico permitirá a los estudiantes resolver problemas que requieran razonamientos directos, inversos y proporcionales. Asimismo, les permite calcular índices de variación y establecer criterios razonados para seleccionar datos y determinar el nivel de precisión necesario para las operaciones y modelos que emplean. Podrán también considerar algoritmos alternativos, demostrando por qué funcionan correctamente o en qué casos fallan. Podrán desarrollar modelos que comporten operaciones, o relaciones entre operaciones, con objeto de resolver problemas que contengan datos del mundo real y relaciones numéricas que requieran operaciones y comparaciones (Dossey, 1997).

En la idea clave *cantidad* también hay un lugar para los razonamientos cuantitativos «elegantes», como el empleado por Gauss que figura en el ejemplo que viene a continuación. La creatividad asociada a la comprensión conceptual debe ser valorada en el nivel educativo de los alumnos de 15 años.

Ejemplos de cantidad

Ejemplo 8 de Matemáticas: GAUSS

En cierta ocasión, el profesor de Karl Friedrich Gauss (1777–1855) pidió a los alumnos de su clase que sumarán todos los números del 1 al 100. Probablemente, lo único que pretendía con ello era tener a los alumnos ocupados durante un buen rato. Pero Gauss, que estaba dotado de un razonamiento cuantitativo excelente, dio con un atajo. Este fue su razonamiento:

Se escribe la suma dos veces, una en orden ascendente y otra en orden descendente, del siguiente modo:

1 + 2 + 3 + ... + 98 + 99 + 100

100 + 99 + 98 +.....+ 3 + 2 + 1

A continuación, se efectúan las dos sumas, columna por columna; lo que da:

101 + 101 +.....+ 101 + 101

Como hay exactamente 100 copias del número 101 en esta suma, su valor es: 100 x 101 = 10.100

Dado que este producto es igual al doble de la suma original, bastará dividir por dos para obtener la solución: 5.050.

© OCDE 2006

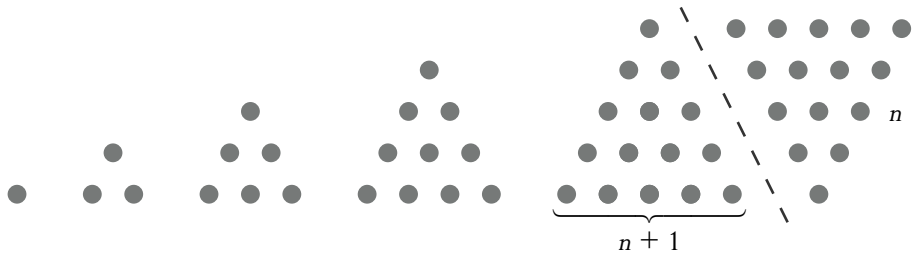
Números triangulares

Este ejemplo de razonamiento cuantitativo con regularidades numéricas puede desarrollarse un poco más para demostrar su vinculación con una representación geométrica de dicha regularidad. Para ello utilizaremos la fórmula que recoge el planteamiento general del problema de Gauss:

$$1 + 2 + 3 + \ldots + n = n(n + 1)/2$$

Esta fórmula reproduce un modelo geométrico bien conocido: los números que responden a la fórmula $n\,(n + 1)/2$ reciben el nombre de números triangulares, pues se corresponden exactamente con los números que se obtienen al formar con bolas un triángulo equilátero. Los cinco primeros números triangulares, 1, 3, 6, 10, 15, se muestran en la Figura 3.7.

Figura 3.7 ■ **Los cinco primeros números triangulares**



Razonamiento proporcional

Resultará interesante comprobar la forma en que los alumnos de los distintos países resuelven aquellos problemas que se prestan a la utilización de diversas estrategias. En este sentido, cabe esperar que las diferencias más apreciables se den en el ámbito del razonamiento proporcional. Lo más probable es que en algunos países se emplee una sola estrategia para cada problema, mientras que en otros se empleen varias. Igualmente cabe esperar la aparición de similitudes de razonamiento al resolver problemas que aparentemente no son demasiado similares. Estas observaciones concuerdan con los resultados obtenidos recientemente por la investigación de datos TIMSS (Mithchell, J. *et al.*, 2000). Las tres preguntas siguientes ilustran las diversas estrategias que pueden adoptarse y las relaciones existentes entre ellas:

1. Esta noche das una fiesta. Quieres comprar 100 latas de refrescos. ¿Cuántos paquetes de seis latas vas a comprar?
2. Un ala delta con un índice de descenso de 1 m por cada 22 m inicia su vuelo desde un precipicio de 120 metros de altura. El piloto quiere llegar a un punto situado a una distancia de 1.400 metros. ¿Logrará llegar a ese punto (en ausencia de viento)?
3. Un colegio quiere alquilar unos microbuses (con asientos para ocho pasajeros) para llevar a 98 alumnos a un campamento escolar. ¿Cuántos microbuses se necesitarán?

El primer problema puede verse como un problema de división (100 + 6 =) que luego presenta al alumno un problema de interpretación que le remite de nuevo al contexto (¿cuál es el significado del resto de la división?). El segundo problema puede resolverse recurriendo al razonamiento proporcional (por cada metro de altura se puede volar una distancia de 22 metros, por lo que si se parte

de 120 metros…). En cuanto al tercer problema, serán muchos los que lo resuelvan mediante una división. No obstante, los tres problemas pueden resolverse igualmente por medio del método de la tabla de proporciones:

Latas:	1	10	5	15	2	17
	6	60	30	90	12	102

Vuelo:	1	100	20	120
	22	2.200	440	2.640

Autobuses:	1	10	2	13
	8	80	16	104

Percibir esta similitud es una habilidad propia de la *competencia matemática*: los alumnos dotados de competencia matemática no necesitan buscar una única herramienta o algoritmo adecuado, sino que disponen de toda una gama donde elegir.

Ejemplo 9 de Matemáticas: PORCENTAJES

Carlos fue a una tienda a comprar una chaqueta cuyo precio habitual era 50 zeds, pero que ahora se vendía con un 20 % de descuento. En Zedlandia existe un impuesto sobre las ventas del 5 %. El dependiente añadió primero el impuesto del 5 % al precio de la chaqueta y luego descontó un 20 %. Carlos se quejó: quería que el dependiente dedujera primero el 20 % y luego añadiera el impuesto del 5 %.

Pregunta 1: PORCENTAJES

¿Supone esto alguna diferencia?

Los problemas que comportan un pensamiento cuantitativo de este tipo, así como la necesidad de llevar a cabo los consiguientes cálculos mentales, son bastante comunes en el contexto de las compras. La capacidad de abordar eficazmente estos problemas es un componente esencial de la *competencia matemática*.

Incertidumbre

La ciencia y la tecnología rara vez se ocupan de las certidumbres. En realidad, el conocimiento científico casi nunca es absoluto, e incluso puede ser erróneo en ocasiones, por eso hasta en las predicciones más científicas existe siempre un umbral de incertidumbre. La incertidumbre también está presente en la vida diaria: resultados inciertos de unas elecciones, puentes que se derrumban, caídas de la bolsa de valores, pronósticos del tiempo poco fiables, predicciones erróneas del crecimiento de la población o modelos económicos que no cuadran.

La idea clave *incertidumbre* alude a dos temas relacionados: los datos y el azar. Estos dos fenómenos son respectivamente el objeto de los estudios matemáticos de la estadística y del cálculo de probabilidades. Desde hace relativamente poco, las recomendaciones relativas a los currículos escolares señalan de manera unánime la necesidad de conferir a la estadística y al cálculo de probabilidades un relieve mucho mayor del que habían gozado en el pasado (Comisión para la Investigación de la Enseñanza de las Matemáticas en la Escuela, 1982; LOGSE, 1990; MSEB, 1990; NCTM, 1989; NCTM, 2000). Los conceptos y las operaciones matemáticas que tienen importancia en este ámbito son la recogida de datos, el análisis y la exposición/visualización de datos, el cálculo de probabilidades y la inferencia.

© OCDE 2006

Las recomendaciones relativas al lugar que deben ocupar los datos, la estadística y la probabilidad en los currículos escolares suelen poner el énfasis en el análisis de datos. No es de extrañar, por tanto, que a menudo se considere la estadística como un mero conjunto de habilidades específicas. Ha sido David S. Moore quien ha mostrado de qué se ocupa en realidad la idea clave *incertidumbre*. La definición de PISA sigue sus ideas, tal como quedaron recogidas en *On the Shoulder of Giants* (Steen, 1990) [*Sobre hombros de gigantes*], así como las expresadas por F. James Rutheford, en su obra *Why Numbers Count* (*Por qué son importantes los números*) (Steen, 1997).

La aportación de la estadística a la formación matemática tiene un carácter único y de gran importancia, pues abre la posibilidad de razonar partiendo de datos empíricos inciertos. Este tipo de pensamiento estadístico debería formar parte del bagaje intelectual de todo ciudadano inteligente. Sus elementos clave serían los siguientes:

- La omnipresencia de la variación en los procesos.
- La necesidad de contar con datos sobre los procesos.
- El diseño de la elaboración de datos teniendo en mente la variación.
- La cuantificación de la variación.
- La explicación de la variación.

Los datos no son simples números, son números en un contexto. Los datos se obtienen mediante medición y se representan por un número. Pensar sobre mediciones conduce a una percepción madura de por qué unos números son informativos y otros irrelevantes o carentes de sentido.

El diseño de estudios de muestreo es un aspecto fundamental de la estadística. El análisis de datos pone especial énfasis en la comprensión de los datos disponibles, asumiendo que representan un universo más amplio. En este sentido, un concepto como el de muestras simples aleatorias es esencial para que los alumnos de 15 años puedan comprender las cuestiones relacionadas con el campo de la incertidumbre.

Los fenómenos producen resultados individuales inciertos y, con frecuencia, los patrones a los que se ajusta un resultado reiterado tienen un carácter aleatorio. En el presente estudio de PISA, el concepto de probabilidad se basará en situaciones en las que intervengan objetos relacionados con el azar, como es el caso de las monedas, los dados y los trompos, o con situaciones del mundo real, no excesivamente complejas, que sean susceptibles de ser analizadas intuitivamente o que puedan modelarse fácilmente con esos objetos.

El ámbito de la incertidumbre se presenta también recurriendo a otras fuentes, como pueden ser la variación natural de las estaturas de los estudiantes, la lectura de puntuaciones, los ingresos de un determinado grupo de personas, etc. Un paso de gran importancia, incluso para los alumnos de 15 años, consiste en ver el estudio de los datos y el azar como un todo coherente. Uno de sus principios sería la progresión de ideas que va desde el mero análisis de datos a la producción de datos para llegar finalmente a la probabilidad y la inferencia.

Las operaciones y conceptos matemáticos de mayor importancia en este ámbito son:

- La producción de datos.
- El análisis de datos y su presentación/visualización.
- La probabilidad.
- La inferencia.

Ejemplos de Incertidumbre

Los ejemplos que vienen a continuación ilustran la idea clave *incertidumbre*.

Ejemplo 10 de Matemáticas: MEDIA DE EDAD

Pregunta 1: MEDIA DE EDAD

Si el 40 % de la población de un país tiene al menos 60 años, ¿es posible que la media de edad sea de 30 años?

Ejemplo 11 de Matemáticas: ¿AUMENTAN LOS INGRESOS?

Pregunta 1: ¿AUMENTAN LOS INGRESOS?

¿Han aumentado los ingresos de los habitantes de Zedlandia en las últimas décadas o han disminuido? La media de ingresos monetarios por hogar ha descendido: en 1970 ascendía a 34.200 zeds, en 1980 era de 30.500 zeds y en 1990 de 31.200 zeds. No obstante, los ingresos por persona aumentaron: en 1970 ascendieron a 13.500 zeds, en 1980 fueron de 13.850 zeds y en 1990 de 15.777 zeds.

Un hogar está formado por todas las personas que viven juntas en una misma vivienda. Explica cómo es posible que en Zedlandia desciendan los ingresos por hogar a la vez que aumentan los ingresos por persona.

Ejemplo 12 de Matemáticas: INCREMENTO DE LA CRIMINALIDAD

El gráfico que figura a continuación se ha extraído del semanario de Zedlandia, **El Noticiario**:

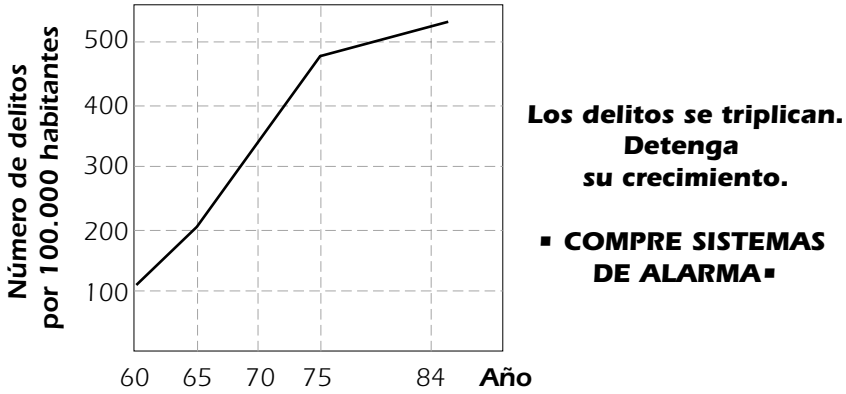
En él se muestra el número de delitos registrados por cada 100.000 habitantes, primero en intervalos de cinco años y luego en intervalos de un año.

© OCDE 2006

Pregunta 1: INCREMENTO DE LA CRIMINALIDAD

¿Cuántos delitos por cada 100.000 habitantes se registraron en 1960?

Los fabricantes de sistemas de alarma recurrieron a estos mismos datos para elaborar el siguiente gráfico:



Pregunta 2: INCREMENTO DE LA CRIMINALIDAD

¿Cómo y por qué elaboraron los fabricantes este gráfico?

A la policía no le hizo ninguna gracia el gráfico de los fabricantes de sistemas de alarma, porque quería demostrar que su lucha contra la delincuencia estaba resultando muy eficaz.

Elabora un gráfico al que pueda recurrir la policía para demostrar que en los últimos tiempos se ha producido un descenso de la criminalidad.

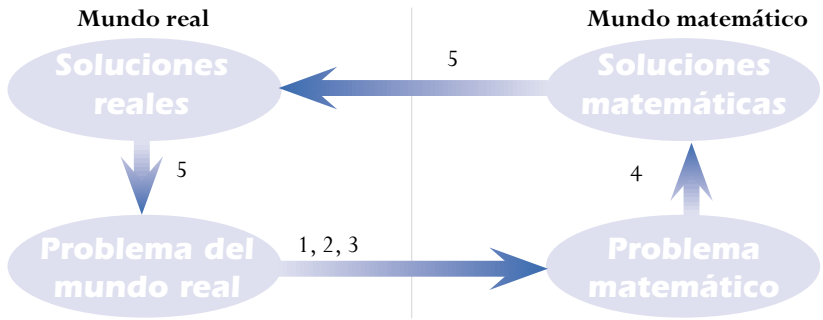
PROCESOS MATEMÁTICOS

Matematización

La evaluación PISA estudia la capacidad de los alumnos para analizar, razonar y comunicar ideas matemáticas de forma efectiva al plantear, resolver e interpretar problemas matemáticos en distintas situaciones. La solución de problemas requiere que los alumnos hagan uso de las habilidades y competencias que han adquirido a lo largo de su escolarización y a través de sus propias experiencias vitales. En la evaluación PISA ese proceso fundamental que emplean los alumnos para resolver los problemas que plantea la vida real se denomina matematización.

En el apartado que se ocupaba de las bases teóricas del marco PISA de evaluación de las matemáticas se esbozaba una descripción de las matemáticas en cinco pasos. En la Figura 3.8 se recogen esos pasos, que aparecen luego en forma de lista.

Figura 3.8 ■ **El ciclo de la matematización**



- Se inicia con un problema situado en la realidad.
- Se organiza de acuerdo con conceptos matemáticos y se identifican las matemáticas relevantes al caso.
- El problema se va abstrayendo progresivamente de la realidad mediante una serie de procesos, como la elaboración de supuestos, la generalización y la formalización, mediante los cuales se destacan los rasgos matemáticos de la situación y se transforma el problema del mundo real en un problema matemático que reproduce de manera fiel la situación.
- Se resuelve el problema matemático.
- Se confiere sentido a la solución matemática en términos de la situación real, a la vez que se identifican las posibles limitaciones de la solución.

La matematización comporta, en primer lugar, la traducción del problema real a términos matemáticos. Este proceso incluye diversas operaciones, como por ejemplo:

- Identificar los elementos matemáticos pertinentes al problema situado en la realidad.
- Representar el problema de una manera distinta; lo cual comporta, entre otras cosas, organizarlo de acuerdo con los conceptos matemáticos pertinentes y plantear los supuestos adecuados al caso.
- Comprender las relaciones existentes entre el lenguaje del problema y el lenguaje formal y simbólico que se necesita para comprenderlo en términos matemáticos.
- Encontrar regularidades, relaciones y patrones.
- Reconocer los aspectos que son isomórficos respecto de otros problemas conocidos.
- Traducir el problema a términos matemáticos, es decir, a un modelo matemático (de Lange, 1987).

Una vez que el alumno ha traducido el problema a una forma matemática, el proceso puede continuarse ya dentro de un ámbito estrictamente matemático. Los alumnos se plantearán preguntas del tipo: «¿Hay…?» «En tal caso, ¿cuántos?» o «¿Cómo puedo hallar…?», recurriendo a las habilidades y conceptos matemáticos de que dispone. Tratarán de desarrollar el modelo del problema, adaptarlo, establecer regularidades, identificar conexiones y crear una buena argumentación matemática. Esta parte del proceso de matematización suele conocerse como la parte deductiva del ciclo de construcción de modelos (Blum, 1996; Schupp, 1988). Conviene señalar, no obstante, que en esta fase pueden intervenir también otros procesos aparte del deductivo. Esta parte del proceso de matematización comporta:

- Utilizar diferentes tipos de representación e ir alternando entre ellos.
- Utilizar operaciones y un lenguaje simbólico, formal y técnico.
- Refinar y ajustar los modelos matemáticos mediante un proceso de combinación e integración de modelos.
- Argumentar.
- Generalizar.

El último, o los últimos pasos, que han de darse para resolver el problema implican una reflexión sobre el proceso en su conjunto y sobre los resultados obtenidos. Llegados a este punto, los alumnos deben interpretar los resultados con espíritu crítico y validar la totalidad del proceso. Esta reflexión

 © OCDE 2006

se da en todas las fases del proceso, pero tiene especial importancia en esta fase final. Algunos de los aspectos de este proceso de reflexión y validación son:

- La comprensión del alcance y los límites de los conceptos matemáticos.
- La reflexión sobre las argumentaciones matemáticas y la explicación y justificación de los resultados obtenidos.
- La comunicación del proceso y la solución.
- La crítica del modelo y de sus límites.

Esta fase aparece indicada en dos puntos de la Figura 3.8 mediante la referencia «5», que señala el momento del proceso de matematización en que se pasa de la solución matemática a la solución real y el momento en que esta última se relaciona de nuevo con el problema del mundo real.

Las capacidades

El anterior apartado se centraba en los principales conceptos y procesos asociados a la matematización. Un individuo que tenga que emplear de forma satisfactoria la matematización dentro de una gran variedad de situaciones y contextos, intra y extramatemáticos, así como en el ámbito de las ideas clave, necesita poseer una serie de capacidades matemáticas que, tomadas en su conjunto, conforman el concepto superior de competencia matemática. Cada una de estas capacidades puede dominarse en mayor o menor grado. Las distintas fases del proceso de matematización recurren a estas capacidades de un modo diferente, tanto en lo que respecta a las capacidades específicas que han de usarse como al nivel de dominio requerido. Para identificar y analizar estas capacidades, PISA ha optado por recurrir a ocho capacidades matemáticas características que, en su forma actual, se basan en la obra de Niss (1999) y de sus colegas daneses. También pueden encontrarse formulaciones similares en las obras de otros muchos autores (como se señala en Neubrand *et al.*, 2001). Convendrá señalar, sin embargo, que no todos los autores coinciden en las acepciones que dan a algunos de estos términos.

- *Pensamiento y razonamiento*. Consiste en plantear preguntas características de las matemáticas («¿Hay…?», «En tal caso, ¿cuántos…?», «¿Cómo puedo hallar…?»); conocer los tipos de respuesta que las matemáticas ofrecen a esas preguntas; distinguir entre distintos tipos de asertos (definiciones, teoremas, conjeturas, hipótesis, ejemplos, afirmaciones condicionales); y comprender y saber manejar el alcance y los límites de los conceptos matemáticos que hagan al caso.
- *Argumentación*. Comporta entender en qué consisten las pruebas matemáticas y qué las diferencia de otro tipo de razonamientos matemáticos; seguir y evaluar cadenas de argumentaciones matemáticas de distintos tipos; tener un sentido heurístico («¿Qué puede o no puede suceder y por qué?»), así como crear y expresar argumentaciones matemáticas.
- *Comunicación*. Consiste en la capacidad de expresarse de muy diversas maneras sobre temas de contenido matemático, tanto de forma oral como escrita, así como comprender las afirmaciones orales o escritas expresadas por otras personas sobre esas mismas materias.
- *Construcción de modelos.* Comporta estructurar el campo o la situación para la que se ha de elaborar un modelo; traducir la realidad a estructuras matemáticas; interpretar modelos matemáticos en función de la realidad; trabajar con modelos matemáticos; validar un modelo; reflexionar, analizar y criticar un modelo y sus resultados; comunicar opiniones sobre el modelo y sus resultados (incluyendo las propias limitaciones de tales resultados); y supervisar y controlar el proceso de construcción de modelos matemáticos.

- *Planteamiento y solución de problemas*. Consiste en plantear, formular y definir distintos tipos de problemas matemáticos (por ejemplo, problemas «puros», «aplicados», «abiertos» y «cerrados»), así como la capacidad de resolver diversos tipos de problemas matemáticos de distintas maneras.
- *Representación*. Comporta la capacidad de descodificar, codificar, traducir, interpretar y distinguir distintas formas de representación de objetos y situaciones matemáticos; las interrelaciones que existen entre las diversas representaciones; y la elección y alternancia entre distintos tipos de representación según las situaciones y objetivos.
- *Utilización de operaciones y lenguaje técnico, formal y simbólico*. Comporta descodificar e interpretar el lenguaje formal y simbólico; comprender sus relaciones con el lenguaje natural; traducir del lenguaje natural al lenguaje simbólico/formal; hacer uso de expresiones y asertos que contengan símbolos y fórmulas; emplear variables, resolver ecuaciones y realizar cálculos.
- *Empleo de material y herramientas de apoyo*. Comporta conocer y saber emplear toda una serie de materiales y herramientas de apoyo (incluidas las herramientas de las tecnologías informáticas) que pueden contribuir a la realización de la actividad matemática, así como conocer las limitaciones de dichos materiales y herramientas.

PISA no evalúa las capacidades antes mencionadas de forma individual. El grado de solapamiento que se da entre ellas es muy considerable y, por regla general, cuando se emplean las matemáticas es necesario recurrir de forma simultánea a varias de estas capacidades. Por esa razón, cualquier intento de evaluarlas de manera individual probablemente daría lugar a unas tareas artificiales y a una compartimentación innecesaria del ámbito de la competencia matemática. Las capacidades específicas de las que disponen los alumnos varían considerablemente entre uno y otro individuo. Esto se debe, en parte, a que todo proceso de aprendizaje tiene lugar a través de la experiencia: «la construcción individual del conocimiento es el resultado de un proceso de interacción, negociación y colaboración» (de Corte, Greer y Verschaffel, 1996, pag. 510). PISA presupone que la mayor parte de las matemáticas que saben los estudiantes la han aprendido en la escuela. La comprensión de un área de contenido es algo que se adquiere de forma gradual. Solo con el paso del tiempo irán surgiendo formas de representación y razonamiento más formales y abstractas, como consecuencia de la participación en actividades diseñadas para fomentar la evolución de las ideas informales. También la *competencia matemática* se adquiere a través de la experiencia que se obtiene al interactuar en una gran diversidad de situaciones o contextos sociales.

Para poder describir y presentar desde una perspectiva internacional y de la manera más fructífera posible las capacidades de los estudiantes, así como sus puntos fuertes y débiles, será necesario adoptar cierto tipo de estructura. Una de las formas de lograrlo de una manera que resulte manejable y comprensible a la vez, consiste en definir una serie de grupos de capacidades basados en el tipo de exigencias cognitivas que se requieren para resolver los distintos tipos de problemas matemáticos.

LOS GRUPOS DE CAPACIDADES

Para describir las actividades cognitivas que engloban estas capacidades, PISA ha optado por elaborar tres *grupos de capacidades*: el grupo de *reproducción,* el grupo de *conexiones* y el grupo de *reflexión*. En los apartados siguientes se definen los tres grupos de capacidades y se tratan las distintas formas de interpretar cada una de las capacidades dentro de los grupos.

