

TIMSS

Estudio Internacional de Tendencias  
en Matemáticas y Ciencias

# Marcos teóricos y especificaciones de evaluación de TIMSS 2003

Ina V.S. Mullis  
Michael O. Martin  
Teresa A. Smith  
Robert A. Garden  
Kelvin D. Gregory  
Eugenio J. González  
Steven J. Chrostowski  
Kathleen M. O'Connor



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CULTURA Y DEPORTE

instituto nacional  
**ince**  
de calidad y evaluación



Marcos teóricos y especificaciones  
de evaluación de TIMSS 2003



# TIMSS

Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias



Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo



The International Study Center  
Lynch School of Education

## Marcos teóricos y especificaciones de evaluación de TIMSS 2003

Ina V.S. Mullis  
Michael O. Martin  
Teresa A. Smith  
Robert A. Garden  
Kelvin D. Gregory  
Eugenio J. González  
Steven J. Chrostowski  
Kathleen M. O'Connor



MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA GENERAL DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL  
Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (INCE)  
Madrid - 2002

Marcos teóricos y especificaciones de evaluación de TIMSS 2003 / Ina V.S. Mullis... [et al.]. — Madrid : Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, Instituto Nacional de Calidad y Evaluación, 2002

112 p.

International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA)

1. Medida del rendimiento. 2. Matemáticas. 3. Ciencias de la naturaleza. 4. Enseñanza primaria. 5. Enseñanza secundaria. 6. Rendimiento. 7. Evaluación. 8. Investigación transnacional. 9. Análisis comparativo. I. Mullis, Ina V.S. II. INCE (España). III. TIMSS. IV. IEA.

371.27



MINISTERIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE  
SECRETARÍA GENERAL DE EDUCACIÓN Y FORMACIÓN PROFESIONAL  
Instituto Nacional de Calidad y Evaluación (I.N.C.E.)

Edita:

© SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA  
Subdirección General de Información y Publicaciones

N.I.P.O.: 176-02-138-6

I.S.B.N.: 84-369-3592-6

Depósito Legal: M-30431-2002

Imprime: EGESA

Título original: *TIMSS Assessment Frameworks and Specifications 2003.*

© 2002, TIMSS International Study Center.

© 2002, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. Instituto Nacional de Calidad y Evaluación.

Traducción: Michel Angstadt

Revisión: Ramón Pajares Box

Maqueta y diseño: Jorge Mennella

# Índice

Prólogo	9
---------	---

## Introducción

Visión general	17
El modelo curricular de TIMSS	17
El proceso de desarrollo de los marcos teóricos y de las especificaciones TIMSS	18
Las pruebas TIMSS	19
Las poblaciones de estudiantes evaluadas	19

## El marco teórico de las matemáticas

Visión general	23
Los dominios de contenido de las matemáticas	24
Números	25
Álgebra	27
Medición	29
Geometría	31
Datos	34
Los dominios cognitivos de las matemáticas	36
Conocimiento de hechos y de procedimientos	37
Utilización de conceptos	38
Resolución de problemas habituales	40
Razonamiento	42
Comunicarse en términos matemáticos	44
Directrices para el uso de calculadoras	44

## El marco teórico de las ciencias

Visión general	47
Los dominios de contenido de las ciencias	48
Ciencias de la vida	50
Química	56
Física	59
Ciencias de la Tierra	63
Ciencias medioambientales	67
Los dominios cognitivos de las ciencias	70
Conocimiento factual	71
Comprensión conceptual	72
Razonamiento y análisis	73
La investigación científica	75

## El marco contextual

Visión general	79
El currículum	79
Los centros educativos	81
Los profesores y su preparación	82
Las actividades y características del aula	84
Los estudiantes	86

## Diseño de la evaluación

Alcance de la evaluación	89
División del conjunto de ítems	89
Diseño de bloques para los cuadernillos	90
Tipos de preguntas y procedimientos de puntuación	92
Escalas de resultados	94
Divulgación pública de los materiales de evaluación	95
Cuestionarios de contexto	96