 © OCDE 2006

El grupo de reproducción

Las capacidades de este grupo comportan básicamente la reproducción de conocimientos que ya han sido practicados. Incluyen, por tanto, los tipos de conocimiento que suelen practicarse en las evaluaciones estándar y en las pruebas escolares. Entre estas capacidades se cuentan el conocimiento de los hechos y de las representaciones de problemas más comunes, la identificación de equivalentes, el recuerdo de objetos y propiedades matemáticas conocidas, la utilización de procesos rutinarios, la aplicación de algoritmos y habilidades técnicas estándar, el manejo de expresiones que contienen símbolos y fórmulas conocidas o estandarizadas y la realización de operaciones sencillas.

- *Pensamiento y razonamiento*. Comporta el planteamiento de preguntas en su forma más básica («¿Cuántos…?» «¿Cuánto es…?»), así como la comprensión del correspondiente tipo de respuestas («tantos», «tanto»). Asimismo, supone distinguir entre definiciones y asertos, así como comprender y manejar conceptos matemáticos en el mismo tipo de contextos en que se introdujeron por primera vez o se han practicado subsiguientemente.
- *Argumentación*. Implica seguir y justificar procesos cuantitativos estándar, incluidos los procesos de cálculo con sus exposiciones y resultados.
- *Comunicación*. Implica comprender y ser capaz de expresar en forma oral y escrita cuestiones matemáticas sencillas, como son la reproducción de los nombres y las propiedades básicas de objetos matemáticos familiares, mencionando los cálculos y sus resultados, por regla general, de una sola manera.
- *Construcción de modelos*. Implica reconocer, recopilar, activar y hacer uso de modelos conocidos y bien estructurados, realizar interpretaciones cruzadas en ambos sentidos entre dichos modelos (y sus resultados) y la «realidad», así como comunicar de manera elemental los resultados de los modelos.
- *Planteamiento y solución de problemas*. Comporta plantear y resolver problemas mediante la identificación y reproducción de problemas matemáticos ya practicados de carácter estándar y en forma cerrada, tanto de tipo puro como aplicado, así como la solución de dichos problemas aplicando enfoques y procedimientos estándar, generalmente de una única manera.
- *Representación*. Comporta descodificar, codificar e interpretar representaciones estándar de objetos matemáticos de una manera que ya haya sido practicada con anterioridad. La alternancia entre distintas formas de representación solo se incluirá cuando dicha alternancia constituya una parte intrínseca de la representación implicada.
- *Utilización de operaciones y lenguaje técnico, formal y simbólico*. Implica descodificar e interpretar lenguajes simbólicos y formales básicos de carácter rutinario en unos contextos y situaciones con las que se está familiarizado. Asimismo, comporta manejar asertos y expresiones sencillas que contengan símbolos y fórmulas, incluido el empleo de variables, así como resolver ecuaciones y efectuar cálculos mediante procedimientos rutinarios.
- *Empleo de material y herramientas de apoyo*. Comporta conocer y ser capaz de emplear una serie de materiales y herramientas de apoyo que resulten familiares de unos modos y en unos contextos y situaciones similares a aquellos en los que se introdujo y practicó su utilización.

Los ejercicios de evaluación que miden las capacidades del grupo de *reproducción* se pueden describir mediante los siguientes descriptores clave: reproducción de conocimientos ya practicados y realización de operaciones rutinarias.

Ejemplos de ejercicios del grupo de reproducción

Ejemplo 13 de Matemáticas

Resuelve la ecuación $7x - 3 = 13x + 15$

Ejemplo 14 de Matemáticas

¿Cuál es la media de 7, 12, 8, 14, 15, 9?

Ejemplo 15 de Matemáticas

Se ingresan 100 zeds en una cuenta de ahorro de un banco con un tipo de interés del 4 %. ¿Cuántos zeds habrá en la cuenta al cabo de un año?

Ejemplo 16 de Matemáticas

En una carrera de velocidad se llama «tiempo de reacción» al intervalo temporal entre el momento en que se da el pistoletazo de salida y el momento en que el atleta sale de los tacos. El «tiempo final» incluye tanto el tiempo de reacción como el tiempo empleado en completar la carrera.

En la tabla que sigue figura el tiempo de reacción y el tiempo final de 8 corredores que tomaron parte en una carrera de 100 metros lisos.

Calle	Tiempo de reacción (seg.)	Tiempo final (seg.)
1	0,147	10,09
2	0,136	9,99
3	0,197	9,87
4	0,180	No acabó la carrera
5	0,210	10,17
6	0,216	10,04
7	0,174	10,08
8	0,193	10,13

Pregunta 1:

Identifica quiénes fueron los medallistas de oro, plata y bronce en la carrera. Completa la tabla de debajo con el número de calle de cada uno de los medallistas, su tiempo de reacción y su tiempo final.

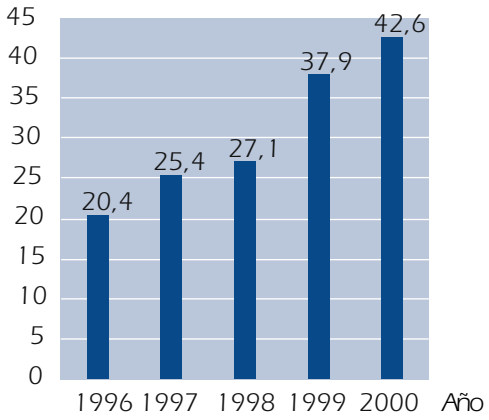
Medalla	Calle	Tiempo de reacción (seg.)	Tiempo final (seg.)
ORO			
PLATA			
BRONCE			

© OCDE 2006

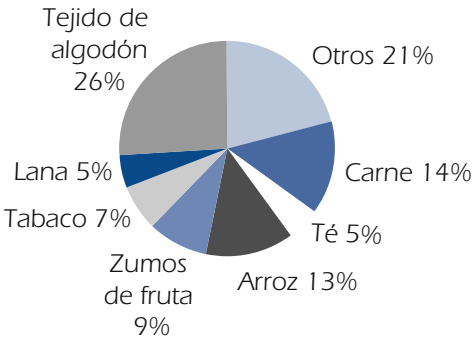
Ejemplo 17 de Matemáticas

Estos gráficos contienen información sobre las exportaciones de Zedlandia, un país cuya unidad monetaria es el zed.

Total anual de exportaciones de Zedlandia expresado en millones de zeds, 1996-2000



Distribución de las exportaciones de Zedlandia en 2000



Pregunta 1:

¿Cuál fue el valor de las exportaciones de zumos de fruta de Zedlandia en 2000?

A. 1,8 millones de zeds.
B. 2,3 millones de zeds.
C. 2,4 millones de zeds.
D. 3,4 millones de zeds.
E. 3,8 millones de zeds.

La delimitación de los ejercicios que pertenecen al grupo de *reproducción* se puede clarificar recurriendo al problema de la «cuenta de ahorro» del Ejemplo 3, donde encontramos un ejemplo que no pertenece al grupo de *reproducción*. Para resolver el problema, los alumnos tendrán que ir más allá de la simple aplicación de un procedimiento rutinario y aplicar una cadena de razonamientos y una secuencia de pasos de cálculo que no son propios de las capacidades englobadas en el grupo de *reproducción*.

El grupo de conexiones

Las capacidades del grupo de *conexiones* se cimentan sobre la base que proporcionan las capacidades del grupo de *reproducción*, pero abordan ya problemas cuyas situaciones no son rutinarias, aunque sigan presentándose en unos marcos familiares o casi familiares.

Además de las capacidades ya descritas para el grupo de *reproducción*, el grupo de *conexiones* incluye las siguientes capacidades:

- *Pensamiento y razonamiento.* Comporta plantear una serie de preguntas («¿Cómo hallamos…?», «¿Qué procedimiento matemático implica…?») y comprender sus correspondientes respuestas (plasmadas mediante tablas, gráficos, álgebra, figuras, etc.), distinguir entre definiciones y aser-

tos, así como entre distintos tipos de asertos, y comprender y manejar conceptos matemáticos en contextos que difieran ligeramente de aquellos en los que se introdujeron por primera vez o en los que han sido practicados con posterioridad.

- *Argumentación.* Comporta emplear razonamientos matemáticos sencillos sin distinguir entre pruebas y otras formas de argumentación y razonamiento de mayor alcance, seguir y evaluar cadenas de argumentos matemáticos de distinto tipo y poseer un sentido de la heurística (por ejemplo, «¿Qué puede o no puede suceder, y por qué?» «¿Qué es lo que sé y qué es lo que quiero obtener?»).
- *Comunicación.* Implica comprender y ser capaz de expresar de forma oral y escrita cuestiones matemáticas que van desde la reproducción de nombres y propiedades básicas de objetos familiares, o la explicación de cálculos y sus resultados (por regla general, de más de una manera), hasta la explicación de temas con un contenido relacional. Implica asimismo comprender los asertos orales o escritos que otras personas puedan realizar sobre los mismos temas.
- *Construcción de modelos.* Comporta estructurar el campo o la situación para la que se va a elaborar un modelo, traducir la realidad a estructuras matemáticas en unos contextos que, sin ser excesivamente complejos, tampoco sean aquellos con los que están familiarizados los alumnos. Implica asimismo cruzar interpretaciones en ambos sentidos entre los modelos (y sus resultados) y la realidad, así como la capacidad de comunicar los resultados obtenidos a partir de los modelos.
- *Planteamiento y solución de problemas*. Implica plantear y formular problemas de un modo que supere la mera reproducción de problemas estándar puros o aplicados en forma cerrada que ya hayan sido practicados, así como la solución de dichos problemas recurriendo no solo a enfoques y procedimientos estándar, sino también a procedimientos de solución de problemas de índole más personal que conlleven el establecimiento de nexos entre distintas áreas matemáticas y entre distintos modos de representación y comunicación (esquemas, tablas, gráficos, palabras e ilustraciones).
- *Representación.* Comporta descodificar, codificar e interpretar tanto representaciones de objetos matemáticos con las que se esté familiarizado como otras que resulten menos familiares. Implica asimismo seleccionar distintas formas de representar situaciones y objetos matemáticos y alternar entre ellas, así como traducir y diferenciar distintos tipos de representación.
- *Utilización de operaciones y lenguaje técnico, formal y simbólico.* Comporta descodificar e interpretar el lenguaje formal y simbólico básico en situaciones y contextos menos conocidos, así como manejar asertos y expresiones sencillas que contengan símbolos y fórmulas, incluyendo asimismo el uso de variables, la solución de ecuaciones y la realización de cálculos por procedimientos que resulten familiares.
- *Empleo de material y herramientas de apoyo.* Comporta conocer y ser capaz de utilizar materiales y herramientas de apoyo que resulten familiares de un modo y en unos contextos y situaciones que difieran de aquellos en los que se introdujeron y practicaron.

Normalmente, los ejercicios de evaluación de este grupo requieren que se dé algún tipo de prueba de que se ha realizado una integración y conexión del material perteneciente a las diferentes ideas clave o a las diversas líneas curriculares, o que se han vinculado diferentes modos de representar un problema.

Los ejercicios de evaluación que miden el grupo de conexiones pueden definirse mediante los siguientes descriptores clave: integración, conexión y ampliación moderada del material practicado.

 © OCDE 2006

Ejemplos de ejercicios del grupo de conexiones

Ya se ofreció una primera muestra de un ejercicio del grupo de *conexiones* en el problema de la *CUENTA DE AHORRO* que se describía en el Ejemplo 3. A continuación figuran varios ejemplos más de ejercicios del grupo de *conexiones*.

Ejemplo 18 de Matemáticas: DISTANCIA

María vive a dos kilómetros del colegio y Martín a cinco.

Pregunta 1: DISTANCIA

¿A qué distancia viven el uno del otro?

Cuando se presentó este problema a los profesores, muchos de ellos lo rechazaron por considerar que era excesivamente sencillo: resultaba muy fácil darse cuenta de que la respuesta correcta era 3. Otro grupo de profesores sostuvo que el ejercicio no era adecuado porque carecía de respuesta, con lo que querían decir que no había una única respuesta numérica. Un tercer grupo reaccionó argumentando que el ejercicio no era apropiado porque había muchas respuestas posibles, pues a falta de más información lo único que cabía concluir era que vivían a entre 3 y 7 kilómetros de distancia el uno del otro, y que ese tipo de respuesta era inapropiada para un ejercicio. Unos pocos pensaron que el ejercicio era excelente porque exige que se entienda bien la pregunta, plantea la solución de un problema real para el que el alumno no dispone de una estrategia preestablecida y, además, es un bello ejemplo del uso de las matemáticas, aunque no se sepa cómo se las arreglarán los alumnos para resolver el problema. Es esta última interpretación la que vincula el problema a las capacidades del grupo de *conexiones*.

Ejemplo 19 de Matemáticas: ALQUILER DE OFICINAS

Estos dos anuncios aparecieron en un diario de un país cuya unidad monetaria es el zed.

EDIFICIO A	EDIFICIO B
Se alquilan espacios para oficinas; 58-95 metros cuadrados: 475 **zeds** al mes; 100-120 metros cuadrados: 800 **zeds** al mes.	Se alquilan espacios para oficinas; 35-260 metros cuadrados: 90 **zeds** por metro cuadrado al año.

Pregunta 1: ALQUILER DE OFICINAS

Si una empresa está interesada en alquilar durante un año una oficina de 110 metros cuadrados en ese país, ¿en qué edificio, A o B, debería alquilar la oficina para conseguir el precio más bajo? Escribe tus cálculos. [© IES/TIMSS]

Ejemplo 20 de Matemáticas: LA PIZZA

Una pizzería ofrece dos pizzas redondas del mismo grosor en diferentes tamaños. La pequeña tiene 30 cm de diámetro y cuesta 30 zeds. La grande tiene 40 cm de diámetro y cuesta 40 zeds. [© PRIM, Stockholm Institute of Education]

Pregunta 1: LA PIZZA

¿Qué pizza es la mejor opción en relación con su coste? Escribe tu razonamiento.

Para resolver estos dos problemas, los estudiantes deben traducir una situación de la vida real a lenguaje matemático, elaborar un modelo matemático que les permita establecer una comparación adecuada, comprobar que la solución se ajusta al contexto de la pregunta inicial y comunicar el resultado. Todas ellas, actividades propias del grupo de *conexiones.*

El grupo de reflexión

Las capacidades de este grupo requieren que el alumno aporte un elemento de reflexión sobre los procesos que se necesitan o se emplean en la solución de un problema. Así pues, se relacionan con la capacidad que tienen los estudiantes de plantear estrategias de solución y aplicarlas a unos marcos de problema que contienen más elementos y pueden resultar más «originales» (es decir, menos familiares) que los que se dan en el grupo de *conexiones.* Además de las capacidades ya descritas en relación con el grupo de *conexiones,* las capacidades del grupo de *reflexión* incluyen las siguientes:

- *Pensamiento y razonamiento*. Comporta plantear una serie de preguntas («¿Cómo hallamos…?», «¿Qué procedimiento matemático implica…?», «¿Cuáles son los aspectos esenciales del problema o de la situación…?») y comprender los tipos de respuestas correspondientes (plasmadas mediante tablas, gráficos, álgebra, cifras, especificación de puntos clave, etc.); distinguir entre definiciones, teoremas, conjeturas, hipótesis y asertos referidos a casos especiales, así como la capacidad de articular de forma activa dichas distinciones o reflexionar sobre ellas; comprender y manejar conceptos matemáticos en contextos que sean nuevos o complejos; comprender y manejar el alcance y los límites de los conceptos matemáticos que hacen al caso y generalizar los resultados.
- *Argumentación*. Implica llevar a cabo razonamientos matemáticos sencillos, entre los que se incluye la distinción entre las pruebas, el proceso de probación y otras formas de argumentación y razonamiento de mayor amplitud; seguir, evaluar y elaborar diversos tipos de cadenas de argumentación matemática; y utilizar la heurística (por ejemplo, «¿Qué puede o no puede suceder, o ser el caso, y por qué?», «¿Qué es lo que sé y qué es lo que quiero obtener?», «¿Qué propiedades son esenciales?», «¿Cómo se relacionan los objetos?»).
- *Comunicación.* Comporta comprender y saber expresar de forma oral y escrita cuestiones matemáticas que abarquen desde la reproducción de nombres y propiedades básicas de objetos familiares, o la explicación de cálculos y sus resultados (normalmente de más de una manera), hasta la explicación de cuestiones que comporten relaciones complejas, incluidas las relaciones lógicas. Implica asimismo comprender los asertos escritos y orales de terceros sobre esas mismas cuestiones.
- *Construcción de modelos.* Implica estructurar el campo o la situación para la que se va a construir un modelo; traducir la realidad a estructuras matemáticas en unos contextos que pueden ser complejos o diferir bastante de aquellos con los que están familiarizados los alumnos; efectuar interpretaciones cruzadas en ambos sentidos entre los modelos (y sus resultados) y la realidad, incluida la comunicación de los resultados de los modelos; y recopilar información y datos, supervisando el proceso de construcción del modelo y validando el modelo resultante. Asimismo, implica reflexionar por medio de análisis, plantear críticas y abordar comunicaciones más complejas sobre el modelo y la construcción de modelos.
- *Planteamiento y solución de problemas.* Comporta plantear y formular problemas de un modo que supere ampliamente la mera reproducción de problemas estándar puros o aplicados en forma cerrada que ya hayan sido practicados, así como la solución de dichos problemas recurriendo tanto a enfoques y procedimientos estándar como a otros procedimientos de solución de problemas más originales que conlleven establecer nexos entre diferentes áreas matemáticas y entre distintos mo-

 © OCDE 2006

dos de representación y comunicación (esquemas, tablas, gráficos, palabras, imágenes). Asimismo, implica reflexionar sobre estrategias y soluciones.

- *Representación.* Comporta descodificar, codificar e interpretar representaciones de objetos matemáticos con las que se está familiarizado, así como otras que resulten menos familiares; elegir y alternar entre diferentes tipos de representación de situaciones y objetos matemáticos; y traducir y distinguir los distintos tipos de representación. Implica asimismo la combinación creativa de representaciones y la invención de otras distintas de las de tipo estándar.
- *Utilización de operaciones y lenguaje técnico, formal y simbólico.* Comporta descodificar e interpretar lenguajes simbólicos y formales empleados en contextos y situaciones desconocidas, así como manejar asertos y expresiones que contengan símbolos y fórmulas, con inclusión del empleo de variables, la solución de ecuaciones y la realización de cálculos. Implica asimismo la capacidad de abordar asertos, expresiones complejas y lenguajes simbólicos o formales poco familiares, así como la capacidad de comprender y traducir dichos lenguajes al lenguaje natural.
- *Empleo de material y herramientas de apoyo.* Comporta conocer y saber utilizar una serie de materiales y herramientas de apoyo, conocidos o nuevos, de unos modos, y en unos contextos y situaciones, que difieran de aquellos en los que se introdujeron y practicaron. Asimismo, implica conocer las limitaciones de tales materiales y herramientas.

Los ejercicios de evaluación que sirven para medir las capacidades del grupo de reflexión pueden definirse mediante los siguientes descriptores clave: nivel avanzado de razonamiento, argumentación, abstracciones, generalizaciones y construcción de modelos para su aplicación a contextos nuevos.

Ejemplos de ejercicios del grupo de reflexión

Ejemplo 21 de Matemáticas: ESTATURAS DE UN GRUPO DE ESTUDIANTES

Un día, en una clase de matemáticas, se miden las estaturas de todos los alumnos. La estatura media de los chicos es 160 cm, y la de las chicas 150 cm. Alena, con 180 cm de estatura, fue la más alta, y Zdenek, con 130 cm, el más bajo.

Aquel día faltaron dos alumnos a clase, pero al día siguiente sí que asistieron y, tras medir sus respectivas estaturas, se volvieron a calcular las estaturas medias. Sorprendentemente, la estatura media de las chicas y la estatura media de los chicos no experimentó modificación alguna.

Pregunta 1: ESTATURAS DE UN GRUPO DE ESTUDIANTES

¿Cuál de las siguientes conclusiones puede extraerse de esta información?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las conclusiones.

Conclusiones	¿Puede extraerse está conclusión?
Los dos alumnos eran chicas.	Sí / No
Uno de los alumnos era un chico y el otro una chica.	Sí / No
Los dos alumnos tenían la misma estatura.	Sí / No
La estatura media de todos los alumnos no varió.	Sí / No
Zdenek sigue siendo el chico más bajo.	Sí / No

El problema resulta bastante complejo por varias razones. Por un lado, se trata de una lectura que requiere un alto grado de atención. Una lectura superficial probablemente conduciría a una interpretación errónea. Por otro, no resulta nada fácil identificar la información verdaderamente importante desde un punto de vista matemático.

La situación no solo varía dentro de la clase, sino también a lo largo del tiempo. El elemento *clase* se utiliza al tratar de manera independiente la estatura media de los chicos y de las chicas, pero posteriormente se afirma que Alena es la más alta (estudiante o chica) y Zdenek el más bajo (estudiante o chico). Si los estudiantes no realizan una lectura atenta se les pasará por alto que Alena es una chica y Zdenek un chico.

Una de las dificultades más evidentes reside en el hecho de que los alumnos tengan que combinar la información de la primera parte del estímulo (las diferentes estaturas) con las de la segunda parte, en la que se presenta (o, más bien, no se presenta) la información sobre los dos alumnos ausentes. Es aquí donde aparece la variación en el tiempo: dos alumnos que no estaban presentes en el escenario original, pero que han de ser tenidos en cuenta en un momento posterior. Así pues, con el decurso del tiempo, el elemento *clase* experimenta una variación. Lo que no se sabe, sin embargo, es si esos dos alumnos son chicos o chicas, o uno de cada sexo. A las dificultades ya mencionadas habría que añadir además el hecho de que, en realidad, no se trata de resolver un solo problema, sino cinco.

Por otra parte, para poder responder correctamente, es fundamental que los estudiantes comprendan matemáticamente los conceptos estadísticos implícitos. El problema requiere la capacidad de plantear preguntas («¿Cómo puedo conocer?», «¿Cómo puedo hallar?», «¿Qué posibilidades hay?», «¿Qué pasaría si…?»), y de comprender y manejar el concepto de media en unos textos que resultan complejos a pesar de la familiaridad del contexto.

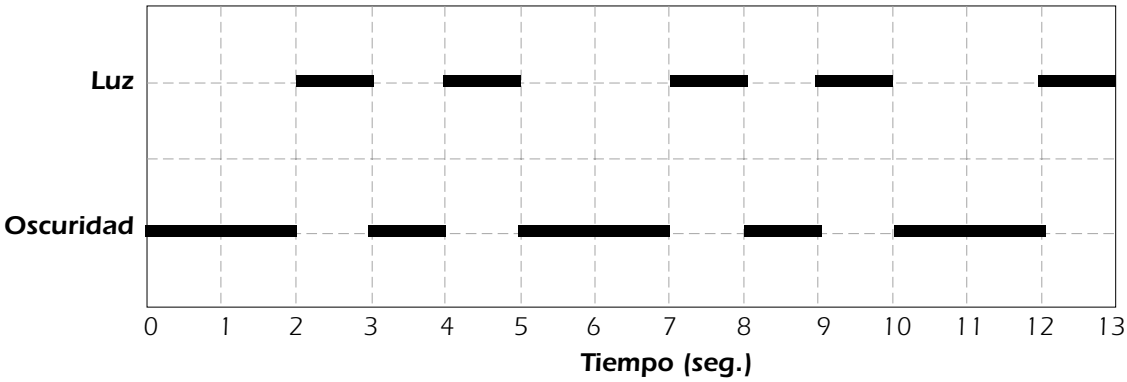
Esta descripción pone en evidencia que este ejercicio no solo supone un reto para los alumnos (como evidenciaron los resultados de la evaluación PISA), sino que pertenece sin ningún género de dudas al grupo de *reflexión*.

Ejemplo 22 de Matemáticas: EL FARO

Los faros son torres que disponen de un foco luminoso en su parte superior. Los faros ayudan a los barcos a seguir su rumbo de noche cuando navegan cerca de la costa.

Un faro emite destellos luminosos según una secuencia regular fija. Cada faro tiene su propia secuencia.

En el diagrama que figura a continuación puede verse la secuencia de un determinado faro. Los destellos de luz alternan con períodos de oscuridad.

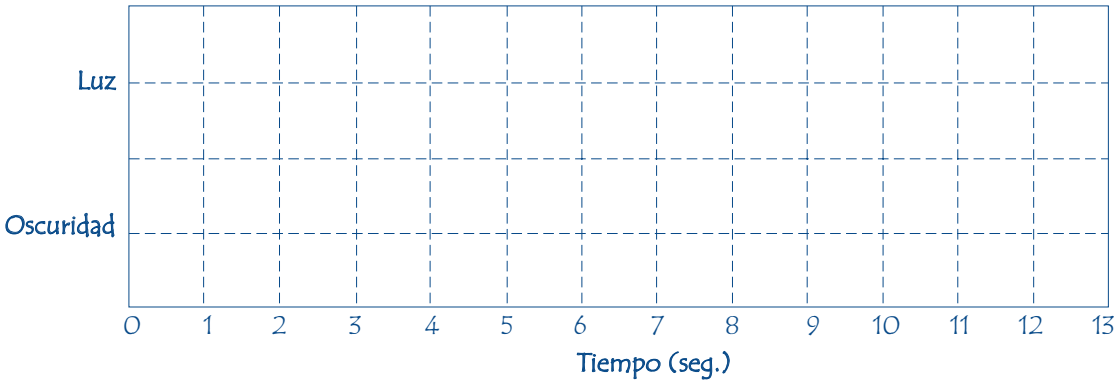


© OCDE 2006

Se trata de una secuencia regular. Al cabo de un tiempo, la secuencia se vuelve a repetir. El tiempo que tarda en completarse un ciclo completo, antes de volver a iniciarse la secuencia, recibe el nombre de **período**. Una vez que se ha hallado el período de la secuencia es fácil ampliar el diagrama para los siguientes segundos, minutos e incluso horas.