## Notas finales

Matemáticas	99
Ciencias	100
Marco contextual	101

## Apéndice

Coordinadores Nacionales de Investigación	102
---	-----

# Prólogo

Durante muchos años, uno de los objetivos de los estudios realizados por la IEA, la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo, ha sido el avance de la educación en ciencias y en matemáticas. Haciéndose eco del lugar primordial que ocupan estas dos áreas del currículum en todos los sistemas educativos como base y fundamento del desarrollo de sociedades capacitadas tecnológicamente, durante casi 40 años la IEA ha estado midiendo el rendimiento de los estudiantes y recopilando material contextual para facilitar el aprendizaje de las matemáticas y las ciencias.

La realización del Primer Estudio Internacional sobre Matemáticas (FIMS) se remonta a 1964, y las ciencias se evaluaron por primera vez como parte del Estudio sobre Seis Materias en 1970-71. Las matemáticas y las ciencias volvieron a ser el foco de investigaciones importantes en 1980-82 y en 1983-84, respectivamente. En 1990, la Asamblea General de la IEA decidió evaluar conjuntamente las matemáticas y las ciencias de manera regular cada cuatro años. Esta decisión supuso el primero de una serie de estudios internacionales a gran escala para medir tendencias en el rendimiento del alumnado, que comenzó con el primer TIMSS (Tercer Estudio Internacional sobre Matemáticas y Ciencias) realizado en 1995, el TIMSS Repetido de 1999, y ahora el TIMSS 2003 (con el nuevo nombre de Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias), también conocido como TIMSS Tendencias.

Para TIMSS 2003 ha supuesto un reto especial el desarrollar este conjunto de marcos teóricos, que articulan los contenidos importantes de matemáticas y de ciencias que deben haber aprendido los estudiantes, además de describir los contextos familiares y escolares que influyen sobre el rendimiento en estas materias. Es importante que estos marcos teóricos se hagan eco de cuestiones relevantes en la educación matemática y científica de hoy, al tiempo que proporcionan la visión necesaria para llevar el ciclo de estudios TIMSS más allá de la evaluación de 2003. Los presentes marcos teóricos, elaborados a comienzos del nuevo milenio, están diseñados para dar forma a futuras evaluaciones de matemáticas y ciencias de la IEA, de manera que puedan evolucionar al hilo de los tiempos, pero sin olvidar el axioma de *“si quieres medir el cambio, no cambies la medida”*.

La IEA fue fundada en 1959 con el objeto de realizar estudios comparativos de investigación sobre políticas, prácticas y resultados educativos. Desde entonces, los estudios de la IEA han aportado una comprensión más profunda del proceso educativo en cada uno de sus casi 60 países miembros y en el conjunto de ellos. La IEA tiene una Secretaría permanente en Amsterdam, Países Bajos, y un Centro de Proceso de Datos en Hamburgo, Alemania. TIMSS está dirigido por el Centro de Estudios Internacionales de la IEA, con sede en Boston College. Sin embargo, la fuerza, la calidad y el éxito de los estudios de la IEA es el fruto del conocimiento experto de sus miembros en las áreas de currículum, medición y educación y de su colaboración en la puesta en práctica de las investigaciones.

Un aspecto crucial para el éxito es asegurar la financiación necesaria para llevar a cabo el extenso trabajo de elaboración y revisión que requieren los proyectos internacionales de esta magnitud. Sin este respaldo un proyecto como TIMSS no sería posible. LA IEA está muy agradecida a la Fundación Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos, al Centro Nacional para las Estadísticas Educativas de los Estados Unidos, y también agradece las cuotas pagadas por los países participantes para ayudar a financiar el desarrollo de los marcos teóricos TIMSS presentados en esta publicación.

Los marcos teóricos TIMSS son el fruto de un esfuerzo considerable de colaboración entre personas de todo el mundo, sobre todo