Pregunta 1: EL FARO

Realiza un gráfico en el diagrama de abajo, indicando una secuencia posible de destellos de un faro que emita destellos durante 30 segundos por minuto. El período de esta secuencia debe ser igual a 6 segundos.



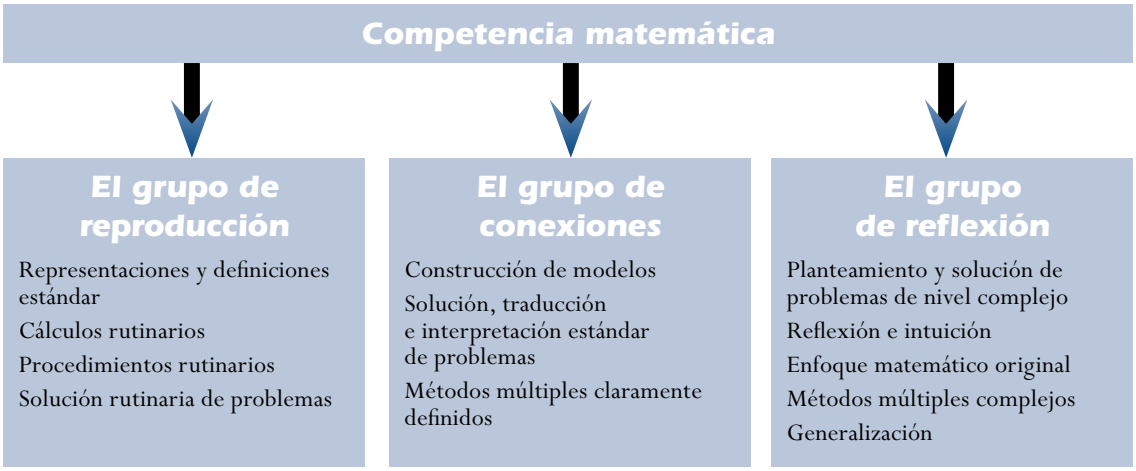
En primer lugar, los alumnos deben comprender la introducción, pues es probable que no estén familiarizados con el tipo de gráfico del problema, como no lo estarán tampoco con la idea de periodicidad. Por otra parte, la pregunta planteada tiene un carácter muy abierto: se pide a los alumnos que elaboren una secuencia posible de destellos de luz. Muchos alumnos nunca se habrán encontrado en el colegio con una pregunta de tipo constructivo como esta. Sin embargo, este aspecto constructivo es esencial para poder decir que alguien es competente en matemáticas: las capacidades matemáticas específicas no solo han de poderse emplear de una manera pasiva o derivativa, sino demostrando asimismo la capacidad de construir respuestas. La solución de este problema requiere que se satisfagan dos requisitos: las mismas cantidades de tiempo de luz y oscuridad («30 segundos por minuto») y un período de 6 segundos. Debido a esa combinación, es esencial que los alumnos sean capaces de acceder plenamente al nivel conceptual de la comprensión de la periodicidad, lo cual, por sí mismo, indica que nos hallamos dentro del grupo de capacidades de la *reflexión*.

Habrá quien argumente que en este caso concreto el tipo de contexto puede favorecer a los alumnos que residan cerca del mar. A este respecto, no debe olvidarse que la competencia matemática conlleva la capacidad de utilizar las matemáticas en unos contextos distintos de los del ámbito local propio. Esta capacidad de transferencia es un elemento esencial de la *competencia matemática*. Con ello no se quiere negar la posibilidad de que algunos alumnos tengan ventaja en determinados contextos, igual que otros la tendrán en otros. Con todo, el análisis del rendimiento de este ejercicio en los distintos países no ofrece ninguna indicación de que ese haya sido el caso: los países sin litoral no tuvieron un rendimiento distinto del de los países costeros.

Clasificación de los ejercicios según su grupo de capacidades

La Figura 3.9 resume las diferencias que existen entre los grupos de capacidades.

Figura 3.9 Representación gráfica de los grupos de capacidades



Las descripciones de las capacidades de las páginas precedentes podrían utilizarse para clasificar los ejercicios de matemáticas y asignarles uno de los grupos de capacidades. Una forma de hacerlo consistiría en analizar primero las exigencias que plantea el ejercicio, tomar en consideración luego cada una de las ocho capacidades en relación con dicho ejercicio y, finalmente, determinar cuál de los tres grupos ofrece una descripción más ajustada de las capacidades que requiere el ejercicio. Bastaría con que una de las capacidades se ajustara a la descripción del grupo de *reflexión* para asignar el ejercicio a dicho grupo. Si no fuera ese el caso, pero hubiera una o más capacidades que se ajustaran a la descripción del grupo de *conexiones*, el ejercicio se asignaría a ese grupo. Si no se diera ninguno de los dos casos anteriores, el ejercicio quedaría asignado al grupo de *reproducción,* puesto que se habría estimado que todas las capacidades se ajustaban a la descripción de las capacidades de dicho grupo.

EVALUACIÓN DE LA COMPETENCIA MATEMÁTICA

Características de los ejercicios

Este apartado se ocupa de forma más detallada de las características de los ejercicios que se utilizarán para evaluar a los alumnos. En él se describe tanto la naturaleza de los ejercicios como sus distintos tipos de formato.

La naturaleza de los ejercicios de matemáticas en PISA

PISA es una evaluación internacional de los niveles de competencia de los alumnos de 15 años. Así pues, todos los ejercicios de la prueba deberán ser adecuados para la población que componen los alumnos de 15 años de los países de la OCDE.

Los correctores reciben unos ejercicios compuestos por un material de estímulo o información, una introducción, la pregunta propiamente dicha y la solución que se precisa. Para aquellos casos que contengan respuestas que no puedan ser corregidas de forma automática, se elaborarán unas instrucciones de corrección detalladas con objeto de que los correctores de los distintos países puedan puntuar las respuestas de los alumnos de un modo consistente y fiable.

© OCDE 2006

En un apartado anterior de este marco de la evaluación se trataron de forma detallada las situaciones que se emplearían en los ejercicios de matemáticas de PISA. En la evaluación PISA 2006, cada uno de los ejercicios se encuadra en uno de estos cuatro tipos de situaciones: personal, educativa/profesional, pública y científica. Los ejercicios seleccionados como herramientas de la evaluación de matemáticas PISA 2006 recogen un amplio abanico de estos cuatro tipos de situaciones.

Asimismo, se da preferencia a aquellos ejercicios que tengan un contexto que pueda considerarse auténtico. Es decir, PISA concede mayor valor a aquellas tareas que puedan darse en situaciones de la vida real y que tengan un contexto en el que el uso de las matemáticas para resolver el problema planteado pueda considerarse auténtico. Como vehículo para evaluar la *competencia matemática* se dará prioridad a los problemas con contextos extramatemáticos que influyan en la solución e interpretación de los mismos.

La mayor parte de los ejercicios deben guardar una estrecha relación con las ideas clave (las categorías fenomenológicas de los problemas) que se describen en el marco de la evaluación. La selección de ejercicios de matemáticas para la evaluación PISA 2006 garantiza que las cuatro ideas clave se encuentran bien representadas. Los ejercicios deben incorporar uno o varios procesos matemáticos y deben identificarse predominantemente con uno de los grupos de capacidades.

A la hora de elaborar y seleccionar los ejercicios para su inclusión en la evaluación PISA, se considera detenidamente el nivel de lectura necesario para abordarlo de manera satisfactoria. La formulación lingüística de los ejercicios es lo más directa y sencilla posible. Asimismo, se procura evitar cualquier contexto que pudiera comportar un sesgo cultural.

Los ejercicios seleccionados como instrumentos de evaluación por PISA comprenden una amplia gama de dificultades, en consonancia con la amplia gama de capacidades de la que deben dar muestra los alumnos que toman parte en la evaluación. Las categorías principales del marco de la evaluación (en concreto, los grupos de capacidades y las ideas clave) también deben estar representadas, en la medida de lo posible, por unos ejercicios que presenten una amplia gama de dificultades. El grado de dificultad se establece a través de una extensa prueba de campo de los ejercicios, que precede a la selección de ejercicios para el estudio principal de PISA.

Tipos de ejercicios

A la hora de elaborar los instrumentos de evaluación, se ha de considerar detenidamente el impacto que tendrá cada tipo de ejercicio en el rendimiento del alumno y, por lo tanto, en la propia definición del constructo que se pretende evaluar. Este punto tiene especial relevancia para un proyecto como PISA, en el que el amplio contexto internacional de la evaluación impone severas restricciones a los formatos de ejercicio factibles.

PISA evalúa la *competencia matemática* mediante una combinación de ejercicios de respuesta construida-abierta, ejercicios de respuesta construida-cerrada y ejercicios de elección múltiple. A la hora de elaborar los instrumentos para la evaluación, se emplea aproximadamente el mismo número de ejercicios de cada uno de estos tipos.

La experiencia obtenida durante la elaboración y puesta en práctica de los ejercicios de la evaluación PISA 2000 indica que, en términos generales, los ejercicios de elección múltiple son los más adecuados para evaluar los contenidos que se asocian con los grupos de capacidades de *reproducción* y *conexiones*. Una muestra de este tipo de ejercicio la tenemos en el Ejemplo 23, que plantea una pregunta relacionada con el grupo de capacidades de *conexiones* y ofrece un número limitado de op-

ciones de respuesta predefinidas. Para resolver este problema, los alumnos deben traducirlo a términos matemáticos, elaborar un modelo que represente la naturaleza periódica del contexto descrito y ampliar la secuencia para que su resultado se corresponda con una de las opciones planteadas.

Ejemplo 23 de Matemáticas: LA FOCA

Las focas tienen que subir a la superficie para respirar, incluso cuando están dormidas. Martín ha estado observando a una foca durante una hora. Al empezar la observación, la foca se sumergió hasta el fondo del mar y se puso a dormir. A los 8 minutos, ascendió flotando lentamente hasta la superficie y tomó aire.

3 minutos después se encontraba de nuevo en el fondo y todo el proceso volvió a iniciarse de un modo sumamente regular.

Pregunta 1: LA FOCA

Transcurrida una hora, la foca estaba:

A. En el fondo

B. De camino hacia la superficie

C. Respirando

D. De camino hacia el fondo

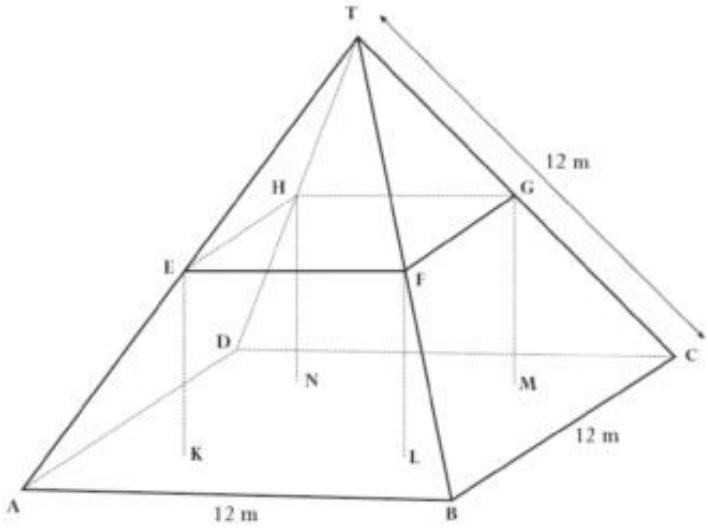
Para algunos de los objetivos de orden superior, así como para los procesos más complejos, se optará generalmente por otro tipo de ejercicios. Las preguntas que se plantean en los ejercicios de respuesta construida-cerrada son similares a las de los ejercicios de elección múltiple, pero en ellos se pide a los estudiantes que den una respuesta que pueda calificarse claramente de correcta o incorrecta. Para los ejercicios de este tipo, la posibilidad de que se acierte por azar no es motivo de especial preocupación y la inclusión de distractores (que podrían influir en el constructo objeto de evaluación) no es necesaria. Así, por ejemplo, un problema como el que se plantea en el Ejemplo 24 tiene una sola respuesta correcta, pero varias respuestas incorrectas posibles.

Ejemplo 24 de Matemáticas: GRANJAS

Esta es una fotografía de una granja con un tejado de forma piramidal.

 © OCDE 2006

Abajo figura el modelo matemático que un estudiante ha realizado del tejado de la granja con sus medidas incluidas.



La planta del ático, ABCD en el modelo, es un cuadrado. Las vigas que sostienen el tejado son las aristas del bloque (un prisma rectangular) EFGHKLMN. E es el punto medio de AT, F es el punto medio de BT, G es el punto medio de CT y H es el punto medio de DT. Todas las aristas de la pirámide del modelo miden 12 m de longitud.

Pregunta 1: GRANJAS

Calcula el área de la planta del ático ABCD.

El área de la planta del ático ABCD = ... m^2.

Los ejercicios de respuesta construida-abierta requieren una contestación más extensa por parte del alumno y el proceso de elaboración de la respuesta suele implicar actividades cognitivas de un alto nivel. A menudo tales ejercicios no solo piden a los alumnos que elaboren una respuesta, sino que además requieren que se muestren los pasos que se han dado o se explique cómo se ha obtenido dicha respuesta. El rasgo clave de los ejercicios de respuesta construida-abierta es que permiten que los alumnos demuestren sus capacidades dando soluciones que abarcan una variada gama de niveles de complejidad, algo que queda ejemplificado en el Ejemplo 25.

Ejemplo 25 de Matemáticas: INDONESIA

Indonesia se encuentra entre Malasia y Australia. La tabla que viene a continuación contiene algunos datos sobre la población de Indonesia y sobre su distribución en las distintas islas que la componen.

Región	Superficie (km²)	Porcentaje de la superficie total	Población en 1980 (millones)	Porcentaje de la población total
Java/Madura	132.187	6,95	91.281	61,87
Sumatra	473.606	24,86	27.981	18,99
Kalimantan (Borneo)	539.460	28,32	6.721	4,56
Sulawesi (Célebes)	189.216	9,93	10.377	7,04
Bali	5.561	0,30	2.470	1,68
Irian Jaya	421.981	22,16	1.145	5,02
TOTAL	**1.905.569**	**100,00**	**147.384**	**100,00**

Uno de los principales retos que tiene planteados Indonesia es la distribución desigual de su población en sus distintas islas. Como puede verse en la tabla, Java, que ocupa menos del 7 % de la superficie total, tiene casi el 62 % de la población.

Fuente: De Lange y Verhage (1992). Con autorización.

Pregunta 1: INDONESIA

Diseña un gráfico (o gráficos) en que se muestre la distribución desigual de la población indonesia.

En torno a un tercio de los ejercicios de la evaluación PISA está formado por ejercicios de respuesta construida-abierta. Las respuestas a estos ejercicios tienen que ser calificadas por personas formadas que apliquen unos criterios de puntuación que pueden requerir un cierto grado de valoración profesional. En previsión de la posibilidad de que surjan desacuerdos entre los correctores de estas preguntas, PISA lleva a cabo estudios destinados a evaluar la fiabilidad de los correctores y a controlar el grado de desacuerdo. En cualquier caso, la experiencia en este tipo de estudios indica que es posible elaborar unos criterios de puntuación claros que permitan obtener unas puntuaciones fiables.

PISA recurre en ocasiones a un formato de unidad que contiene varios ejercicios vinculados por un material de estímulo común. Las tareas que se presentan en este formato proporcionan a los alumnos la oportunidad de involucrarse en un contexto o problema mediante una serie de preguntas que van creciendo en complejidad. Por regla general, las primeras son de elección múltiple o de respuesta construida-cerrada, mientras que los ejercicios subsiguientes suelen ser preguntas de respuesta construida-abierta. Este formato puede emplearse para evaluar cualquiera de los grupos de capacidades.

Una de las razones por las que se recurre al formato de ejercicios con un estímulo común es que de esa forma se pueden elaborar tareas realistas que reflejen toda la complejidad de las situaciones de la vida real. Otra razón se relaciona con la necesidad de hacer el mejor uso posible del tiempo de evaluación, pues de esta manera se reduce el tiempo que el estudiante necesita para introducirse en el tema de la situación. La necesidad de que cada elemento puntuable de un ejercicio sea calificado con independencia de los demás será tomada en consideración tanto a la hora de elaborar los ejercicios como a la hora de elaborar los códigos de las respuestas y las instrucciones de puntuación. Se reconoce asimismo la importancia que tiene minimizar el sesgo que pueda derivarse del empleo de un número reducido de situaciones.

© OCDE 2006

Estructura de la evaluación

Los instrumentos de la evaluación PISA 2003, en que las matemáticas fueron el área principal, ocuparon un tiempo total de 210 minutos. Los ejercicios seleccionados se estructuraron en siete grupos, cada uno de los cuales suponía un tiempo de evaluación de 30 minutos. En consonancia con el carácter rotatorio de la prueba, los grupos de ejercicios se integraban en unos cuadernillos de evaluación. Aunque en el ciclo de evaluación de 2006 se concederá menos tiempo a la evaluación de matemáticas, los grupos de ejercicios dedicados a las matemáticas se estructurarán y rotarán de una forma similar.

El tiempo total de la prueba de matemáticas se distribuye de la manera más uniforme posible entre las cuatro ideas clave (*espacio y forma, cambio y relaciones, cantidad* e *incertidumbre*), y las cuatro situaciones descritas en el marco de la evaluación (*personal, educativa/profesional, pública* y *científica*). La proporción de los tres grupos de capacidades (*reproducción, conexiones* y *reflexión*) en los ejercicios es aproximadamente de 1:2:1. Hay alrededor de un tercio de ejercicios de elección múltiple, cerca de otro tercio de respuesta construida-cerrada, correspondiendo el tercio restante a los ejercicios de respuesta construida-abierta.

Presentación del rendimiento en matemáticas

Con objeto de sintetizar los datos obtenidos a partir de las respuestas dadas a los instrumentos de evaluación de PISA, se diseñará una escala de rendimiento estructurada en cinco niveles (Masters y Forster, 1996; Masters, Adams y Wilson, 1999). La escala se elaborará estadísticamente, empleando un modelo de respuesta al ítem para la confección de escalas ordenadas de datos de rendimiento. La escala general describirá el carácter de los resultados, clasificando el rendimiento de los alumnos de los distintos países en función de los cinco niveles antes mencionados, con el fin de obtener un marco de referencia que facilite las comparaciones internacionales.

Se ha considerado asimismo la posibilidad de elaborar una serie de escalas independientes de presentación de datos. Estas subescalas probablemente se basarán en los tres grupos de capacidades o en las cuatro ideas clave. Las decisiones concernientes a la elaboración de estas subescalas se tomarán atendiendo a diversos criterios, incluidos los de tipo psicométrico, tras haber analizado los datos obtenidos en la evaluación PISA. Para facilitar esta posibilidad, ha sido necesario garantizar que la prueba incluyera un número suficiente de ejercicios pertenecientes a cada una de las categorías de presentación posibles. Los ejercicios de cada una de dichas categorías debían cubrir además una amplia gama de grados de dificultad.

Aunque los grupos de capacidades descritos anteriormente en este marco reflejan categorías conceptuales de una exigencia y complejidad cognitiva creciente, no constituyen en sentido estricto un reflejo de la jerarquía de los rendimientos de los alumnos medida en función de la dificultad de los ejercicios. La complejidad conceptual es solo uno de los elementos de la dificultad de los ejercicios que influye en los niveles de rendimiento. Así, un ejercicio de elección múltiple que contenga capacidades del grupo de *reproducción* (por ejemplo, «¿cuál de los siguientes objetos es un rectángulo paralelepípedo?», acompañado de las imágenes de una pelota, una lata, una caja y un cuadrado) puede resultar muy sencillo para los alumnos a los que se ha enseñado el significado de estos términos, pero muy difícil para otros que no estén familiarizados con la terminología empleada. Aunque resulta posible imaginar ejercicios relativamente difíciles del grupo de *reproducción*, así como ejercicios relativamente fáciles del grupo de *reflexión*, y pese a la conveniencia de incluir ejercicios con distintos grados de dificultad para cada grupo de capacidades, es de esperar que, en

términos generales, exista una relación clara entre los grupos de capacidades y el grado de dificultad de los ejercicios.

Los factores en que se sustentan el grado de dificultad creciente de los ejercicios y el nivel de competencia matemática incluyen:

- *El tipo y el grado de interpretación y reflexión necesarios*: Este factor incluye la naturaleza de las exigencias que se derivan del contexto del problema, en qué medida son patentes las exigencias matemáticas del problema o es necesario que el alumno imponga al problema su propia construcción matemática y la medida en que intervienen en su solución la perspicacia, el razonamiento complejo y la generalización.
- *El tipo de habilidades de representación necesarias*: Abarca desde los problemas en los que solo se emplea una clase de representación hasta aquellos otros en los que los alumnos deben alternar entre distintos modos de representación o hallar por sí mismos el modo de representación más adecuado.
- *El tipo y el nivel de habilidades matemáticas requeridos*: Comprende desde los problemas de un solo paso, en los que los alumnos se limitan a reproducir hechos matemáticos básicos y a realizar cálculos sencillos, a los problemas de varios pasos, que entrañan unos conocimientos matemáticos más avanzados, la toma de decisiones complejas, el procesamiento de la información y la posesión de habilidades para la solución de problemas y construcción de modelos.
- *El tipo y el grado de argumentación matemática requeridos*: Incluye los problemas que no precisan de argumentación alguna, los problemas que pueden solucionarse mediante argumentaciones bien conocidas y, finalmente, el tipo de problemas en los que los alumnos deben elaborar argumentaciones matemáticas o comprender las argumentaciones de terceros o emitir juicios sobre la corrección de determinadas argumentaciones o pruebas.

En el nivel de competencia más bajo, los alumnos, por regla general, saben llevar a cabo procesos de un solo paso que implican el reconocimiento de unos contextos que les son familiares y unos problemas matemáticos claramente formulados, reproduciendo hechos o procesos matemáticos bien conocidos y empleando habilidades de cálculo sencillas.

En un nivel de competencia superior, los alumnos pueden llevar a cabo tareas de mayor complejidad, cuyos procesos comportan más de un paso. Combinan distintos tipos de información o interpretan distintos modelos de representación de conceptos o informaciones matemáticas, identificando los elementos más relevantes e importantes y las relaciones que se dan entre ellos. Para identificar las soluciones, recurren por lo general a formulaciones o modelos matemáticos conocidos, expresados normalmente en términos algebraicos, o realizan una breve secuencia de procesamiento o de cálculo con objeto de obtener una solución.

En el nivel de competencia más alto, los alumnos abordan las matemáticas con un enfoque más activo y creativo. Normalmente interpretan información más compleja, a la vez que gestionan una secuencia de procesamiento de varios pasos. Pueden elaborar la formulación de un problema y, en muchos casos, construir modelos apropiados que faciliten su solución. Los estudiantes de este nivel se caracterizan asimismo por su capacidad de identificar y aplicar herramientas y conocimientos apropiados a unos contextos con los que no están familiarizados. Finalmente, demuestran su perspicacia a la hora de identificar la estrategia de solución más adecuada y hacen uso de otros procesos cognitivos de orden superior, como son la capacidad de generalizar, razonar y argumentar con el fin de explicar y comunicar los resultados.

 © OCDE 2006

Material y herramientas de apoyo

En lo que respecta al uso de calculadoras y otras herramientas de apoyo, la norma de PISA es que los alumnos deben tener libertad de recurrir a ellas, como suele ser la norma en los centros de enseñanza.

De esa forma se consigue una evaluación auténtica de lo que son capaces de conseguir los alumnos, a la vez que se obtiene una comparación muy instructiva del rendimiento de los distintos sistemas educativos. El hecho de que un sistema educativo opte por permitir que los alumnos hagan uso de calculadoras no se diferencia, en principio, de otras disposiciones normativas adoptadas por los sistemas educativos que quedan fuera del control de PISA.

Los alumnos que están acostumbrados a recurrir a las calculadoras para que les ayuden a resolver un problema estarían en desventaja si se les privara de este recurso.

SUMARIO

El estudio PISA se plantea como objetivo desarrollar unos indicadores que muestren el grado de eficacia con que los distintos países han preparado a sus alumnos de 15 años para hacer de ellos unos ciudadanos activos, reflexivos e inteligentes desde un punto de vista matemático. Para lograrlo, PISA ha elaborado unas pruebas de evaluación cuyo objetivo es determinar en qué medida los alumnos son capaces de utilizar los conocimientos adquiridos. Estas pruebas hacen hincapié en el uso de la comprensión y el conocimiento de las matemáticas para resolver problemas surgidos de la experiencia cotidiana y están compuestas por una gran variedad de problemas matemáticos que incorporan diversos grados de estructuración y orientación, pero que apuntan hacia unos problemas auténticos en los que los alumnos deberán pensar por sí mismos.

Este marco de evaluación describe e ilustra la definición del concepto de *competencia matemática* y establece el contexto de los ejercicios de evaluación. En consonancia con los otros marcos de la evaluación de PISA, los principales componentes del marco de evaluación de las matemáticas son los contextos para el empleo de las matemáticas, el contenido matemático y los procesos matemáticos, cada uno de los cuales deriva directamente de la definición de competencia. Los análisis referidos al contexto y al contenido hacen hincapié en aquellos rasgos de los problemas que emplazan a los alumnos en su condición de ciudadanos, mientras que el tratamiento de los procesos recalca las capacidades a las que han de recurrir los alumnos para resolver esos mismos problemas. Las distintas capacidades se han reunido en tres grupos con objeto de racionalizar la forma de abordar unos procesos cognitivos complejos dentro de un programa de evaluación adecuadamente estructurado.

Referencias

Baumert, J. y **O. Soller** (1998), «Interest Research in Secondary Level I: An Overview», en L. Hoffmann, A. Krapp, K. A. Renniger y J. Baumert (Eds.), *Interest and Learning*, Instituto para la Educación Científica de la Universidad de Kiel, Kiel.

Blosser, P. (1984), «Attitude Research in Science Education», ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics and Environmental Education, Columbus.

Blum, W. (1996), «Anwendungsorientierter Matematikunterricht - Trends und Perspektiven» , en G. Kadunz *et al* (eds.), *Trends und Perspektiven: Schriftenreihe Didaktik der Mathematik*, Vol. 23, Hoelder-Pichler-Tempsky, Viena.

Bogner, F. y **M. Wiseman** (1999), «Toward Measuring Adolescent Environmental Perception», European Psychologist, 4 (3).

Bybee, R. (1997a), *Achieving Scientific Literacy: From Purposes to Practices*, Heinemann, Portsmouth.

Bybee, R. (1997b), «Toward an Understanding of Scientific Literacy», en W. Gräber y C. Bolte (eds.), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Instituto para la Educación Científica de la Universidad de Kiel, Kiel.

Committee of Inquiry into the Teaching of Mathematics in Schools (1982), *Mathematics Counts* (The Cockcroft Report), Her Majesty´s Stationery Office, Londres.

de Corte, E., B. Greer y **L. Verschafeel** (1996), «Mathematics Teaching and Learning», en D. C. Berliner y R. C. Calfee (eds.) *Handbook of Educational Psychology*, Macmillan, Nueva York.

de Lanje, J. (1987), *Mathematics, Insight and Meaning*, CD-Press, Utrecht.

de Lanje, J. (1995), «Assessment: No change without Problems», en T. A. Romberg (ed.), *Reform in School Mathematics*, SUNY Press, Albany.

de Lanje. J. y **H. Verhage** (1992), *Data Visualization*, Sunburst, Pleasantville.

Dossey, J. A. (1997), «Defining and Measuring Quantitative Literacy», en L. A. Steen (ed.), *Why numbers count*, The College Board, Nueva York.

Eagles, P.F.J. y **R. Demare** (1999), «Factors Influencing Children's Environmental Attitudes», *The Journal of Environmental Education*, 30 (4).

Fensham, P.J. (1985), «Science for All: A Reflective Essay», *Journal of Curriculum Studies,* 17 (4).

Fensham, P.J. (2000), «Time to Change Drivers for Scientific Literacy», *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2, 9-24.

Fey, J. (1990), «Quantity», en L. A. Steen, (ed.), *On the Shoulder of Giants: New Approaches to Numeracy,* National Academy Press, Washington, D.C.

Fleming, R. (1989), «Literacy for a Technological Age», *Science Education*, 73 (4).

Freudenthal, H. (1973), *Mathematics as an Educational Task*, D. Reidel, Dordrecht.

Freudenthal, H. (1983), *Didactical Phenomenology of Mathematical Structures*, D. Reidel, Dordrecht.

Gardner, P.L. (1975), «Attitudes to Science. A Review», *Studies in Science Education*, 2.

Gardner, P.L. (1984), «Students´ Interest in Science and Technology: An International Overview», en M. Lehrke, L. Hoffmann y P.L. Gardner (eds.), *Interests in Science and Technology Education,* Instituto para la Educación Científica de la Universidad de Kiel, Kiel.

Gauld, C. y **A.A. Hukins** (1980), «Scientific Attitudes: A Review», *Studies in Science Education,* 7.

Gee. J. (1998), *Preamble to a Literacy Programm*, Department of Currículum and Instruction, Madison.

Gräber, W. y **C. Bolte** (eds.), *Scientific Literacy: An International Symposium*, Instituto para la Educación Científica de la Universidad de Kiel, Kiel.

Grünbaum, B. (1985), «Geometry Strikes Again», *Mathematics Magazine*, 58 (1).

Hershkowitz, R., B. Parzysz y **J. Van Dormolen** (1996), «Space and Shape», en Bishop, A.J., K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick y C. Laborde (eds.), *International Handbook of Mathematics Education*, Part 1, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Kirsch, I.S. y **P.B. Mosenthal** (1989-1991), «Understanding Documents: A Monthly Column», *Journal of Reading*, International Reading Association, Newark.

Klopfer, L. (1971), «Evaluation of Learning in Science», en B. Bloom, J. Hastings y G. Manaus (eds.), *Handbook of Summative and Formative Evaluation of Student Learning,* McGraw-Hill, Nueva York.

Klopfer, L. E. (1976), «A Structure for the Affective Domain in Relation to Science Education», *Science Education*, 60.

Koballa, T., A. Kemp, y R. Evans (1997), «The Spectrum of Scientific Literacy», *The Science Teacher,* 64 (7).

Kuhn, D. (1992), «Thinking as Argument», *Harvard Educational Review*, 62 (2).

LaForgia, J. (1988), «The Affective Domain Related to Science Education and its Evaluation», *Science Education*, 72 (4).

Langer, J. (1995), *Envisioning Literature*, International Reading Association, Newark.

Law, N. (2002), «Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise», *Canadian Journal of Sciencie, Mathematics and Technology Education*, 2, 151-176.

LOGSE (1990), *Ley de Ordenación General del Sistema Educativo*, LOGSE, Madrid.

Masters, G., R. Adams y **M. Wilson** (1999), «Charting Student Progress», en G. Masters y J. Keeves (eds.), *Advances in Measurement in Educational Research and Assessment*, Amsterdam, Elsevier Science.

Masters, G. y **M. Forster** (1996), *Progress Maps*, Australian Council for Educational Research, Melbourne.

Mathematical Association of America - MAA (1923), *The Reorganization of Mathematics in Secondary Education: A Report of the National Committee on Mathematical Requirements,* MAA, Oberlin.

Mathematical Sciences Education Board – MSEB (1990), *Reshaping School Mathematics: A Philosophy and Framework of Curriculum,* National Academy Press, Washington, D.C.

Mayer, V.J. (ed.) (2002), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Mayer, V.J. y **Y. Kumano** (2002), «The Philosophy of Science and Global Science Literacy», en V.J. Mayer (ed.), *Global Science Literacy*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Millar, R. y **J. Osborne** (1998), *Beyond 2000: Science Education for the Future*, King's College London School of Education, Londres.

Mitchell, J. E. Hawkins, P. Jakwerth, F. Stancavage y **J. Dossey** (2000), *Student Work and Teacher Practice in Mathematics*, National Center for Education Statistics, Washington, D.C.

National Council of Teachers of Mathematics - NCTM (1989), *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*, NCTM, Reston.

NCTM (2000), *Principles and Standards for School Mathematics*, NCTM, Reston.

Neubrand, M., R. Biehler, W. Blum, E. Cohors-Fresenborg, L. Flade, N. Knoche, D. Lind, W. Löding, G. Möller y **A. Wynands** (Deutsche, OECD /PISA-Expertengruppe Mathematik) (2001), «Grundlagen der Ergänzung des Internationalen OECD/PISA-Mathematik-Tests in der deutschen Zusatzerhebung», *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 33(2).

Niss, M. (1999), «Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse», *Uddanneise*, 9.

Norris, S. y **L. Phillips** (2003), «How Literacy in Its Fundamental Sense is Central to Scientific Literacy», *Science Education*, 87 (2).

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (1999), *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assesssment*, OECD, París.

OECD (2000), *Measuring Student Knowledge and Skills: The PISA 2000 Assessment of Reading, Mathematical and Scientific Literacy,* OECD, París.

OECD (2001), *Knowledge and Skills for Life. First Results from PISA 2000*, OECD, París.

OECD (2002), *Reading for Change – Performance and Engagement across countries*, OECD, París.

OECD (2003 a), *The PISA 2003 Assessment Framework. Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*, OECD, París.

OECD (2003b), *Definition and Selection of Competencies: Theoretical and Conceptual Foundations (DeSeCo),* Summary of the final report «Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society», OECD, París.

OECD (2004), *Learning for Tomorrow's World. First Results from PISA 2003*, OECD, París.

OECD (2005), *Are Students Ready for a Technology-Rich World? What PISA Studies Tell Us*, OECD, París.

Osborne, J., S. Erduran, S. Simon y **M. Monk** (2001), «Enhancing the Quality of Argumentation in School Science», *School Science Review*, 82 (301).

Osborne, J., S. Simon y **S. Collins** (2003), «Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications», *International Journal of Science Education*, 25 (9).

Rickinson, M. (2001), «Learners and Learning in Environmental Education: A Critical Review of the Evidence», *Environmental Education Research*, 7(3).

Roberts, M. (2001), *Scientific Literacy: Towards Balance in Setting Goals for School Science Programs*, Science Council of Canada, Ottawa.

Schibeci, R.A. (1984) «Attitudes to Science: An Update», *Studies in Science Education*, 11.

Schupp, H (1988), «Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I zwischen Tradition und neuen Impulsen», *Der Mathematikunterricht*, 34 (6).

Steen, L.A. (1990), *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, D.C.

Steen, L.A. (ed.) (1997), *Why Numbers Count: Quantitative Literacy for Tomorrow's America*, The College Board, Nueva York.

Stewart, K. (1990), «Change», en L.A. Steen (ed.), *On the Shoulders of Giants: New Approaches to Numeracy*, National Academy Press, Washington, D.C.

Sticht, T.G. (ed.) (1975), *Reading for Working: A Functional Literacy Anthology*, Human Resources Research Organization, Alexandria.

Stiggins, R.J. (1982), «An Analysis of the Dimensions of Job-Related Reading», *Reading World*, 82.

Unesco (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) (1993), *International Forum on Scientific and Technological Literacy for All: Final Report*, Unesco, París.

Unesco (2003), «Unesco and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005-2015)», *Unesco International Science, Technology and Environmental Education Newsletter,* Vol. XXVIII, no 1-2, Unesco, París.

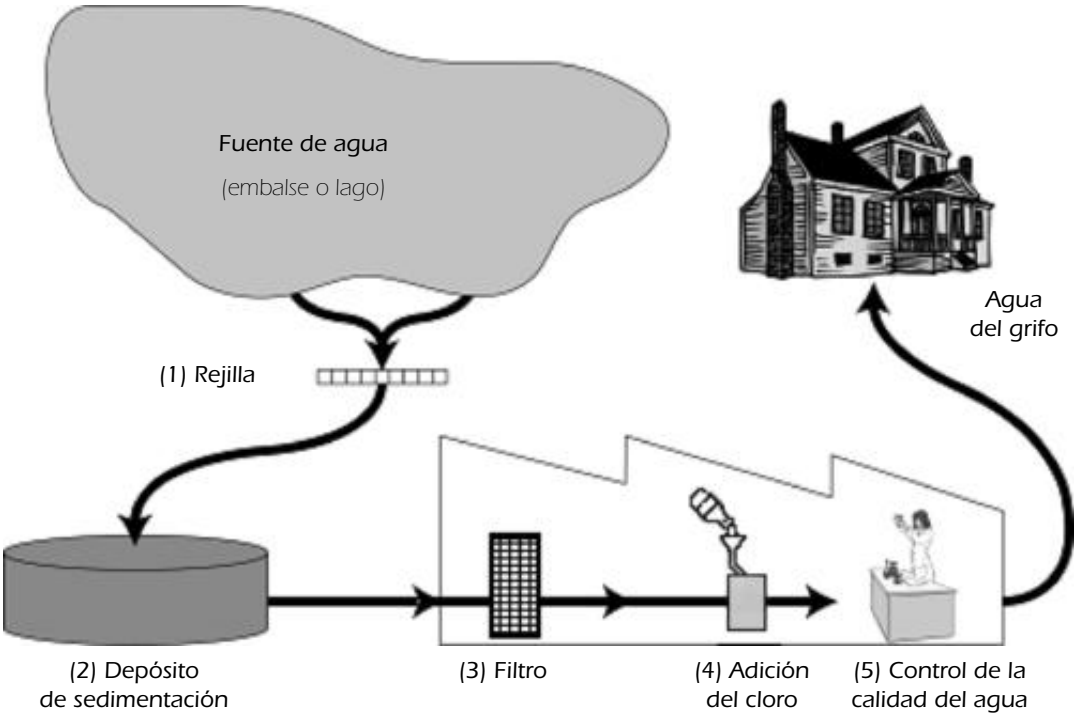
Unesco (2005), *International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development*, Unesco, París.

Weaver, A. (2002), «Determinants of Environmental Attitudes: A Five-Country Comparison», *International Journal of Sociology*, 32 (1).

Anexo A

EJEMPLOS ADICIONALES DE UNIDADES DE CIENCIAS

Apta para beber



La figura de arriba muestra el proceso mediante el cual se consigue que el agua que se suministra a las viviendas de las ciudades sea apta para el consumo.

Pregunta 1.1

Disponer de una fuente de agua potable de calidad tiene gran importancia. Para denominar las aguas que se encuentran bajo tierra se emplea el término *aguas subterráneas*.

Da una razón que explique por qué la contaminación de bacterias y partículas es menor en las aguas subterráneas que en las provenientes de fuentes superficiales, como son los lagos y los ríos.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 1.1

Puntuación máxima

Código 11: Respuestas que mencionen el proceso de filtrado de las aguas subterráneas a través del terreno.

- Al atravesar las capas de arena y polvo, el agua se limpia.
- Se ha filtrado de forma natural.
- Porque el agua que se introduce en la tierra es tamizada por las rocas y la arena.

Código 12: Respuestas relativas al hecho de que las aguas subterráneas se encuentran encapsuladas y, por tanto, protegidas de una potencial contaminación; o bien, que las aguas superficiales se contaminan con más facilidad.

- Las aguas subterráneas se encuentran bajo tierra y, por tanto, la contaminación del aire no puede ensuciarlas.
- Porque las aguas subterráneas no están al descubierto, sino situadas debajo de algo.
- Los lagos y los ríos pueden estar contaminados por el aire y porque la gente se baña en ellos, y por eso no están limpios.
- Porque los lagos y los ríos están contaminados por las personas y los animales.

Código 13: Otras respuestas correctas.

- Las aguas subterráneas son aguas que contienen pocos nutrientes para las bacterias y por eso estas no pueden sobrevivir en ellas.
- Las aguas subterráneas no reciben la luz del sol. Contienen algas verde-azuladas.

Sin puntuación

Código 01: Respuestas relativas al hecho de que las aguas subterráneas están muy limpias (una información que ya se ha suministrado).

- Porque se han limpiado.
- Porque hay desperdicios en los lagos y los ríos. (No explica por qué.)
- Porque contienen menos bacterias.

Código 02: Respuestas que se refieren de manera obvia al proceso de limpiado que aparece en la figura del estímulo.

- Porque las aguas subterráneas pasan a través de un filtro y se les añade cloro.
- Porque las aguas subterráneas pasan a través de un filtro que las limpia completamente.

Código 03: Otras respuestas.

- Porque siempre están en movimiento.
- Porque no se remueven y, por tanto, no se ensucian con el barro de los fondos.

Código 99: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas de la Tierra y el espacio (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Recursos naturales.

Marco: Global.

Este ejercicio hace hincapié en dos aspectos de la calidad del agua: la contaminación causada por las partículas y las bacterias. Para responder a la pregunta hay que aplicar los conocimientos científicos que explican por qué las aguas subterráneas no tratadas están menos contaminadas que las aguas superficiales no tratadas.

La disponibilidad de agua limpia apta para ser bebida es un problema que repercute de manera significativa en la vida cotidiana de la población en todas las partes del mundo, si bien su importancia relativa varía según las circunstancias. La clasificación del ejercicio concuerda con la necesidad de recurrir al conocimiento de la ciencia para explicar el fenómeno.

El ejercicio funcionó bien en las pruebas de campo, proporcionó unos niveles de discriminación satisfactorios y presentó una dificultad media. Cerca de dos tercios de los alumnos respondieron correctamente.

Pregunta 1.2

La depuración del agua suele comprender varias fases en las que se emplean diversas técnicas.
El proceso de depuración que se muestra en la figura comprende cuatro fases (numeradas del 1 al 4).
En la segunda fase, el agua es recogida en un depósito de sedimentación.

¿De qué manera contribuye esta fase a hacer que el agua esté más limpia?

A. Las bacterias del agua mueren.

B. Se añade oxígeno al agua.

C. La gravilla y la arena se van al fondo.

D. Las sustancias tóxicas se descomponen.

 © OCDE 2006

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 1.2

Puntuación máxima

Código 1: C. La gravilla y la arena se van al fondo.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

El contexto de la unidad identifica las formas en que se depura el agua acumulada en embalses y lagos antes de distribuirla a las viviendas. Este ejercicio implica reconocer o deducir la finalidad del depósito de sedimentación. Evalúa, por tanto, el conocimiento que tienen los alumnos sobre los procesos de sedimentación, entendidos como un efecto gravitacional que afecta a las partículas presentes en el agua.

Según los resultados de la prueba de campo, se trata de un ejercicio de dificultad media. Ofreció unos niveles de discriminación elevados, si bien la segunda opción (B) resultó bastante insatisfactoria como distractor.

Pregunta 1.3

En la cuarta fase del proceso de depuración se añade cloro al agua.

¿Para qué se añade cloro al agua?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 1.3

Puntuación máxima

Código 1: Respuestas que hacen referencia a la retirada, eliminación o descomposición de las bacterias (o microbios o virus o gérmenes).

- Para dejarla libre de bacterias.
- El cloro mata las bacterias
- Para matar todas las algas.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- El agua se vuelve menos ácida y se eliminan las algas.
- Es como el flúor.
- Para limpiar un poco más el agua y matar las cosas que quedan en ella («cosas» no es lo bastante preciso).
- Para que se mantenga limpia y se pueda beber.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

Al igual que sucedía en el ejercicio anterior, se trata de un contexto relevante para la vida cotidiana, pues es importante que los ciudadanos tengan ciertas nociones sobre los tratamientos que se aplican al agua que beben.

El conocimiento de los efectos del cloro en los organismos vivos se aplica a la hora de explicar por qué se añade cloro al agua. La categoría de conocimiento es, por tanto, «Sistemas vivos».

El ejercicio funcionó razonablemente bien en la prueba de campo, proporcionando unos niveles de discriminación adecuados. En términos generales, se trata de un ejercicio de dificultad media-baja, si bien su nivel de dificultad resultó considerablemente superior en un pequeño número de países.

Pregunta 1.4

Imagina que, una vez completado el proceso de depuración, los científicos encargados de analizar el agua en la planta potabilizadora descubren que esta sigue conteniendo algunas bacterias peligrosas.

¿Qué debería hacer la gente en sus casas con ese agua antes de beberla?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 1.4

Puntuación máxima

Código 11: Respuestas referidas al hervido del agua.

- Hervirla.

Código 12: Respuestas relativas a otros métodos de depuración que pueden realizarse de manera segura en los hogares.

- Tratar el agua con pastillas de cloro (por ejemplo, Puratabs).
- Utilizar un filtro microporoso.

Sin puntuación

Código 01: Respuestas que hagan referencia a métodos «profesionales» de depuración que no pueden realizarse de manera segura en el hogar o cuya realización en el hogar no resulta práctica.

- Mezclarla con cloro en un cubo antes de beberla.
- Añadir más cloro, u otros productos químicos o agentes biológicos.
- Destilar el agua.

Código 02: Otras respuestas.

- Volver a depurarla.
- Utilizar un filtro de café.
- Comprar agua embotellada hasta que el proceso de depuración se haya arreglado. [Elude la pregunta que se plantea.]

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

 © OCDE 2006

Para realizar este ejercicio, los alumnos deben saber cómo se pueden matar o eliminar las bacterias presentes en el agua recurriendo a métodos que puedan aplicarse en el hogar. La categoría de conocimiento es, por tanto, «Sistemas vivos».

El ejercicio suministró un nivel de discriminación adecuado en la prueba de campo, y en el conjunto de los países dio un promedio de dificultad medio-bajo. No obstante, la amplia variación del grado de dificultad entre distintos grupos de países aconsejó su exclusión del estudio principal.

Pregunta 1.5

¿Beber agua contaminada puede ser la causa de alguno de los siguientes problemas de salud?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada uno de los casos.

¿Beber agua contaminada puede ser la causa de alguno de los siguientes problemas de salud?	¿Sí o No?
Diabetes	Sí / No
Diarrea	Sí / No
VIH/SIDA	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 1.5

Puntuación máxima

Código 1: Las tres respuestas correctas: No, Sí, No, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

En este ejercicio se trata de evaluar los conocimientos en relación con la posibilidad de que algunas enfermedades comunes (genéticas, bacterianas, virales) puedan ser transmitidas a través del agua.

Aunque se encuadre dentro de «Explicar fenómenos científicamente», se trata de una variante de bajo nivel de dicha capacidad, pues basta con recordar algunos conocimientos para dar una respuesta correcta. El ejercicio pertenece indudablemente a la categoría «Sistemas vivos».

El ejercicio tuvo una dificultad baja y su nivel de discriminación fue adecuado. En términos generales, hubo más respuestas correctas entre las mujeres que entre los varones.

Pregunta 1.6

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila.

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Saber cómo se analiza el agua para determinar su contaminación bacterial	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Aprender más sobre el tratamiento químico de los suministros de agua	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Saber qué enfermedades se pueden transmitir a través del consumo de agua	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Tipo de actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

El ejercicio se diseñó para evaluar el interés de los alumnos por aprender más sobre cuestiones científicas relacionadas con el consumo de agua. Figura al final de la unidad para que los alumnos hayan tenido ocasión de familiarizarse con el contexto antes de responder a una pregunta sobre sus opiniones.

Los alumnos demuestran su interés indicando en qué medida desean adquirir información sobre tres aspectos diferenciados de la contaminación del agua y sus tratamientos potabilizadores.

El análisis exploratorio de factores efectuado a partir de los resultados de la prueba de campo mostró que las tres aseveraciones incidían de forma muy significativa en la dimensión «interés». El máximo interés correspondió al conocimiento de las enfermedades que se pueden transmitir a través del agua (aserto C), como ocurrió con la mayoría de las aseveraciones de la prueba de campo referidas a la salud y el bienestar personal.

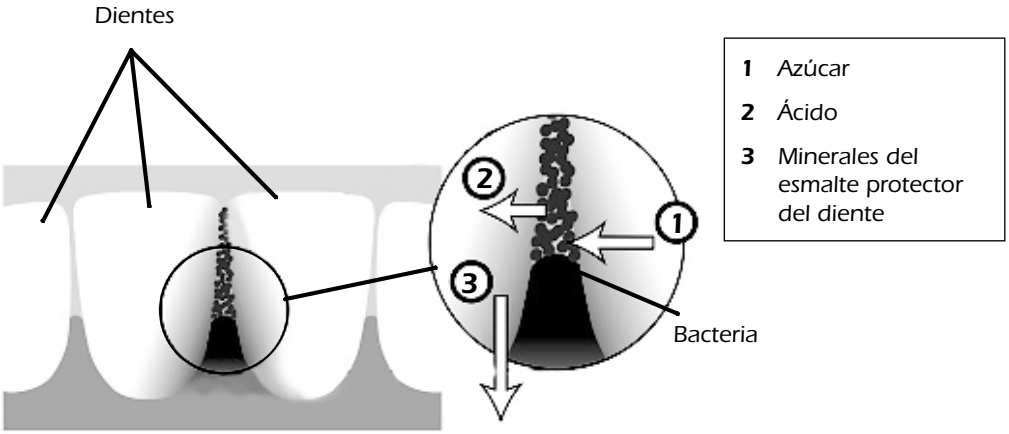
© OCDE 2006

Caries dental

Las bacterias que habitan en nuestra boca son las causantes de la caries dental. La caries lleva siendo un problema desde que la expansión del cultivo de caña de azúcar en el siglo XVIII popularizó el consumo de azúcar.

Hoy día sabemos mucho sobre la caries. Por ejemplo:

- Las bacterias causantes de la caries se alimentan de azúcar.
- El azúcar se transforma en ácidos.
- Los ácidos dañan la superficie dental.
- Cepillarse los dientes contribuye a prevenir la formación de caries.



Pregunta 2.1

¿Qué papel desempeñan las bacterias en la aparición de la caries dental?

A. Las bacterias producen esmalte.

B. Las bacterias producen azúcar.

C. Las bacterias producen minerales.

D. Las bacterias producen ácidos.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 2.1

Puntuación máxima

Código 1: D. Las bacterias producen ácidos.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

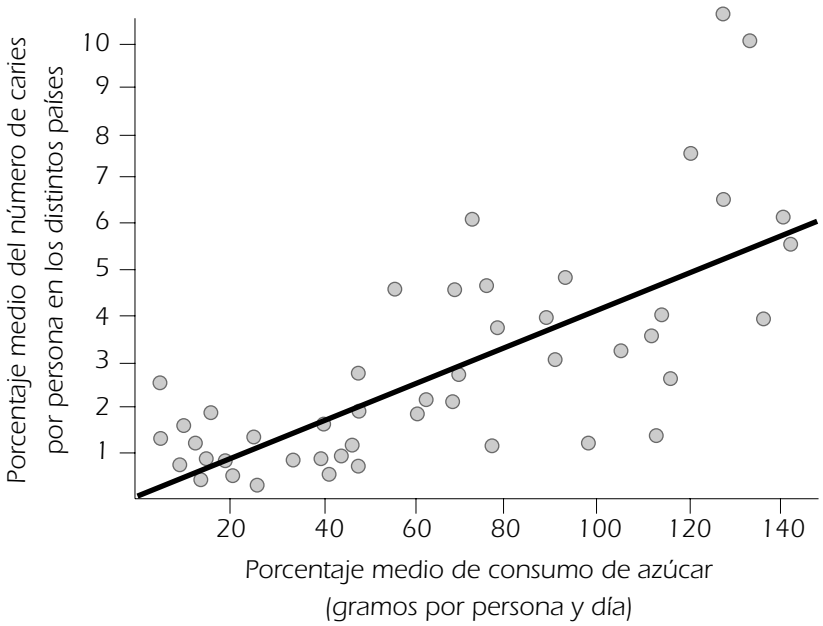
La información sobre la caries se suministra mediante un diagrama y un texto asociado. Los alumnos deben seleccionar la conclusión que se deriva de la información proporcionada.

Dado que los conocimientos científicos necesarios para llevar a cabo la tarea afectan tan solo a la capacidad de utilizar determinadas pruebas para extraer una conclusión, el ejercicio evalúa primordialmente el «Conocimiento acerca de la ciencia».

Este ejercicio dio un buen resultado en la prueba de campo, aportó unos niveles de discriminación satisfactorios y resultó relativamente sencillo.

Pregunta 2.2

El gráfico que figura a continuación muestra el consumo de azúcar y la cantidad de caries en diversos países.



Cada país aparece representado en el gráfico por un punto.

¿Cuál de las siguientes afirmaciones se ve corroborada *por los datos que figuran en el gráfico*?

A. En algunos países la gente se cepilla los dientes con más frecuencia que en otros.

B. Cuanto más azúcar consume la gente, mayores son las probabilidades de tener caries.

C. En los últimos años la tasa de caries se ha incrementado en muchos países.

D. En los últimos años el consumo de azúcar se ha incrementado en muchos países.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 2.2

Puntuación máxima

Código 1: B. Cuanto más azúcar consume la gente, mayores son las probabilidades de tener caries.

© OCDE 2006

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Utilización de pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

Este ejercicio tuvo un buen rendimiento en la prueba de campo. Su dificultad fue de grado medio y sus niveles de discriminación resultaron satisfactorios.

Al igual que en el ejercicio anterior, la categoría de conocimiento es «Explicaciones científicas» y la capacidad, «Utilizar pruebas científicas». En esta ocasión, sin embargo, los datos (pruebas) se suministran en forma de gráfico. Para interpretar correctamente el gráfico hay que comprender de forma clara cuáles son las variables representadas en el mismo.

Pregunta 2.3

Un determinado país tiene un alto porcentaje de personas con caries.

¿Se puede responder a las siguientes preguntas sobre las caries en ese país recurriendo a experimentos científicos? *Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las preguntas.*

¿Puede responderse esta pregunta sobre la caries recurriendo a un experimento científico?	¿Sí o No?
¿Qué efecto tendría sobre las caries añadir flúor al suministro de agua?	Sí / No
¿Cuál debería ser el coste de una visita al dentista?	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 2.3

Puntuación máxima

Código 1: Ambas correctas: Sí, No, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

Este ejercicio requiere que los alumnos sean capaces de discriminar las preguntas que se pueden responder mediante la investigación científica de las que no pueden serlo. En lo sustancial, comporta la aplicación de un conocimiento sobre la metodología científica y, por lo tanto, se encuadra en la categoría de conocimiento, «Investigación científica». Desde el punto de vista de las Capacidades, su clasificación es claramente «Identificar cuestiones científicas».

La prueba de campo situó este ejercicio dentro de la gama de dificultad media. El ejercicio proporcionó buenos niveles de discriminación.

Pregunta 2.4

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Observar por un microscopio cómo son las bacterias que provocan la caries	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Obtener información sobre el desarrollo de una vacuna que prevenga la caries	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Comprender por qué los alimentos sin azúcar pueden provocar caries	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Tipo de actitud: Interés.

Este ejercicio fue diseñado con objeto de evaluar el interés de los alumnos por los aspectos científicos relacionados con la caries dental. Al igual que sucede con todos los demás ejercicios de actitud, figura al final de la unidad para que de ese modo los alumnos hayan tenido ocasión de familiarizarse con el contexto antes de que se les pregunte sobre sus opiniones.

El análisis exploratorio de factores efectuado con la prueba de campo puso de manifiesto que los tres asertos incidían de forma muy significativa en la dimensión «interés».

© OCDE 2006

UNIDAD 3 DE CIENCIAS

Trabajar con calor

Pregunta 3.1

Pedro está haciendo obras de reparación en un edificio antiguo. Ha dejado una botella de agua, unos cuantos clavos de metal y un trozo de madera dentro del maletero de su coche. La temperatura en el interior del coche, tras haber estado tres horas al sol, ronda los 40° centígrados.
¿Qué le ocurrirá a los objetos que hay dentro del coche?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las afirmaciones.

¿Le ocurrirá esto al/los objeto(s)?	¿Sí o No?
Todos estarán a la misma temperatura.	Sí / No
Al cabo de un rato el agua empezará a hervir.	Sí / No
Al cabo de un rato los clavos metálicos se pondrán al rojo.	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 3.1

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: Sí, No, No, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos.

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

Esta unidad posee un «estilo» diferente del de las demás unidades que integran esta recopilación de ejemplos. Carece de estímulo común y pertenece a una serie de unidades que se diseñaron para poner de relieve algunas de las principales ideas falsas sobre varios conceptos científicos fundamentales. Solo se ha incluido una unidad de estas características en el estudio principal debido a las limitaciones de espacio y a la escasa información que varios de estos ejercicios proporcionaban acerca del nivel general de competencia científica de los alumnos.

Los resultados de este ejercicio en la prueba de campo mostraron una significativa presencia de ideas falsas entre los alumnos, como demuestra el hecho de que menos de un 20 % de ellos contestara correctamente que «Todos estarán a la misma temperatura». Apenas hubo diferencias en la media de habilidad entre quienes eligieron esta opción y los que no la eligieron. En términos generales, los varones obtuvieron más respuestas correctas que las mujeres. Tanto el segundo como el tercer aserto fueron respondidos correctamente por cerca de un 75 % de los alumnos.

Pregunta 3.2

Para beber durante el día, Pedro tiene una taza con café caliente a una temperatura aproximada de 90° centígrados y una taza con agua mineral fría a una temperatura aproximada de 5° centígrados. El tipo y el tamaño de las dos tazas es idéntico y el volumen de cada una de las bebidas también es el mismo. Pedro deja las tazas en una habitación donde la temperatura es de unos 20° centígrados.

¿Cuáles serán probablemente las temperaturas del *café* y del *agua mineral* al cabo de 10 minutos?

A. 70° centígrados y 10° centígrados

B. 90° centígrados y 5° centígrados

C. 70° centígrados y 25° centígrados

D. 20° centígrados y 20° centígrados

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 3.2

Puntuación máxima

Código 1: A. 70° centígrados y 10° centígrados.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

Al igual que sucedió con muchos otros ejercicios sobre «ideas falsas», el contexto de este ejercicio resultaba un tanto artificioso, y esa fue la razón por la que no se incluyó en el estudio principal.

En la prueba de campo, el ejercicio mostró un nivel de discriminación adecuado y fue respondido correctamente por cerca de un 50 % de los alumnos.

 © OCDE 2006

Pregunta 3.3

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila.

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Comprender de qué modo influye la forma de la taza en la velocidad con que se enfría el café	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Conocer las diferentes formas de organización de los átomos en la madera, el agua y el acero	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Entender por qué distintos sólidos conducen el calor a diferentes velocidades	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Tipo de actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

En este ejercicio los alumnos muestran su interés por las ciencias expresando en qué medida quieren adquirir información sobre la forma en que la estructura de los materiales influye en la transferencia de calor. El ejercicio figura al final de la unidad para que de ese modo los alumnos hayan tenido la oportunidad de familiarizarse con el contexto antes de que se les pregunte por sus opiniones.

El análisis exploratorio de factores mostró que los tres asertos incidían de forma significativa en la dimensión «interés». En comparación con otros contextos que se usaron en la prueba de campo, el interés por adquirir información científica relativa a este contexto fue bastante bajo. Esta circunstancia fue particularmente notable en las dos primeras afirmaciones.

UNIDAD 4 DE CIENCIAS

La viruela del ratón

Hay muchos tipos de virus de la viruela que provocan esta enfermedad en los animales. Por regla general, cada tipo de virus infecta solo a una especie animal. Según una información aparecida en una revista, un científico ha recurrido a la ingeniería genética para modificar el ADN de la viruela del ratón. El virus modificado mata a todos los ratones que infecta.

El científico afirma que es necesario llevar a cabo una investigación sobre la modificación de los virus, porque de esa manera se podrá controlar a los animales que dañan los alimentos destinados al consumo humano. Por su parte, los críticos de la investigación afirman que los virus pueden escaparse de los laboratorios e infectar a otros animales. También les preocupa que la modificación del virus de la viruela de una especie pueda llegar a infectar a otras especies, en particular, a la humana.

Las personas se ven infectadas por el virus de la viruela humana. Este virus mata a la mayor parte de las personas a las que infecta. Aunque se piensa que esta enfermedad ha sido erradicada del conjunto de la población, hay varios laboratorios repartidos por el mundo que aún conservan muestras de este virus.

Pregunta 4.1

Los que se oponen a la investigación han manifestado su temor ante la posibilidad de que el virus de la viruela del ratón pueda infectar a otras especies. ¿Cuál de las siguientes razones ofrece la mejor explicación de este temor?

A. Los genes del virus de la viruela humana y los genes modificados del virus de la viruela del ratón son idénticos.

B. Una mutación en el ADN de la viruela del ratón podría permitir que ese virus infectara a otros animales.

C. Una mutación podría hacer que el ADN de la viruela del ratón fuera idéntico al ADN de la viruela humana.

D. El número de genes que contiene el virus de la viruela del ratón es el mismo que el de otros virus de la viruela.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 4.1

Puntuación máxima

Código 1: B. Una mutación en el ADN de la viruela de los ratones podría permitir que ese virus infectara a otros animales.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Global.

El contexto de las modificaciones y mutaciones genéticas, incluidos los efectos de la introducción de nuevas especies en ecosistemas consolidados y los peligros de que una enfermedad «salte» entre especies, son temas de gran actualidad e importancia.

© OCDE 2006

Aun así, el rendimiento del ejercicio en la prueba de campo no fue satisfactorio. Su nivel de discriminación fue bastante bajo y la variabilidad entre países alcanzó unas cotas inaceptables, lo que tal vez indique que los contenidos científicos del ejercicio no forman parte de los currículos escolares de algunos de los países participantes. Por otro lado, la habilidad media de los alumnos que eligieron el distractor C estuvo muy próxima a la de los alumnos que eligieron la opción correcta (B). En vista de todo ello, se descartó la inclusión del ejercicio en el estudio principal.

Pregunta 4.2

A una de las personas que se oponían a este tipo de investigaciones le preocupaba que el virus modificado de la viruela del ratón pudiera escapar del laboratorio. Si eso ocurriera, el virus podría provocar la extinción de algunas especies de ratones.

¿Es probable que se den algunos de estos resultados si se extinguen algunas especies de ratones?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada caso.

¿Es probable que se dé este resultado si se extinguen algunas especies de ratones?	¿Sí o No?
Algunas cadenas alimentarias podrían verse afectadas.	Sí / No
Los gatos domésticos podrían morir por falta de alimentos.	Sí / No
Temporalmente, podría producirse un aumento del número de plantas cuyas semillas sirven de alimento a los ratones.	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 4.2

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: Sí, No, Sí, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Global.

Para dar una respuesta correcta a esta pregunta es necesario tener ciertos conocimientos sobre las redes alimentarias. Más que utilizar una serie de pruebas para extraer una conclusión, lo que se requiere del alumno es que prediga cuáles serán las consecuencias de retirar una serie de elementos de las redes alimentarias. De ahí su clasificación: Explicar fenómenos científicamente – Conocimiento de los sistemas vivos.

En la prueba de campo, el ejercicio dio muestras de poseer un nivel discriminatorio adecuado y presentó un grado de dificultad media.

Pregunta 4.3

Una empresa trata de desarrollar un virus que esterilice a los ratones (es decir, que les imposibilite para tener crías). Un virus de esas características podría contribuir a controlar la población de ratones.

Supón que la empresa tiene éxito. ¿Debería la investigación científica responder a estas preguntas antes de que se pusiera en circulación el virus?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada uno de los casos.

¿Debería responderse a esta pregunta antes de poner en circulación el virus?	¿Sí o No?
¿Cuál es el mejor método para propagar el virus?	Sí / No
¿Cuánto tardarán los ratones en desarrollar inmunidad al virus?	Sí / No
¿Podría el virus afectar a otras especies animales?	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 4.3

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: Sí, Sí, Sí.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente/Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia)/Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Social.

El ejercicio tuvo un rendimiento muy satisfactorio en la prueba de campo, proporcionando un nivel de discriminación adecuado. El grado de dificultad del ejercicio se situó en el extremo inferior del nivel medio.

A pesar de ello, la inclusión del ejercicio en el estudio principal fue desestimada debido a que en él se evalúa en proporciones bastante considerables tanto el «Conocimiento acerca de la ciencia» como el «Conocimiento de la ciencia». Para decidir si deben responderse las preguntas antes de poner en circulación el virus se necesita un conocimiento de los sistemas vivos, y para decidir si la investigación científica puede dar respuesta a las preguntas se requiere un conocimiento acerca de la metodología de la ciencia.

Pregunta 4.4

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Aprender sobre la estructura de los virus	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Saber cómo mutan (cambian) los virus	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Comprender mejor cómo se defiende el cuerpo frente a los virus	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Tipo de actitud: Interés.

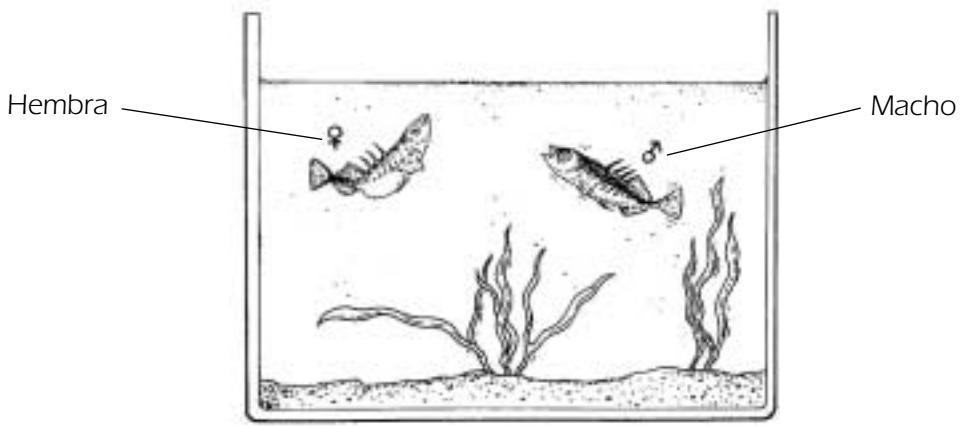
Este ejercicio pretende evaluar el interés de los alumnos por algunos aspectos del contexto referido al comportamiento de los virus y a la forma en que actúan las defensas del cuerpo contra los virus. Al igual que el resto de los ejercicios de actitud, figura al final de la unidad para que los alumnos hayan tenido la ocasión de familiarizarse con el contexto antes de responder a unas preguntas sobre sus opiniones.

El análisis exploratorio de factores de la prueba de campo dejó patente que los tres asertos incidían de forma significativa en la dimensión «interés». Se mostró más interés en comprender mejor la forma en que el cuerpo se defiende contra los virus (aserto C) que en las otras opciones.

© OCDE 2006

La conducta del espinoso

El espinoso es un pez muy fácil de tener en un acuario.

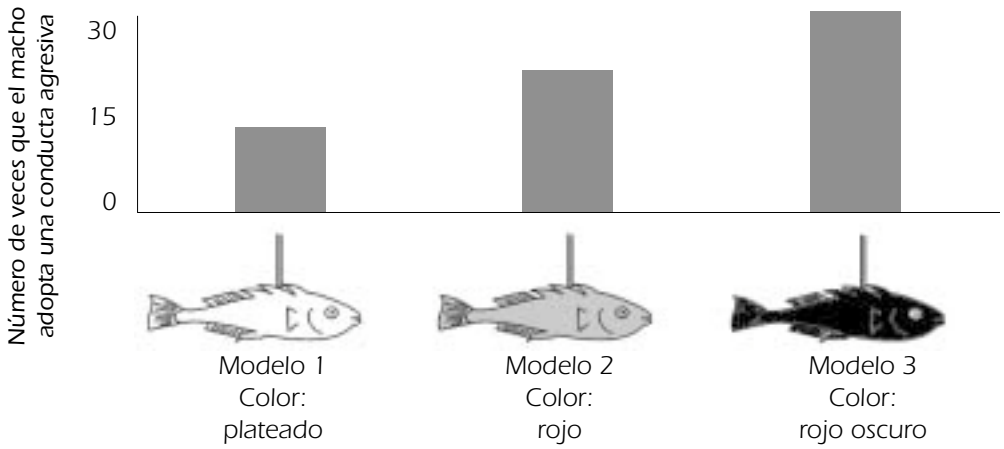


- Durante la época de cría, la coloración plateada del vientre del espinoso macho se vuelve roja.
- El espinoso macho atacará a cualquier otro macho rival que entre en su territorio e intentará ahuyentarlo.
- Si se le aproxima una hembra de color plateado, el macho tratará de conducirla a su nido para que ponga allí sus huevos.

Un estudiante quiere realizar un experimento para averiguar qué es lo que provoca que el espinoso macho adopte una conducta agresiva.

En el acuario del estudiante solo hay un espinoso macho. El estudiante ha fabricado tres modelos de cera unidos a un trozo de alambre. Por separado, va colgando los modelos dentro del acuario durante el mismo tiempo. Luego, cuenta el número de veces que el espinoso macho ha reaccionado de forma agresiva, embistiendo contra el modelo de cera.

Debajo figuran los resultados del experimento.



Pregunta 5.1

¿Cuál es la pregunta a la que trata de dar respuesta este experimento?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 5.1

Puntuación máxima

Código 1: ¿Qué color provoca la reacción más agresiva por parte del espinoso macho?

- ¿Reacciona el espinoso macho de una forma más agresiva ante el modelo de color rojo que ante el de color plateado?
- ¿Existe una relación entre el color y la conducta agresiva?
- ¿Es el color del pez lo que hace que el macho adopte una conducta agresiva?
- ¿Qué color de pez resulta más amenazador para el espinoso?

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas (incluidas todas aquellas que no hagan referencia al color del estímulo/modelo/pez)

- ¿Qué color provocará la conducta agresiva del espinoso macho? [Falta el aspecto comparativo.]
- ¿Determina el color del espinoso hembra la agresividad del macho? [El primer experimento no se ocupa del género del pez.]
- ¿Ante cuál de los modelos reacciona con más agresividad el espinoso macho? [Debe hacerse mención expresa del color del modelo/pez.]

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

El ejercicio suministra toda la información relevante sobre el experimento, y de ahí su clasificación: «Conocimiento acerca de la ciencia». La clasificación contextual (Personal; Fronteras de la ciencia y la tecnología) está en consonancia con el descriptor del marco de la evaluación: «ampliar la comprensión del mundo natural».

En la prueba de campo, el ejercicio proporcionó un nivel de discriminación adecuado, si bien en términos generales su grado de dificultad fue alto, como indica el hecho de que solo un 25 % de los alumnos obtuvieran puntuación. La unidad no se incluyó en el estudio principal por considerar que su contenido tenía menos relevancia para la vida cotidiana de los estudiantes de 15 años que el de otros ejercicios propuestos para su inclusión, así como por su excesiva carga de lectura.

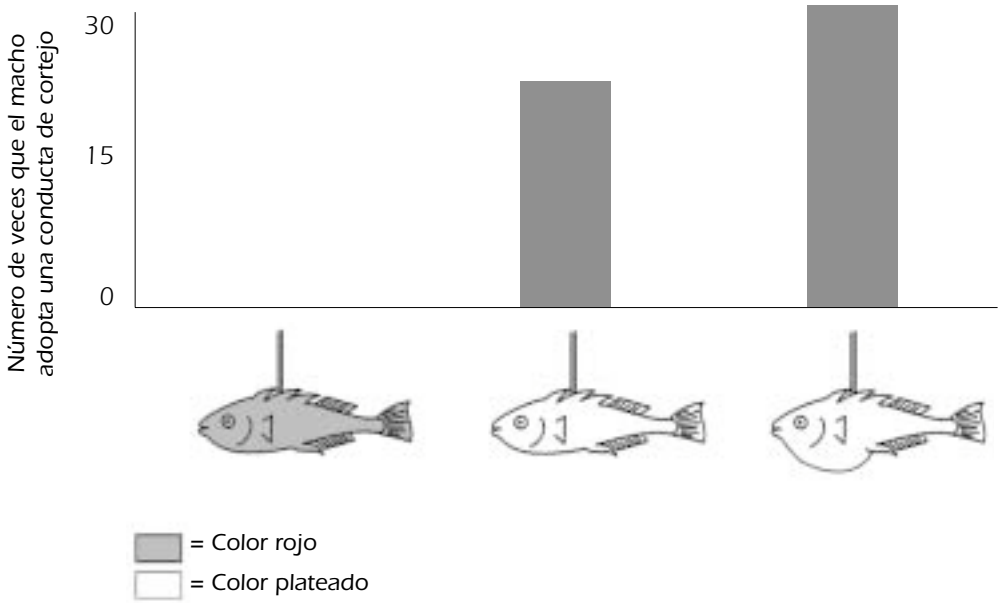
© OCDE 2006

Pregunta 5.2

Si el espinoso macho ve a una hembra durante la época de reproducción, tratará de atraerla adoptando una conducta de cortejo que se asemeja a una pequeña danza. En un segundo experimento, se investiga esta conducta de cortejo.

De nuevo, se utilizan tres modelos de cera unidos a un alambre. Hay uno de color rojo y otros dos plateados; de estos, uno tiene el vientre redondeado y el otro plano. El estudiante cuenta el número de veces (en un determinado período de tiempo) que el espinoso macho reacciona ante el modelo adoptando una conducta de cortejo.

Debajo figuran los resultados de este experimento.



Tres estudiantes sacan tres conclusiones diferentes basadas en los resultados de este segundo experimento.

¿Son correctas sus conclusiones según la información que se da en el gráfico?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las conclusiones.

¿Es correcta esta conclusión según la información que se facilita en el gráfico?	¿Sí o No?
El color rojo hace que el espinoso macho adopte una conducta de cortejo.	Sí / No
Un espinoso hembra de vientre plano es la causa que provoca un mayor número de veces la adopción de la conducta de cortejo por parte del espinoso macho.	Sí / No
El espinoso macho adopta con mayor frecuencia una conducta de cortejo ante una hembra de vientre redondeado que ante una hembra de vientre plano.	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 5.2

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: No, No, Sí, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

Al interpretar los datos que se presentan de forma gráfica, el alumno explica los significados inherentes a dichos datos sin necesidad de recurrir a ninguna información externa. En consecuencia, el ejercicio se clasifica dentro de la categoría, «Conocimiento acerca de la ciencia: explicaciones científicas».

En la prueba de campo, el ejercicio resultó relativamente sencillo y ofreció una discriminación bastante satisfactoria. En términos generales, las mujeres obtuvieron mejores resultados que los varones.

Pregunta 5.3

Los experimentos han demostrado que los espinosos machos reaccionan de manera agresiva ante los modelos que tienen el vientre rojo, mientras que adoptan una conducta de cortejo ante los modelos de vientre plateado.

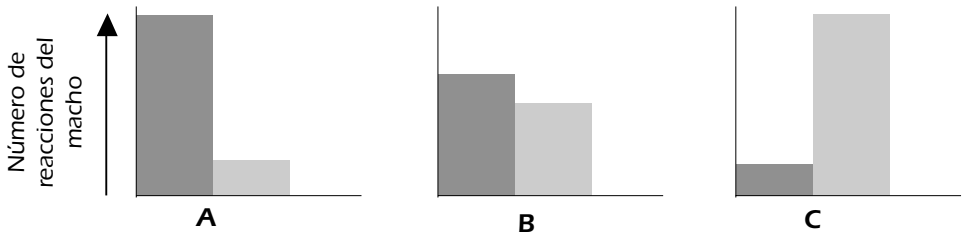
En un tercer experimento se utilizaron los siguientes modelos sucesivamente:

= Color rojo

= Color plateado

Los tres diagramas siguientes muestran las posibles reacciones del espinoso macho ante cada uno de los modelos de arriba.

¿Cuál de estas reacciones podrías predecir para cada uno de los cuatro modelos?



= Número de conductas agresivas

= Número de conductas de cortejo

© OCDE 2006

Rellena las casillas de cada uno de los modelos con A, B o C.

	Reacción
Modelo 1	
Modelo 2	
Modelo 3	
Modelo 4	

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 5.3

Puntuación máxima

Código 2: Las cuatro correctas: C, A, C, B, en este orden.

Puntuación parcial

Código 1: Tres de las cuatro entradas correctas.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-cerrada.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

El ejercicio no funcionó bien en la prueba de campo. El nivel de discriminación fue bajo y solo un tercio de los alumnos obtuvo una puntuación máxima o parcial. Por desgracia, no se dispuso de datos acerca de cuál fue la parte (o partes) de mayor dificultad. En términos generales, las mujeres obtuvieron más respuestas correctas que los varones.

UNIDAD 6 DE CIENCIAS

Fumar tabaco

El tabaco se fuma en forma de cigarrillos, puros o en pipa. Las investigaciones demuestran que cerca de 13.500 personas mueren diariamente en el mundo a consecuencia de enfermedades relacionadas con el tabaco. Se prevé que para el año 2020 el 12 % de todas las muertes a escala global se deberán a enfermedades relacionadas con el tabaco.

El humo del tabaco contiene numerosas sustancias dañinas. De todas ellas, las más perniciosas son el alquitrán, la nicotina y el monóxido de carbono.

Pregunta 6.1

El humo del tabaco que se inhala va a parar a los pulmones. El alquitrán presente en el humo se deposita en los pulmones, impidiendo su buen funcionamiento.

¿Cuál de las siguientes funciones es propia de los pulmones?

A. Bombear sangre oxigenada a todas las partes del cuerpo.

B. Transferir una parte del oxígeno que se respira a la sangre.

C. Purificar la sangre reduciendo a cero el contenido en dióxido de carbono.

D. Transformar las moléculas de dióxido de carbono en moléculas de oxígeno.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 6.1

Puntuación máxima

Código 1: B. Transferir parte del oxígeno que se respira a la sangre.

Sin puntuación

Código 1: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

Esta unidad recibió una puntuación muy alta por parte de los representantes de los países con objeto de que se incluyera en el estudio principal. En este ejercicio concreto no se aborda directamente el consumo de tabaco, sino el funcionamiento de los pulmones. Para obtener puntos, los alumnos tenían que basarse en su conocimiento sobre la función de los pulmones y, por tanto, el ejercicio se clasifica dentro del «Conocimiento de la ciencia», en la categoría «Sistemas vivos».

La prueba de campo puso de manifiesto que el ejercicio era relativamente sencillo y que su nivel de discriminación era adecuado. En términos generales, los varones obtuvieron más respuestas correctas que las mujeres.

© OCDE 2006

Pregunta 6.2

Fumar tabaco aumenta el riesgo de padecer cáncer de pulmón y otras enfermedades.

¿Se aumenta el riesgo de padecer alguna de las siguientes enfermedades si se fuma tabaco?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada uno de los casos.

¿Se aumenta el riesgo de padecer esta enfermedad si se fuma tabaco?	¿Sí o No?
Bronquitis	Sí / No
VIH/SIDA	Sí / No
Varicela	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 6.2

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: Sí, No, No, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

Este ejercicio cumple el requisito de tener relevancia para los jóvenes de 15 años. Es importante que los estudiantes sepan que el VIH/SIDA y la viruela son enfermedades provocadas por virus, mientras que la bronquitis es una dolencia pulmonar y, por tanto, más común entre los fumadores que entre los no fumadores.

No obstante, el ejercicio no dio un resultado satisfactorio en la prueba de campo. Aunque en términos generales fue sencillo, como demuestra el hecho que cerca de un 70 % de los alumnos respondiera correctamente, el índice de dificultad varió de manera considerable entre unos y otros países. Para un determinado grupo de países el nivel de discriminación fue bastante bajo. Por lo general, las mujeres obtuvieron más respuestas correctas que los varones.

Pregunta 6.3

Algunas personas usan parches de nicotina para dejar de fumar. Los parches se pegan a la piel y liberan nicotina en la sangre. De este modo se reduce la ansiedad y el síndrome de abstinencia de la gente que ha dejado de fumar.

Para estudiar la efectividad de los parches de nicotina se escoge al azar un grupo de 100 fumadores que quieran dejar de fumar. Este grupo será sometido a un estudio durante seis meses.
La efectividad de los parches de nicotina se medirá comprobando cuántas personas del grupo no han conseguido dejar de fumar a la conclusión del estudio.

¿Cuál de los siguientes modelos será el mejor para llevar a cabo el experimento?

A. Todas las personas del grupo llevan parches.

B. Todos llevan parches menos una persona que trata de dejar de fumar sin recurrir a ellos.

C. Las personas deciden si utilizarán o no parches para dejar de fumar.

D. Se escoge al azar a la mitad del grupo para que lleven parches, mientras que la otra mitad no los llevará.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 6.3

Puntuación máxima

Código 1: D. Se elige al azar a la mitad del grupo para que lleven parches, mientras que la otra mitad no los llevará.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal/Social.

Es debatible si este ejercicio trata del cuidado de la salud individual (en cuyo caso la clasificación del marco sería «Personal») o de la salud comunitaria (marco «Social»).

Responder de forma correcta a este ejercicio requiere una comprensión adecuada del empleo de grupos de control comparativos a la hora de diseñar un experimento. La prueba de campo puso de manifiesto que el ejercicio tenía una dificultad media, pero un buen nivel de discriminación. El distractor B resultó bastante más deficiente que los otros dos distractores. En términos generales, las mujeres obtuvieron más respuestas correctas que los varones.

Pregunta 6.4

Existen varios métodos para inducir a la gente a que deje de fumar.

¿Se basa en la tecnología alguna de las siguientes formas de abordar este problema?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada caso.

¿Se basa en la tecnología este método de reducir el consumo de tabaco?	¿Sí o No?
Incrementar el precio de los cigarrillos.	Sí / No
Fabricar parches de nicotina que ayuden a la gente a dejar de fumar cigarrillos.	Sí / No
Prohibir fumar en lugares públicos.	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 6.4

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: No, Sí, No, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Sistemas tecnológicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

El ejercicio se diseñó con el propósito de evaluar hasta qué punto los alumnos comprenden qué es lo que entraña la tecnología. Las opciones recogen tres estrategias distintas para alejar a la gente del consumo de tabaco: una económica, otra químico/tecnológica y una tercera de carácter legislativo. En el marco de la evaluación, el conocimiento del papel de la tecnología de base científica se clasifica bajo el epígrafe «Conocimiento de la ciencia», dentro de la categoría «Sistemas tecnológicos».

El ejercicio tuvo un buen rendimiento en la prueba de campo. El análisis mostró que tenía una dificultad media y un buen nivel de discriminación.

Pregunta 6.5

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Conocer de qué manera el alquitrán del tabaco reduce la eficacia de los pulmones	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Comprender por qué la nicotina crea adicción	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Aprender cómo se recupera el cuerpo tras haber dejado de fumar	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Tipo de actitud: Interés.

El análisis exploratorio de factores mostró que el primer aserto incidía de forma significativa en la dimensión «interés por la ciencia», sin embargo, la incidencia era aún mayor en otra dimensión que representaría el interés/preocupación por la salud y el bienestar. Los otros dos asertos arrojaron un rendimiento bastante inconsistente entre los distintos países. Aun en el caso de que se hubiera incluido esta unidad en el estudio principal, los factores antes señalados hubieran bastado para descartar este ejercicio.

© OCDE 2006

UNIDAD 7 DE CIENCIAS

La luz de las estrellas

A Tomás le gusta contemplar las estrellas. El problema es que no puede distinguirlas bien por la noche, porque vive en una gran ciudad.

El año pasado Tomás pasó unos días en el campo y pudo observar una gran cantidad de estrellas que no se veían en la ciudad.

Pregunta 7.1

¿Por qué se ven muchas más estrellas en el campo que en la ciudad?

A. La Luna es más brillante en las ciudades y amortigua la luz de muchas estrellas.

B. El aire del campo contiene más polvo que el de las ciudades, y el polvo refleja la luz.

C. La luminosidad de las luces de la ciudad hace que muchas estrellas sean difíciles de ver.

D. El aire es más cálido en las ciudades debido al calor que emiten los coches, las máquinas y los edificios.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 7.1

Puntuación máxima

Código 1: C. La luminosidad de las luces de la ciudad hace que muchas estrellas sean difíciles de ver.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas de la Tierra y el espacio (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Medio ambiente.

Marco: Social.

Para elegir la respuesta correcta en este ejercicio, los alumnos deben recurrir a sus conocimientos sobre la capacidad que tienen las luces extrínsecas para apagar el brillo de las estrellas. La clasificación es, por tanto, «Explicar fenómenos científicamente – Sistemas de la Tierra y el espacio».

El ejercicio rindió bastante bien en la prueba de campo, ofreció un nivel de discriminación adecuado y una mínima incidencia de sesgos de carácter sexual o cultural. Cerca del 65 % de los alumnos dio con la respuesta correcta.

Pregunta 7.2

Para observar las estrellas menos brillantes, Tomás emplea un telescopio con unas lentes de gran diámetro.

¿Por qué el uso de un telescopio con lentes de gran diámetro permite ver las estrellas menos brillantes?

A. Cuanto mayor sea el tamaño de las lentes, mayor será la cantidad de luz que recogen.

B. Cuanto más grandes sean las lentes, mayor será su capacidad de aumento.

C. Las lentes grandes permiten ver una porción mayor de cielo.

D. Las lentes grandes detectan los colores oscuros de las estrellas.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 7.2

Puntuación máxima

Código 1: A. Cuanto mayor sea el tamaño de las lentes, mayor será la cantidad de luz que recogen.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

En comparación con otros ejercicios de la prueba de campo, los representantes de los países concedieron una puntuación muy baja a este ejercicio a la hora de considerar su inclusión en el estudio principal. El ejercicio mostró unos niveles de discriminación adecuados y obtuvo un grado de dificultad medio en la prueba de campo. Sorprendentemente, el distractor D (que fue seleccionado por un 45 % de los alumnos) gozó de mucha más predilección que la respuesta correcta A (que solo eligieron en torno al 30 % de los alumnos). Por regla general, hubo un mayor porcentaje de varones que de mujeres que respondieron correctamente.

© OCDE 2006

UNIDAD 8 DE CIENCIAS

Ultrasonido

En muchos países es posible obtener imágenes del feto (un bebé en desarrollo en el vientre materno) mediante un proceso de captación de imágenes por ultrasonido (ecografía). La exploración por ultrasonido se considera segura tanto para la madre como para el feto.

La médica desplaza una sonda sobre el abdomen de la madre. Las ondas de ultrasonido penetran en el abdomen y luego son reflejadas desde la superficie del feto. Estas ondas reflejadas son captadas de nuevo por la sonda y transmitidas a una máquina que genera una imagen.

Pregunta 8.1

Para formar una imagen, la máquina de ultrasonidos tiene que calcular la distancia entre el feto y la sonda.

Las ondas de ultrasonido atraviesan el abdomen a una velocidad de 1.540 m/s. ¿Qué tiene que medir la máquina para poder calcular la distancia?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 8.1

Puntuación máxima

Código 1: Debe medir el tiempo que invierte la onda de ultrasonido en viajar desde la sonda a la superficie del feto y en devolver el reflejo.

- El tiempo que emplea la onda en realizar su viaje.
- El tiempo.
- Tiempo. Distancia = velocidad / tiempo. [Aunque la fórmula es incorrecta, el alumno ha identificado correctamente que la variable que falta es «el tiempo».]
- Debe averiguar en qué momento el ultrasonido localiza al bebé.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- La distancia.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

El contexto de esta unidad tiene gran importancia para la vida de los ciudadanos, especialmente de las mujeres. La primera pregunta, sin embargo, difiere de las dos siguientes de la unidad, pues se centra en el contenido científico que subyace a la tecnología en lugar de en el efecto o la función de la tecnología aplicada. En términos generales, el porcentaje de respuestas correctas entre los varones fue superior al de las mujeres.

En la prueba de campo, tan solo un 20 % de los alumnos respondió correctamente al ejercicio, que sin embargo mostró un nivel de discriminación muy alto.

Pregunta 8.2

También se puede obtener una imagen del feto utilizando rayos X. Sin embargo, se aconseja a las mujeres que no sometan su abdomen a una exploración con rayos X durante el embarazo.

¿Por qué deben evitar las mujeres someter su abdomen a una exploración con rayos X durante el embarazo?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 8.2

Puntuación máxima

Código 1: Los rayos X son perjudiciales para el feto.

- Los rayos X dañan el feto.
- Los rayos X pueden provocar una mutación en el feto.
- Los rayos X pueden provocar defectos de nacimiento.
- Porque el bebé podría verse afectado por las radiaciones.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- Los rayos X no ofrecen una imagen clara del feto.
- Los rayos X emiten radiación.
- El niño puede contraer el síndrome de Down.
- La radiación es dañina. [No es suficiente. Ha de mencionarse de forma explícita el daño potencial que puede causar al feto (el bebé).]
- Puede hacer que a la mujer le resulte más difícil tener otro bebé. [Se trata de una razón para evitar una sobrexposición a los rayos X en general.]

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

Los resultados de la prueba de campo pusieron de manifiesto que se trataba de un ejercicio sencillo, como demuestra el hecho de que cerca de un 75 % de los alumnos respondieran correctamente. El nivel de discriminación fue adecuado y no se apreció ningún problema evidente de adecuación entre unos países y otros. Como cabía esperar, el porcentaje de mujeres que dieron una respuesta correcta superó al de los varones.

 © OCDE 2006

Pregunta 8.3

¿Puede obtenerse respuesta a las siguientes preguntas mediante una exploración con ultrasonido de una mujer embarazada?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada caso.

¿Se puede responder a esta pregunta mediante una exploración con ultrasonido?	¿Sí o No?
¿Hay más de un bebé?	Sí / No
¿De qué color son los ojos del bebé?	Sí / No
¿Tiene el bebé el tamaño adecuado?	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 8.3

Puntuación máxima

Código 1: Las tres respuestas correctas: Sí, No, Sí, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

El ejercicio se puede responder fundándose en el conocimiento de la naturaleza del ultrasonido y de lo que éste es capaz de detectar; de ahí que se clasifique dentro de la categoría, «Sistemas físicos». No obstante, también podría darse una respuesta partiendo de una familiaridad de índole personal con la tecnología de captación de imágenes por ultrasonido, lo cual simplificaría considerablemente la pregunta. Esta circunstancia contribuyó a que finalmente se decidiera no incluir la unidad en el estudio principal.

Pregunta 8.4

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Comprender por qué el ultrasonido puede penetrar en el cuerpo sin dañarlo	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Aprender más cosas sobre las diferencias entre los rayos X y el ultrasonido	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Conocer otras aplicaciones médicas del ultrasonido	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

El análisis exploratorio de factores reveló que los tres asertos incidían en la dimensión «Interés por la ciencia», si bien en cada uno de ellos se apreciaba una incidencia aún más marcada en una dimensión que presumiblemente mediría el interés/preocupación por la salud y el bienestar. Que tal cosa sea cierta para el aserto b), como también lo es para los asertos a) y c), pese a no estar directamente relacionado con temas de salud y bienestar, probablemente tenga que ver con el hecho de que el ejercicio figure dentro de un contexto claramente «orientado hacia la salud».

UNIDAD 9 DE CIENCIAS

Brillo de labios

La tabla que figura a continuación contiene dos recetas distintas para elaborar productos cosméticos de forma casera.

El pintalabios es más duro que el brillo de labios, que es blando y cremoso.

Brillo de labios	**Pintalabios**
Ingredientes:	**Ingredientes:**
5 g de aceite de ricino 0,2 g de cera de abeja 0,2 g de cera de palma 1 cucharada pequeña de colorante 1 gota de aroma alimentario	5 g de aceite de ricino 1 g de cera de abeja 1 g de cera de palma 1 cucharada pequeña de colorante 1 gota de aroma alimentario
Instrucciones:	**Instrucciones:**
Calentar el aceite y las ceras al baño María hasta obtener una mezcla homogénea. Añadir luego el colorante y el aroma, y mezclarlo todo.	Calentar el aceite y las ceras al baño María hasta obtener una mezcla homogénea. Añadir luego el colorante y el aroma, y mezclarlo todo.

Pregunta 9.1

Para fabricar brillos de labios y pintalabios se mezclan aceites y ceras, y luego se añade el colorante y el aroma.

El pintalabios que se obtiene con esta receta es duro y no resulta fácil de usar. ¿Qué cambios introducirías en las proporciones de los ingredientes para obtener un pintalabios más blando?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 9.1

Puntuación máxima

Código 1: Respuestas que indican que se añadiría menos cera Y/O más aceite.

- Podría usarse un poco menos de cera de abejas y de cera de palma.
- Añadir más aceite de ricino.
- Poner 7 g de aceite.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- Si se calienta la mezcla durante más tiempo se ablandará.
- No calentando tanto las ceras. [La pregunta interroga sobre los cambios en la proporción de los ingredientes.]

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

La cosmética es un contexto relevante en la vida cotidiana de los alumnos de este grupo de edad, aunque, como era de suponer, la unidad generó más interés entre las mujeres que entre los varones.

El ejercicio puede responderse estableciendo una comparación entre las cantidades de ingredientes en las dos fórmulas, para llegar así a una conclusión sobre la razón que explica que una receta produzca una sustancia más blanda que la otra. La clasificación del ejercicio, por lo tanto, es «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Explicaciones científicas». No obstante, también contribuye a su solución poseer algunos conocimientos sobre las propiedades de los ingredientes principales (el aceite y la cera), por lo que también cabría la posibilidad de clasificarlo como «Conocimiento de la ciencia», categoría «Sistemas físicos», capacidad «Explicar fenómenos científicamente».

En la prueba de campo, hubo en torno a un 65 % de respuestas correctas y el nivel de discriminación del ejercicio fue satisfactorio. En términos generales, las mujeres obtuvieron más respuestas correctas que los varones.

Pregunta 9.2

Los aceites y las ceras son sustancias que se mezclan bien entre sí. Sin embargo, los aceites no se mezclan con el agua y las ceras no son solubles en agua.

¿Qué es probable que ocurra si se vierte una gran cantidad de agua en la mezcla del pintalabios mientras se está calentando?

A. Se obtendrá una mezcla más blanda y cremosa.

B. La mezcla adquirirá mayor consistencia.

C. La mezcla apenas experimentará cambios.

D. Grumos grasos de la mezcla flotarán en el agua.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 9.2

Puntuación máxima

Código 1: D. Grumos grasos de la mezcla flotarán en el agua.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

Este ejercicio tiene menos relevancia para la vida cotidiana que los demás ejercicios de la unidad. Los alumnos deben deducir, a partir de la información que suministra el estímulo, cuál de las predicciones que se ofrecen es la más acertada. Así pues, el ejercicio se clasifica dentro del «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Explicaciones científicas».

En torno al 70 % de los alumnos respondió correctamente. Como ya ocurriera en la pregunta 9.1, por lo general, las mujeres obtuvieron más respuestas correctas que los varones.

 © OCDE 2006

Pregunta 9.3

Añadiendo unas sustancias denominadas emulsionantes se consigue que los aceites y las ceras se mezclen bien con el agua.

¿Por qué se puede quitar el pintalabios con agua y jabón?

A. El agua contiene una sustancia emulsionante que permite que el jabón y el pintalabios se mezclen.

B. El jabón hace de emulsionante y permite que el agua y el pintalabios se mezclen.

C. Los emulsionantes que contiene el pintalabios permiten que el agua y el jabón se mezclen.

D. El jabón y el pintalabios se combinan para formar una sustancia emulsionante que se mezcla con el agua.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 9.3

Puntuación máxima

Código 1: B. El jabón hace de emulsionante y permite que el agua y el pintalabios se mezclen.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

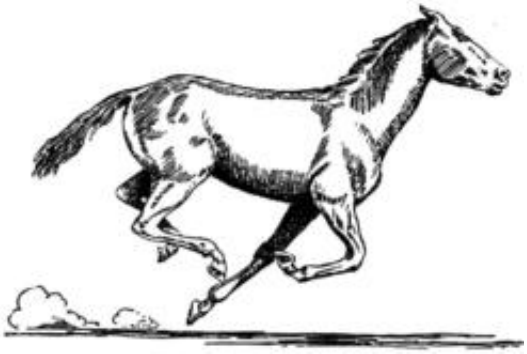
A diferencia de lo sucedido en otros ejercicios de esta unidad, en la prueba de campo no se registraron diferencias apreciables en el rendimiento de los varones y las mujeres en este ejercicio. Como ya sucediera en el ejercicio anterior, se trata de escoger entre las cuatro opciones una explicación que concuerde con la información que se suministra. En consecuencia, la clasificación en materia de conocimiento y capacidad es la misma del ejercicio anterior.

El ejercicio funcionó bien en la prueba de campo y tuvo un grado de dificultad medio.

UNIDAD 10 DE CIENCIAS

Evolución

La mayoría de los caballos actuales tienen un perfil aerodinámico y pueden correr a gran velocidad.



Los científicos han hallado esqueletos fósiles de unos animales similares a los caballos. En su opinión, pertenecen a los antepasados de los caballos actuales. Los científicos también han logrado determinar el período en el que vivieron estas especies fósiles.

La tabla que figura a continuación suministra información sobre tres de estos fósiles y sobre el caballo actual.

NOMBRE DEL ANIMAL	HYRACOTHERIUM	MESOHIPPUS	MERYCHIPPUS	EQUUS (caballo actual)
Período de existencia:	Entre hace 55 o 50 millones de años	Entre hace 39 o 31 millones de años	Entre hace 19 o 11 millones de años	Desde hace 2 millones de años hasta el momento presente
Estructura esquelética de la pata (a la misma escala):				

Pregunta 10.1

¿Qué información de la tabla proporciona una prueba concluyente de que los caballos actuales son el resultado de una evolución a lo largo del tiempo de las tres especies fósiles?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 10.1

Puntuación máxima

Código 1: Respuestas que hagan referencia a un cambio gradual a lo largo del tiempo en la estructura esquelética de las patas.

- Los esqueletos de las patas son muy similares, pero han ido cambiando gradualmente.
- Los dáctilos/dedos de las patas se fusionaron a lo largo del período que se extiende entre hace 55 millones de años y hace 2 millones de años.
- El número de dedos ha diminuido.

© OCDE 2006

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- La pata ha cambiado. [No es lo suficientemente preciso.]
- Se llaman Hippus.
- Las mutaciones genéticas han sido la causa de la transformación. [Correcto, pero no responde a la pregunta.]
- Los huesos de la pata son similares. [Tendría que mencionar, aunque fuera de forma implícita, la idea del «cambio gradual».]

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Global.

Aunque el grado de «relevancia cotidiana» del conocimiento que se evalúa en esta unidad tal vez no sea muy alto, el ejercicio trata uno de los «grandes temas» de la ciencia, y la unidad habría sido incluida en el estudio principal si los ejercicios hubieran obtenido un rendimiento más satisfactorio en la prueba de campo.

Este ejercicio exige que se realice un análisis comparativo de los datos presentes en la tabla con vistas a obtener una explicación de carácter científico. De ahí que se clasifique dentro del «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Explicaciones científicas». La versión que aquí se incluye ha sido revisada desde que se utilizó en la prueba de campo, debido a las dificultades que planteó la versión anterior a la hora de encontrar una codificación fiable.

Pregunta 10.2

¿Qué otras investigaciones pueden realizar los científicos para averiguar cómo han evolucionado los caballos a lo largo del tiempo?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las siguientes afirmaciones.

¿Ayudaría esta investigación a averiguar cómo han evolucionado los caballos a lo largo del tiempo?	¿Sí o No?
Comparar el número de caballos que han vivido en distintos períodos	Sí / No
Buscar esqueletos de los antepasados del caballo que vivieron entre hace 50 y 40 millones de años	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 10.2

Puntuación máxima

Código 1: Ambas correctas: No, Sí, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Global.

En este ejercicio se pregunta qué otras pruebas habría que buscar para tratar de dar respuesta a un interrogante científico. A tal fin, es necesario poseer ciertos conocimientos sobre la evolución o la selección natural (esto es, «Conocimiento de la ciencia»). No obstante, en su conjunto, el principal requisito en materia de conocimiento consiste en valorar en qué medida son válidos los experimentos que se proponen. De ahí que el ejercicio se clasifique dentro del «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Investigación científica».

El ejercicio tuvo un rendimiento bastante satisfactorio en la prueba de campo, proporcionó unos niveles de discriminación apropiados y no suscitó problemas de adecuación significativos entre los distintos países ni en materia de sexo. Obtuvo un grado de dificultad medio.

Pregunta 10.3

¿Cuál de las siguientes afirmaciones se aplica mejor a la teoría científica de la evolución?

A. No se puede dar crédito a esa teoría porque no es posible ver cambiar a las especies.

B. La teoría de la evolución es aplicable a los animales, pero no a los seres humanos.

C. La evolución es una teoría científica que en la actualidad se basa en gran cantidad de pruebas.

D. La evolución es una teoría cuya validez ha sido demostrada mediante experimentos científicos.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 10.3

Puntuación máxima

Código 1: C. La evolución es una teoría científica que en la actualidad se basa en gran cantidad de pruebas.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Global.

Los resultados de la prueba de campo pusieron de manifiesto una serie de problemas en relación con este ejercicio. El distractor D atrajo casi tantas respuestas como la opción correcta (C). Además, hubo una variabilidad muy considerable en el grado de dificultad entre los distintos países y su nivel de discriminación fue bastante bajo en varios de ellos. En la versión que aquí figura se ha modificado ligeramente la formulación que tuvo la opción C en la prueba de campo.

© OCDE 2006

Pregunta 10.4

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Saber cómo se pueden identificar los fósiles	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Aprender más cosas sobre el desarrollo de la teoría de la evolución	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Comprender mejor la evolución del caballo actual	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

Este ejercicio se diseñó con objeto de evaluar el interés de los alumnos por la ciencia de la evolución. Al igual que ocurre con todos los otros ejercicios de actitud, figura al final de la unidad para que los alumnos hayan tenido ocasión de familiarizarse con el contexto antes de que se les pregunte por sus opiniones.

El análisis exploratorio de factores reveló que los tres asertos incidían de manera significativa en la dimensión «interés», siendo prácticamente irrelevante la incidencia en otros factores explorados. El último aserto suscitó mucho menos interés que los otros dos.

UNIDAD 11 DE CIENCIAS

La masa del pan

Para hacer la masa del pan, un cocinero tiene que mezclar harina, agua, sal y levadura. Una vez realizada la mezcla, la masa se deja reposar durante varias horas en un recipiente para que tenga lugar el proceso de fermentación. Durante la fermentación, la masa experimenta un cambio químico: la levadura (un hongo unicelular) hace que los almidones y azúcares presentes en la harina se trasformen en dióxido de carbono y alcohol.

Pregunta 11.1

La fermentación hace que la masa suba. ¿Por qué sube la masa?

A. La masa sube porque el alcohol producido se transforma en gas.

B. La masa sube porque el hongo unicelular se reproduce en su interior.

C. La masa sube porque se produce un gas, el dióxido de carbono.

D. La masa sube porque la fermentación transforma el agua en vapor.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 11.1

Puntuación máxima

Código 1: C. La masa sube porque se produce un gas, el dióxido de carbono.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

La prueba de campo puso de manifiesto que el ejercicio tenía un nivel de discriminación adecuado y una dificultad media. Sin embargo, en una serie de países, el rendimiento medio de los alumnos que eligieron la opción A resultó muy similar al de los alumnos que eligieron la opción correcta (C).

© OCDE 2006

Pregunta 11.2

A las pocas horas de haber mezclado la masa, el cocinero la pesa y advierte que ha disminuido de peso.

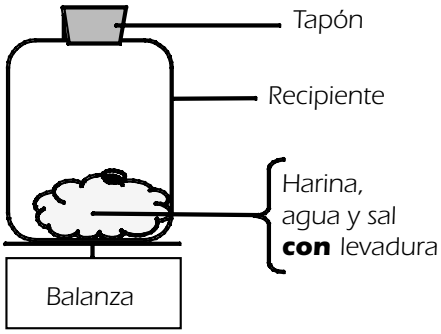
El peso de la masa es el mismo al comienzo de cada uno de los experimentos que figuran a continuación. ¿Qué dos experimentos debería comparar el cocinero para comprobar si la levadura es la causante de la pérdida de peso?

A. El cocinero debería comparar los experimentos 1 y 2.

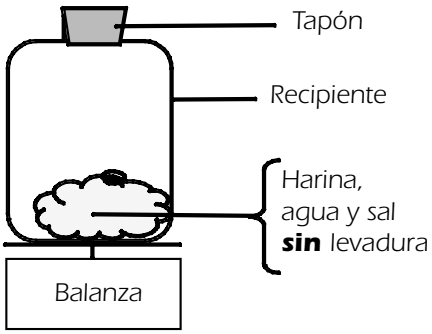
B. El cocinero debería comparar los experimentos 1 y 3.

C. El cocinero debería comparar los experimentos 2 y 4.

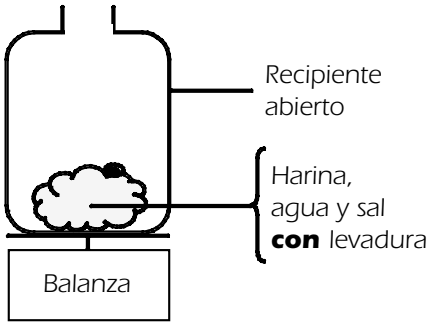
D. El cocinero debería comparar los experimentos 3 y 4.



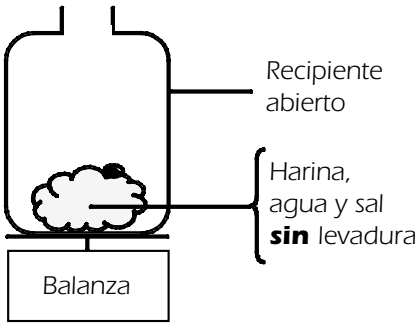
Experimento 1



Experimento 2



Experimento 3



Experimento 4

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 11.2

Puntuación máxima

Código 1: D. El cocinero debería comparar los experimentos 3 y 4.

Sin puntuación

Código 1: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

Para seleccionar la respuesta correcta, el alumno tiene que identificar la variable que deber ser modificada (presencia/ausencia de la levadura) y la variable que ha de ser controlada (los otros ingredientes). El alumno ha de darse cuenta asimismo de que la presencia del tapón impedirá que el gas se escape, lo cual entra en contradicción con la situación que se desea simular. En consecuencia, el ejercicio se clasifica como «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Investigación científica» y capacidad «Identificar cuestiones científicas».

Tan solo un cuarto de los alumnos respondió correctamente a esta pregunta en la prueba de campo y su nivel de discriminación fue bastante bajo.

Pregunta 11.3

Al añadir levadura a la masa, los almidones y los azúcares de la harina se transforman. Se produce una reacción química durante la cual se genera dióxido de carbono y alcohol.

¿De dónde provienen los *átomos de carbono* presentes en el dióxido de carbono y el alcohol?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las posibles explicaciones.

¿Es correcta esta explicación de la procedencia de los átomos de carbono?	¿Sí o No?
Algunos átomos de carbono proceden de los azúcares.	Sí / No
Algunos átomos de carbono forman parte de las moléculas de sal.	Sí / No
Algunos átomos de carbono proceden del agua.	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 11.3

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: Sí, No, No, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

Con posterioridad a la realización de la prueba de campo, se ha eliminado una opción (explicación) de este ejercicio. La opción eliminada obtuvo unas respuestas muy deficientes que incidieron negativamente en el nivel de discriminación del ejercicio. Cabe anticipar que el ejercicio revisado, aunque seguirá teniendo un grado de dificultad relativamente alto, poseerá un valor de discriminación más adecuado.

Para responder correctamente, los alumnos tienen que basarse en sus conocimientos sobre la composición a nivel atómico de los azúcares, la sal y el agua. El ejercicio pertenece al Conocimiento de la ciencia (física).

© OCDE 2006

Pregunta 11.4

Cuando la masa hinchada (fermentada) se mete en el horno para cocerla, las bolsas de gases y vapores que se encuentran en la masa se dilatan.

¿Por qué se dilatan el gas y los vapores al calentarlos?

A. Sus moléculas se agrandan.

B. Sus moléculas se mueven a mayor velocidad.

C. Sus moléculas crecen en número.

D. Sus moléculas colisionan con menos frecuencia.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 11.4

Puntuación máxima

Código 1: B. Sus moléculas se mueven a mayor velocidad.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

En este ejercicio se evalúa el conocimiento del modelo de partículas de la materia. Los distractores A y C representan dos ideas falsas bastante extendidas y fueron elegidos respectivamente por cerca del 25 % y el 20 % de los alumnos. En torno a un 45 % de los alumnos dio con la respuesta correcta.

En términos generales, el ejercicio proporcionó unos niveles de discriminación satisfactorios y tuvo un grado de dificultad medio. Sin embargo, la variabilidad en el grado de dificultad entre distintos países fue algo elevada, lo que disminuyó el carácter prioritario de su inclusión en el estudio principal.

UNIDAD 12 DE CIENCIAS

El tránsito de Venus

El 8 de junio de 2004, desde muchos lugares de la Tierra, se pudo ver como el planeta Venus pasaba por delante del Sol. Este fenómeno se conoce como el «tránsito» de Venus y tiene lugar cuando la órbita de Venus sitúa a este planeta entre el Sol y la Tierra. El anterior tránsito de Venus tuvo lugar en 1882 y está previsto que el siguiente tenga lugar en 2012.

A continuación puede verse una imagen del tránsito de Venus de 2004. Para obtenerla, se enfocó el Sol con un telescopio y luego se proyectó la imagen en una tarjeta blanca.

Pregunta 12.1

¿Por qué se observó el tránsito proyectando la imagen en una tarjeta blanca, en lugar de mirar directamente a través del telescopio?

A. La luz del Sol era demasiado brillante e impedía que se viera Venus.

B. El Sol es lo suficientemente grande para verlo sin necesidad de aumentos.

C. Mirar el Sol a través de un telescopio puede dañar los ojos.

D. Había que reducir el tamaño de la imagen proyectándola en una tarjeta blanca.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 12.1

Puntuación máxima

Código 1: C. Mirar el Sol a través de un telescopio puede dañar los ojos.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal.

© OCDE 2006

El contexto de la unidad se ocupa del Sistema Solar, por lo que en apariencia el área de conocimiento debería ser «Sistemas de la Tierra y del espacio». Pero en realidad de lo que se trata es de evaluar hasta qué punto son conscientes los alumnos del peligro que supone una luz solar muy brillante para los ojos y, por tanto, se ha clasificado como «Conocimiento de los sistemas vivos».

La inclusión de esta unidad en el estudio principal obtuvo unos índices de aceptación muy bajos, pues se pensó que a medida que transcurriera el tiempo perdería buena parte de su interés y relevancia. Por otro lado, en conjunto, su rendimiento en la prueba de campo no fue muy bueno.

En este ejercicio, la discriminación cayó en el extremo bajo de la escala de aceptabilidad, con un grado de dificultad medio en términos generales. El porcentaje de respuestas correctas obtenido por los varones tendió a ser superior al de las mujeres. En algunos países, el rendimiento medio de los alumnos que eligieron el distractor A se aproximó bastante al de los alumnos que eligieron la opción correcta (C).

Pregunta 12.2

Contemplados desde la Tierra, ¿cuál de los siguientes planetas puede verse en tránsito delante del Sol en ciertas épocas?

A. Mercurio

B. Marte

C. Júpiter

D. Saturno

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 12.2

Puntuación máxima

Código 1: A. Mercurio.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas de la Tierra y del espacio (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal/Global.

La clasificación del marco de este ejercicio plantea un dilema. El ejercicio se ocupa de la «estructura del universo», pero difícilmente puede considerarse que se trata de un conocimiento de «frontera» en un sentido global. La alternativa es considerar que el ejercicio se orienta más bien a la «comprensión personal del mundo natural» y clasificarlo, por tanto, dentro del marco «Personal» (al que también pertenecen los demás ejercicios de esta unidad). La clasificación de los ejercicios según su «Marco» y su «Área de aplicación» a menudo resulta problemática, y es importante señalar que su único propósito es garantizar que la prueba de evaluación incluye una gama de contextos apropiada.

Para responder correctamente, los alumnos deben darse cuenta de que los únicos tránsitos visibles desde la Tierra son los de aquellos planetas que se encuentran entre la Tierra y el Sol, y conocer asimismo el radio orbital de la Tierra en relación con el de los demás planetas.

En conjunto, el grado de dificultad del ejercicio en la prueba de campo fue alto, aunque presentó muchas variaciones entre unos países y otros. Por regla general, los varones obtuvieron más respuestas correctas que las mujeres. El nivel de discriminación se situó en el extremo inferior de la escala de aceptabilidad.

Pregunta 12.3

En la frase que figura a continuación se han subrayado varias palabras.

Los astrónomos predicen que, desde la perspectiva visual de Neptuno, podrá verse un tránsito de Saturno por delante de la superficie del Sol en algún momento del presente siglo.

De las palabras subrayadas, ¿cuáles resultarían las *tres* más útiles para realizar una búsqueda en una biblioteca o en Internet con objeto de averiguar el momento en que se producirá ese tránsito?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 12.3

Puntuación máxima

Código 1: Solo las respuestas que mencionen únicamente tránsito/Saturno/Neptuno.
Saturno/Neptuno/tránsito

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas, como las que incluyen cuatro palabras:
transito/Saturno/Sol/Neptuno
astrónomos/tránsito/Saturno/Neptuno

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-cerrada.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Fronteras de la ciencia y la tecnología.

Marco: Personal.

«La identificación de palabras clave para la búsqueda de información científica sobre un determinado tema» es un componente de la capacidad «Identificar cuestiones científicas», según ha quedado definida en este marco de evaluación.

El ejercicio dio un resultado bastante pobre en la prueba de campo. Su grado de dificultad resultó muy alto, como demuestra el hecho de que solo un 13 % de los alumnos obtuvieran puntuación, y surgieron problemas a la hora de encontrar una equivalencia de traducción en algunas lenguas para el enunciado principal, una circunstancia que seguramente contribuyó a incrementar la dificultad del ejercicio en algunos países. Con todo, el porcentaje medio de aciertos en los países de habla inglesa también fue de un 13 %.

© OCDE 2006

UNIDAD 13 DE CIENCIAS

¿Un riesgo para la salud?

Imagina que vives cerca de una gran planta química que produce fertilizantes agrícolas. En los últimos años se han dado en la zona varios casos de personas aquejadas de problemas respiratorios crónicos. Mucha gente de la zona cree que esos síntomas son producidos por los gases tóxicos que emite la planta de fertilizantes químicos situada en el vecindario.

Se ha convocado una reunión pública para debatir los peligros potenciales que puede representar la planta química para los residentes en la zona. A la reunión asistieron unos científicos que realizaron las siguientes declaraciones.

Declaración de los científicos contratados por la empresa química «Hemos realizado un estudio de la toxicidad del suelo en la zona. En las muestras que hemos tomado no hemos hallado ninguna prueba que indique la presencia de agentes químicos tóxicos».
Declaración de los científicos contratados por los residentes preocupados por la situación «Hemos estudiado el número de casos de problemas respiratorios crónicos en la zona y lo hemos comparado con el número de casos en una zona que se encuentra bastante más alejada de la planta química. El número de casos en la zona próxima a la planta química es mucho mayor».

Pregunta 13.1

El propietario de la planta química se basó en la declaración de los científicos contratados por la empresa para argumentar que «la emisión de gases de la planta no constituye una amenaza para la salud de las personas que residen en la zona».

Da una razón, que no sea la expuesta por los científicos contratados por los residentes, que permita poner en *duda* que la declaración de los científicos contratados por la empresa respalde la argumentación del propietario.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 13.1

Puntuación máxima

Código 1: Cualquier razón adecuada que permita poner en duda que la declaración respalde la argumentación del propietario.

- Puede no haberse identificado el carácter tóxico de las sustancias que provocan los problemas respiratorios.
- Puede que los problemas respiratorios hayan sido causados cuando las sustancias químicas se encontraban en el aire en lugar de en la tierra.
- Las sustancias tóxicas pueden cambiar/descomponerse con el paso del tiempo, de tal modo que no presenten rasgos tóxicos en el suelo.
- No sabemos si se tomó un volumen de muestras suficientemente representativo de la zona.
- Porque los científicos trabajan para la empresa.
- Los científicos tenían miedo de perder su empleo.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Riesgos.

Marco: Social.

El contexto de esta unidad tiene especial relevancia para la vida cotidiana por la relación que guarda con la capacidad que tienen las personas de emitir juicios fundados sobre un problema comunitario recurriendo a una información de carácter científico. La capacidad de los dos ejercicios de esta unidad es «Utilizar pruebas científicas».

Para este primer ejercicio, los aspectos científicos implicados son la capacidad de emitir juicios sobre la relevancia de un asunto, la idoneidad de la información suministrada y la credibilidad de dicha información, todo lo cual permite clasificarlo dentro del «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Investigación científica».

Las estadísticas obtenidas en los distintos países indicaron que el ejercicio, en su conjunto, tuvo un rendimiento bastante bueno. Su nivel de discriminación fue satisfactorio, no presentó sesgos por sexo y tuvo una dificultad media. No obstante, el grado de dificultad presentó considerables variaciones entre países. El bajo rendimiento de la interacción entre países, unido a la incomodidad que provocó entre los expertos y los representantes de los países la aceptación de unas respuestas que cuestionaban la honestidad de la investigación científica, condujeron finalmente a que tanto el ejercicio como la unidad fueran excluidos del estudio principal.

Pregunta 13.2

Los científicos contratados por los residentes en la zona compararon el número de personas con problemas respiratorios crónicos que residían cerca de la planta química y el número de casos registrados en una zona bastante alejada de la planta.

Describe una posible diferencia entre las dos zonas que te haría pensar que la comparación no fue válida.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 13.2

Puntuación máxima

Código 1: Las respuestas deben centrarse en posibles diferencias significativas que se den en las dos zonas objeto de la investigación.

- El número de personas en las dos zonas puede ser diferente.
- Una zona puede tener mejores servicios médicos que la otra.
- El porcentaje de personas mayores en una y otra zona puede ser distinto.
- Puede haber otros elementos contaminantes del aire en la otra zona.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- Puede haber grandes diferencias entre las dos zonas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Identificar cuestiones científicas.

Categoría de conocimiento: Investigación científica (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Riesgos.

Marco: Social.

© OCDE 2006

Para realizar el ejercicio, el alumno debe identificar las variables que no han sido sometidas a control y que pueden influir en el resultado de las mediciones. Dado que el tema principal hace referencia al diseño de experimentos, la clasificación es, una vez más, «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Investigación científica».

La prueba de campo demostró que el ejercicio proporcionaba un buen nivel de discriminación, aunque su dificultad era bastante alta, como demuestra el hecho de que solo un 25 % de los alumnos obtuviera puntuación.

Pregunta 13.3

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila.

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Conocer más cosas acerca de la composición química de los fertilizantes agrícolas	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Comprender qué sucede con los humos tóxicos que se emiten a la atmósfera	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Aprender más sobre las enfermedades respiratorias que pueden provocar las emisiones químicas	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

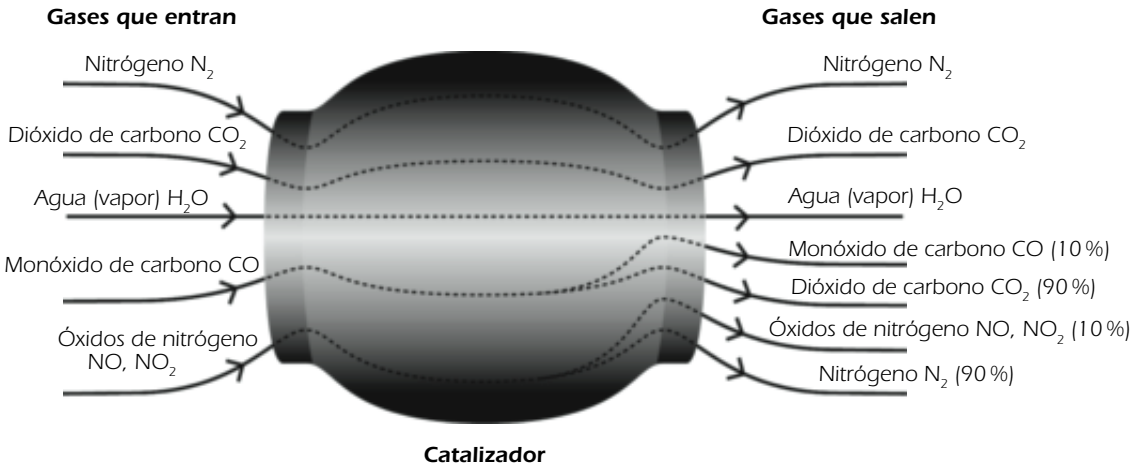
El análisis exploratorio de factores de la prueba de campo puso de manifiesto que los tres asertos incidían de forma significativa en la dimensión «interés por la ciencia». A pesar de la aparente presencia del tema de la salud y el bienestar en el segundo y el tercer asertos, apenas se advirtió la presencia de una dimensión que representara el interés/la preocupación por la salud y el bienestar. El interés mostrado por estos dos asertos fue moderado, mientras que el interés por el primero fue muy escaso.

UNIDAD 14 DE CIENCIAS

El catalizador

La mayoría de los coches modernos están equipados con un catalizador que hace que los gases de escape resulten menos nocivos para las personas y el medio ambiente.

En torno a un 90 % de los gases tóxicos son transformados en gases menos nocivos. A continuación se muestran algunos de los gases que entran en el catalizador y cómo salen de él.



Pregunta 14.1

Utiliza la información de la figura anterior para poner un *ejemplo* de cómo consigue el catalizador hacer que los gases de escape resulten menos nocivos.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 14.1

Puntuación máxima

Código 1: Respuestas que hagan mención a la conversión del monóxido de carbono, o de los óxidos de nitrógeno, en otros compuestos.

- El monóxido de carbono se transforma en dióxido de carbono.
- Los óxidos de nitrógeno se convierten en nitrógeno.
- Transforma los gases nocivos en otros gases que no lo son. Por ejemplo, CO en CO_2 (90 %).
- El dióxido de carbono y el nitrógeno no son tan nocivos como el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- Los gases se vuelven menos nocivos.
- Purifica el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno. [No es lo bastante concreta.]

Código 9: Sin respuesta.

© OCDE 2006

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia) / Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Medio ambiente.

Marco: Social.

El contexto de la contaminación atmosférica causada por los gases de escape de los vehículos es un tema relevante para la vida cotidiana de la mayoría de los ciudadanos, aunque no lo sea en la misma medida para los habitantes de las ciudades que para las personas que viven en el campo. Con anterioridad al análisis de la prueba de campo, se pensó que los ejercicios de esta unidad presentarían un cierto sesgo por razones de sexo a favor de los hombres, sin embargo, finalmente no fue así.

En términos generales, los estudiantes abordarán esta unidad con algún conocimiento previo sobre los gases que son tóxicos o perjudiciales para el medio ambiente y los que no lo son, por lo que el ejercicio podría clasificarse dentro del apartado «Conocimiento de la ciencia», categoría «Sistemas físicos». Sin embargo, en la información que suministra el gráfico, el monóxido de carbono y los óxidos de nitrógeno son los únicos gases cuya cantidad se ve reducida por efecto del catalizador, lo cual permite deducir que uno de ellos, o ambos, son los gases perjudiciales. Para quienes hagan esta deducción, el contenido científico de sus reflexiones consistirá en interpretar un diagrama que reproduce un contexto «científico». De ahí que se pueda defender la inclusión de este primer ejercicio dentro del «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Explicaciones científicas».

Pregunta 14.2

En el interior del catalizador los gases experimentan una serie de cambios. Explica lo que sucede en términos de *átomos* Y de *moléculas*.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 14.2

Puntuación máxima

Código 2: Se expresa la idea esencial de que los átomos se reorganizan para formar unas moléculas diferentes, empleando **ambos** términos.

- Las moléculas se rompen y los átomos se recombinan para formar unas moléculas diferentes.
- Los átomos se recombinan para formar moléculas diferentes.

Puntuación parcial

Código 1: Respuestas que expresan el concepto esencial de recombinación, pero sin mencionar expresamente tanto los átomos como las moléculas, O que no distinguen suficientemente entre las funciones respectivas de átomos y moléculas.

- Los átomos se recombinan para formar unas sustancias diferentes.
- Las moléculas se transforman en otras moléculas distintas.
- Los átomos y las moléculas se combinan y se separan para formar gases menos perjudiciales. [No se distinguen suficientemente los distintos papeles desempeñados por átomos y moléculas.]
- $2\ (NO_2) = N_2 + 2O_2$

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas, incluidas las que se limiten a exponer lo que ya se ha dicho en el estímulo.

- El monóxido de carbono se transforma en dióxido de carbono.
- Las moléculas se descomponen en átomos más pequeños. [No se menciona que los átomos se recombinan.]

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Medio ambiente.

Marco: Social.

En este ejercicio se evalúa de forma directa en qué medida comprenden los alumnos lo que sucede en las reacciones químicas, así como la naturaleza de los elementos (átomos y moléculas) que intervienen en ellas. De ahí su clasificación como «Conocimiento de la ciencia», categoría «Sistemas físicos».

A los alumnos les resultó bastante difícil obtener puntos por este ejercicio en la prueba de campo. En torno al 15 % obtuvo la puntuación máxima y un porcentaje similar obtuvo una puntuación parcial.

Pregunta 14.3

Vuelve a fijarte en los gases que emite el catalizador. ¿Cuál es uno de los problemas que los ingenieros y los científicos que trabajan con catalizadores deberían tratar de resolver para producir gases de escape menos nocivos?

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 14.3

Puntuación máxima

Código 1: Son aceptables las respuestas relacionadas con la necesidad de lograr una reducción de los gases nocivos que se liberan en la atmósfera.

- No todo el monóxido de carbono se convierte en dióxido de carbono.
- La conversión de los óxidos de nitrógeno en nitrógeno no es suficiente.
- Aumentar el porcentaje de monóxido de carbono que se convierte en dióxido de carbono y el porcentaje de óxidos de nitrógeno que se convierte en nitrógeno.
- El dióxido de carbono que se produce debería ser retenido para no liberarlo en la atmósfera.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

- Una transformación más completa de los gases nocivos en gases que fueran menos nocivos. [Debería mencionarse al menos uno de los gases de escape perjudiciales.]
- Deberían tratar de que salieran menos gases nocivos.
- Deberían encontrar una forma de reutilizar los gases de escape nocivos.
- Deberían tratar de diseñar un vehículo que funcionara con otro combustible líquido.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Sistemas físicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Medio ambiente.

Marco: Social.

Responder a esta pregunta requiere unos conocimientos y habilidades similares a los que se evaluaban en el primer ejercicio de la unidad (Pregunta 14.1). Por tanto, de haberse incluido la unidad en el estudio principal, se habría eliminado uno de los dos ejercicios.

© OCDE 2006

Pregunta 14.4

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca solo una casilla en cada fila.

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Conocer las cantidades de gases tóxicos que producen los distintos carburantes de los coches.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Comprender mejor lo que ocurre dentro de un catalizador.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Conocer más cosas sobre los vehículos que no emiten gases de escape tóxicos.	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

El análisis exploratorio de factores dio como resultado una incidencia significativa en la dimensión «interés por la ciencia» para los tres asertos. Asimismo, indicó una cierta incidencia en una dimensión que parecía representar el interés/preocupación por la salud y el bienestar. La última afirmación suscitó mucho más interés que las dos anteriores.

UNIDAD 15 DE CIENCIAS

Cirugía con anestesia general

La cirugía con anestesia general, que suele realizarse en salas de operaciones especialmente equipadas, es necesaria para tratar numerosas enfermedades.

Pregunta 15.1

Los pacientes que van a ser sometidos a una operación quirúrgica de este tipo son anestesiados para que no sufran dolor. La anestesia suele administrarse en forma de gas, utilizando una mascarilla que cubre la nariz y la boca del paciente.

¿Se hallan implicados en la acción de los gases anestésicos los siguientes sistemas del cuerpo humano?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada sistema.

¿Se halla implicado este sistema en la acción de los gases anestésicos?	¿Sí o No?
Sistema digestivo	Sí / No
Sistema nervioso	Sí / No
Sistema respiratorio	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 15.1

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: No, Sí, Sí, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

© OCDE 2006

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Personal/Social.

Con el tiempo, es normal que algún miembro del grupo familiar haya de ser sometido a algún tipo de intervención quirúrgica, así que el contexto de esta unidad cumple el requisito «relevancia para la vida cotidiana» que se esbozó en el marco de la evaluación. La clasificación del ejercicio dentro del marco «Personal» o «Social» depende de si el caso se juzga desde la perspectiva del paciente o desde la del hospital.

En conjunto, el ejercicio no obtuvo unos niveles de discriminación altos en la prueba de campo, principalmente debido al escaso valor discriminatorio de la última opción («Sistema respiratorio»).

Pregunta 15.2

Explica por qué se esteriliza el instrumental que se emplea en las operaciones quirúrgicas.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 15.2

Puntuación máxima

Código 1: Los alumnos mencionan la necesidad de asegurarse de que no hay bacterias/gérmenes Y que de esa forma se impide la transmisión de enfermedades.

- Para impedir que entren bacterias en el cuerpo e infecten al paciente.
- Para que no entren gérmenes en el cuerpo de otras personas que vayan a ser operadas.

Puntuación parcial

Código 12: Los alumnos mencionan la necesidad de que no haya bacterias, PERO sin añadir que de ese modo se impide la transmisión de enfermedades.

- Para eliminar los gérmenes que contengan.

Código 11: Los alumnos mencionan que al hacerlo se impide la transmisión de enfermedades, PERO sin añadir que de ese modo se eliminan las bacterias presentes en el instrumental.

- Para que no se contagie el paciente.
- Para impedir el contagio de enfermedades.

Sin puntuación

Código 1: Otras respuestas.

- Para mantenerlos limpios.
- Porque los pacientes son vulnerables durante las operaciones quirúrgicas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

El ejercicio proporcionó un nivel de discriminación bastante bueno en la prueba de campo y su dificultad fue media. En términos generales, las mujeres obtuvieron más respuestas correctas que los varones.

Dado que los codificadores tuvieron bastantes problemas a la hora de distinguir entre los códigos 11 y 12, en caso de haberse incluido el ejercicio en el estudio principal se habría eliminado la codificación de dos dígitos.

Pregunta 15.3

Puede ocurrir que después de una operación los pacientes sean incapaces de comer y beber y haya que ponerles un gota a gota (suero) que contiene agua, azúcares y sales minerales. En ocasiones, al gota a gota se le añaden también antibióticos o tranquilizantes.

¿Por qué son importantes los azúcares que se añaden al gota a gota durante el postoperatorio del paciente?

A. Porque impiden la deshidratación

B. Porque controlan el dolor durante el postoperatorio

C. Porque curan las infecciones postoperatorias

D. Porque proporcionan la nutrición necesaria

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 15.3

Puntuación máxima

Código 1: D. Porque proporcionan la nutrición necesaria.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas vivos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

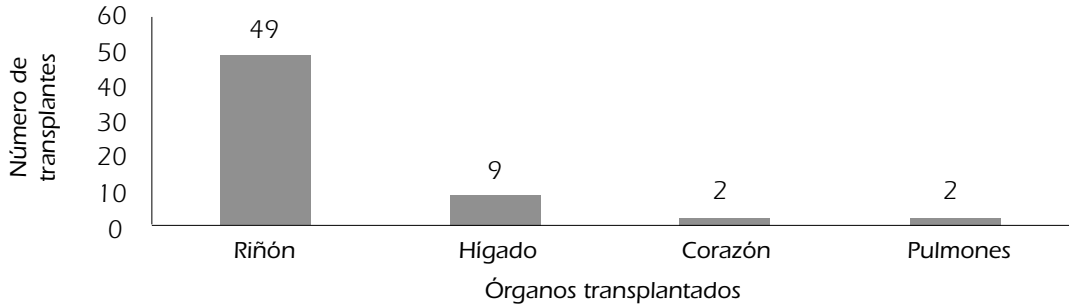
Marco: Personal/Social.

Los resultados de la prueba de campo evidenciaron que se trataba de un ejercicio muy sencillo y con un buen nivel de discriminación. En torno al 70 % de los alumnos respondieron correctamente.

 © OCDE 2006

Pregunta 15.4

Una operación con anestesia general cada vez más común es el transplante de órganos. El gráfico que figura a continuación muestra el número de transplantes que se efectuaron en un determinado hospital durante el año 2003.



¿Pueden extraerse las siguientes conclusiones del gráfico anterior?

Rodea con un círculo «Sí» o «No» para cada una de las conclusiones.

¿Puede extraerse esta conclusión del gráfico?	¿Sí o No?
Si se transplantan los pulmones, también hay que transplantar el corazón.	Sí / No
Los riñones son los órganos más importantes del cuerpo humano.	Sí / No
La mayoría de los pacientes a los que se ha realizado un transplante han padecido alguna afección en los riñones.	Sí / No

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 15.4

Puntuación máxima

Código 1: Las tres correctas: No, No, Sí, en este orden.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple compleja.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Salud.

Marco: Social.

Por medio de este ejercicio se pueden evaluar las habilidades de los alumnos a la hora de interpretar datos científicos expresados de forma gráfica, así como su capacidad para extraer de ellos las conclusiones pertinentes. Para hallar la solución del ejercicio no es necesario recurrir a ninguna información exterior a la que se suministra en el estímulo. En consecuencia, la clasificación de la pregunta sería «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Explicaciones científicas».

El ejercicio rindió muy bien en la prueba de campo, ofreció un nivel de discriminación satisfactorio y tuvo una dificultad de grado medio.

Pregunta 15.5

¿Cómo estás de interesado en la siguiente información?

Marca una sola casilla en cada fila.

		Muy interesado	Algo interesado	Poco interesado	Nada interesado
a)	Aprender cómo se esteriliza el instrumental quirúrgico	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
b)	Conocer los diferentes tipos de anestesia que pueden emplearse	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4
c)	Saber cómo se controla el grado de conciencia del paciente durante la operación	☐ 1	☐ 2	☐ 3	☐ 4

Tipo de ejercicio: Actitud.

Actitud: Interés por adquirir conocimientos sobre la ciencia.

Este ejercicio fue diseñado con el fin de evaluar el interés de los estudiantes por diversos aspectos de las ciencias quirúrgicas. Al igual que el resto de los ejercicios de actitud, figura al final de la unidad para que los alumnos hayan tenido tiempo de familiarizarse con el contexto antes de que se les pregunte por sus opiniones personales.

El análisis de exploración de factores de la prueba de campo indicó que en los tres asertos existía una cierta incidencia de la dimensión «interés por la ciencia», pero que había una mayor incidencia de otra dimensión, que se identificó como «interés y preocupación por la salud y la seguridad». El nivel de interés varió entre los distintos asertos, siendo el último el que despertó más interés y el primero el que menos.

 © OCDE 2006

UNIDAD 16 DE CIENCIAS

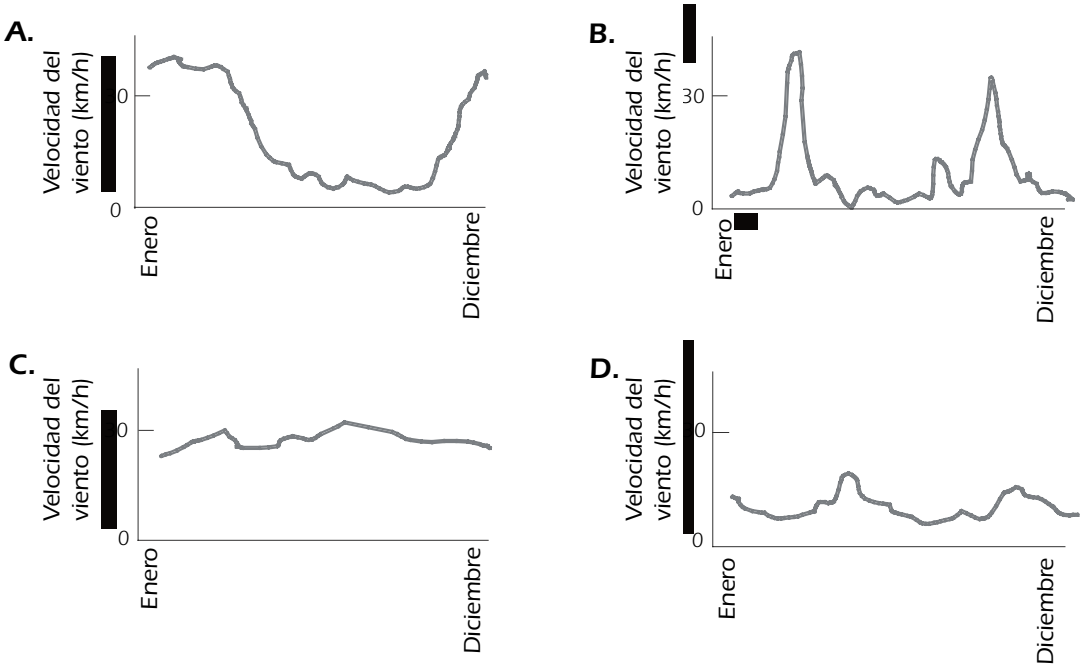
Plantas de energía eólica

Mucha gente cree que el viento debería reemplazar al petróleo y al carbón como fuente de energía para la producción de electricidad. En la imagen que aparece a continuación pueden verse unos aerogeneradores, unas estructuras provistas de unas palas que giran con el viento. Estos giros producen electricidad mediante unos generadores que son accionados por el movimiento de las palas.

Una planta eólica

Pregunta 16.1

Los gráficos que figuran a continuación muestran las velocidades medias de los vientos en cuatro lugares distintos a lo largo de un año. ¿Cuál de los gráficos corresponde al lugar más indicado donde establecer una planta eólica para generar electricidad?



Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 16.1

Puntuación máxima

Código 1: C.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Sistemas tecnológicos (Conocimiento de la ciencia) / Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Recursos naturales.

Marco: Social.

La preocupación que genera el recurso a los combustibles fósiles para producir energía eléctrica es un tema que aparece con frecuencia en los medios de comunicación. Las alternativas factibles y potenciales influyen en el modo de vida de las personas y pueden generar a su vez problemas medioambientales. Los representantes de los distintos países concedieron una prioridad especial a la inclusión de esta unidad en el estudio principal.

Para abordar este ejercicio, los estudiantes deben saber que cuanto más alta sea la velocidad del viento, mayor será la electricidad generada, y que la regularidad de la velocidad del viento supone una considerable ventaja con vistas a la distribución. Todo ello indica que el ejercicio ha de clasificarse dentro del «Conocimiento de la ciencia», categoría «Sistemas tecnológicos». Sin embargo, luego se han de interpretar los datos del gráfico a la luz de esos conocimientos, lo cual parece apuntar a una clasificación dentro del «Conocimiento acerca de la ciencia», categoría «Explicaciones científicas».

La versión de este ejercicio en la prueba de campo resultó bastante fácil, como demuestra el hecho de que el 75 % de los alumnos la respondieran correctamente. En la versión que figura aquí, el gráfico de la opción C se ha modificado a la baja, lo cual tal vez contribuya a elevar ligeramente el grado de dificultad del ejercicio.

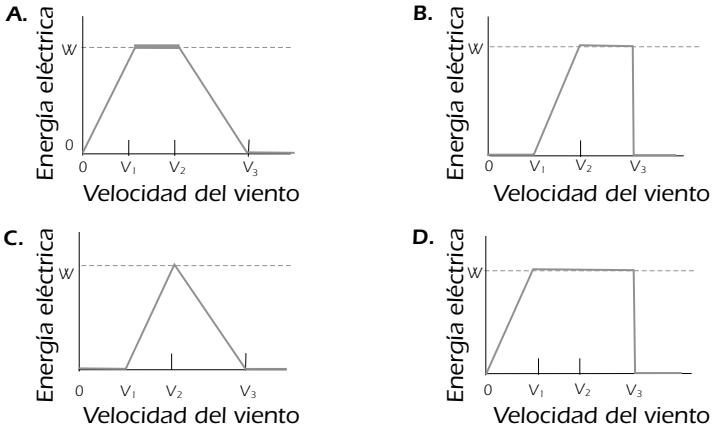
Pregunta 16.2

Cuanto más fuerte sea el viento, mayor será la velocidad de giro de las palas de los aerogeneradores, así como la energía eléctrica generada. Sin embargo, en un marco real, no existe una relación directa entre la velocidad del viento y la generación de energía eléctrica. A continuación figuran cuatro condiciones de trabajo para la generación de electricidad en una planta eólica real.

- Las palas de los aerogeneradores empiezan a girar cuando la velocidad del viento alcanza el valor V_1.
- La producción de energía eléctrica alcanza su punto máximo (W) cuando la velocidad del viento es V_2.
- Por motivos de seguridad se suele impedir que las plantas roten a mayor velocidad que la que alcanzan cuando la velocidad del viento es V_2.
- Las palas dejan de girar cuando la velocidad del viento alcanza el valor V_3.

 © OCDE 2006

¿Cuál de los siguientes gráficos representa mejor la relación que existe entre la velocidad del viento y la producción de energía eléctrica bajo estas condiciones de funcionamiento?



Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 16.2

Puntuación máxima

Código 1: B.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Utilizar pruebas científicas.

Categoría de conocimiento: Explicaciones científicas (Conocimiento acerca de la ciencia).

Área de aplicación: Recursos naturales.

Marco: Social.

A la hora de interpretar los gráficos, los estudiantes tienen que cotejar una serie de condiciones con los rasgos que aparecen representados gráficamente. Las condiciones representan un conjunto de datos de carácter técnico más que experimental. Finalmente, sin embargo, el ejercicio no fue incluido en el estudio principal por considerar que evaluaba principalmente competencia matemática y por entender que la frase inicial suministraba una información que podía ayudar a responder la pregunta anterior.

En la prueba de campo, el ejercicio tuvo una dificultad media y mostró un nivel de discriminación adecuado. No obstante, en una serie de países, el rendimiento medio de los alumnos que eligieron el distractor C no estuvo muy por debajo del rendimiento de los que optaron por la opción correcta (B).

Pregunta 16.3

A igual velocidad del viento, cuanto más altos se encuentren situados los aerogeneradores, más lenta será su rotación.

¿Cuál de las siguientes razones explica mejor por qué las palas de los aerogeneradores rotan más despacio a mayor altitud, siendo igual la velocidad del viento?

A. El aire se vuelve menos denso a medida que aumenta la altitud.

B. La temperatura baja a medida que aumenta la altitud.

C. La gravedad disminuye al aumentar la altitud.

D. Llueve con más frecuencia al aumentar la altitud.

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 16.3

Puntuación máxima

Código 1: A. El aire se vuelve menos denso a medida que aumenta la altitud.

Sin puntuación

Código 0: Otras respuestas.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Elección múltiple.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas de la Tierra y el espacio (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Recursos naturales.

Marco: Social.

Al igual que sucedió con los otros ejercicios de la unidad, los representantes de los países se mostraron muy partidarios de la inclusión de este ejercicio en el estudio principal. Sin embargo, los resultados de la prueba de campo pusieron de manifiesto una serie de aspectos que hicieron que finalmente fuera rechazado. En concreto, se apreciaron variaciones significativas en el grado de dificultad según los países, y el distractor C demostró ser bastante deficiente. En términos generales, hubo un mayor porcentaje de respuestas correctas entre los varones que entre las mujeres.

Pregunta 16.4

Describe una ventaja y una desventaja concretas del empleo del viento para generar energía eléctrica en comparación con el empleo de combustibles fósiles, como por ejemplo el carbón y el petróleo.

Ventaja .....

.....

Desventaja .....

.....

Puntuación y comentarios sobre la Pregunta 16.4

Puntuación máxima

Código 2: Se describen una ventaja y una desventaja **concretas**.

Comentario sobre los criterios de puntuación: El coste de las explotaciones eólicas se puede considerar tanto una ventaja como una desventaja, según el aspecto que se tome en consideración (por ejemplo, costes de instalación o costes de funcionamiento). De ahí que mencionar solamente los costes, sin dar otras explicaciones, no baste para obtener puntuación ni como ventaja ni como desventaja.

[Ventaja]

- No libera dióxido de carbono (CO_2).
- No consume combustibles fósiles.
- El viento es un recurso natural que no se agota.
- Una vez instalado el aerogenerador, el coste de la producción de energía eléctrico es bajo.
- No se emiten residuos ni sustancias tóxicas.
- Usa fuerzas naturales o energía limpia.
- Es respetuoso con el medio ambiente y durará mucho tiempo.

 © OCDE 2006

[Desventaja]

- No se puede generar electricidad según la demanda. [Porque no se puede controlar la velocidad del viento.]
- El número de emplazamientos adecuados para los aerogeneradores es limitado.
- Un viento fuerte puede dañar los aerogeneradores.
- La cantidad de energía producida por cada aerogenerador no es muy grande.
- En algunos casos dan lugar a contaminación acústica.
- En ocasiones los pájaros mueren al estrellarse contra los rotores.
- Afean el paisaje. [Contaminación visual.]
- Son caros de instalar.

Puntuación parcial

Código 1: Se describe o bien una ventaja correcta, o bien una desventaja correcta (como las que figuran en los ejemplos de puntuación máxima), pero no ambas.

Sin puntuación

Código 0: No se menciona ninguna ventaja o desventaja correcta. A continuación se dan algunos ejemplos de ventajas y desventajas incorrectas.

- Son buenos para el medio ambiente o la naturaleza. [Afirmación valorativa general.]
- Son malos para el medio ambiente o la naturaleza.
- Cuesta menos construir un generador de energía eólico que una central de energía que funcione con combustibles fósiles. [Esta respuesta pasa por alto que se necesitará una gran cantidad de generadores eólicos para producir la misma cantidad de energía que una central que funcione con combustibles fósiles.]
- No costará tanto.

Código 9: Sin respuesta.

Tipo de ejercicio: Respuesta construida-abierta.

Capacidad: Explicar fenómenos científicamente.

Categoría de conocimiento: Sistemas tecnológicos (Conocimiento de la ciencia).

Área de aplicación: Recursos naturales.

Marco: Social.

El amplio abanico de respuestas correctas, o parcialmente correctas, de este ejercicio creó dificultades a la hora de puntuarlo en la prueba de campo. La mayor parte de estas dificultades guardaban relación con la cuestión de «los costes», y por esa razón se ha añadido a esta versión un «comentario sobre los criterios de puntuación» que sirva para clarificar el modo en que se deben calificar las respuestas.

Anexo B

GRUPOS DE EXPERTOS DE PISA

Grupo de expertos en Ciencias

Presidente
Rodger Bybee
Estudio Curricular de Ciencias Biológicas
Colorado Springs, Estados Unidos

Eva Bartnik
Universidad de Varsovia
Varsovia, Polonia

Peter Fensham
Universidad Monash
Queensland, Australia

Paulina Korsnakova
Departamento de Evaluación Educativa
Bratislava, República Eslovaca

Robert Laurie
Departamento de Educación de New Brunswick
New Brunswick, Canadá

Svein Lie
Universidad de Oslo
Blindern, Noruega

Pierre Malléus
Ministerio de Educación Nacional, Educación Superior e Investigación
Champigneulles, Francia

Michelena Mayer
Instituto Nacional para la Evaluación de los Sistemas Educativos
Roma, Italia

Robin Millar
Universidad de York
York, Reino Unido

Yasushi Ogura
Instituto Nacional para la Investigación de las Políticas Educativas
Tokio, Japón

Manfred Prenzel
Universidad de Kiel
Kiel, Alemania

Andrée Tiberghien
Universidad de Lyon
Lyon, Francia

Grupo de expertos en Lectura

Presidente
John de Jong
Servicio de Evaluación en Lenguas
Oranjestraat, Países Bajos

Irwin Kirsch
Servicios de Evaluación Educativa
Princeton, Nueva Jersey, Estados Unidos

Marilyn Binkley
Centro Nacional de Estadística Educativa
Washington, D.C., Estados Unidos

Alan Davies
Universidad de Edimburgo
Escocia, Reino Unido

Stan Jones
Estadísticas de Canadá
Nova Scotia, Canadá

Dominique Lafontaine
Universidad de Lieja
Lieja, Bélgica

Pirjo Linnakylä
Universidad de Jyväskylä
Jyväskylä, Finlandia

Martine Rémond
IUFM de Créteil
Universidad de París 8
Andresy, Francia

Grupo de expertos en Matemáticas

Presid*ente*

Jan de Lange

Universidad de Utrecht

Utrecht, Países Bajos

Werner Blum

Universidad de Kassel

Kassel, Alemania

John Dossey

Universidad Estatal de Illinois

Eureka, Illinois, Estados Unidos

Zbigniew Marciniak

Universidad de Varsovia

Varsovia, Polonia

Mogens Niss

IMFUFA, Universidad de Roskilde

Roskilde, Dinamarca

Yoshinori Shimizu

Universidad de Tsukuba

Tsukuba-shi, Ibaraki, Japón

Obra publicada originalmente por la OCDE en inglés con el título:
Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy – A Framework for PISA 2006

© OECD 2006

© Santillana Educación S.L., 2006 para la edición española.
Obra publicada por acuerdo con la OCDE.

Traducción: Borja García Bercero
Traducción realizada por encargo de la Subdirección General de Cooperación Internacional del Ministerio de Educación y Ciencia.

Edición: Alberto Martín Baró.

PRINTED IN SPAIN
Impreso en España por

ISBN: 84-294-0692-1
CP: 888624
Depósito legal: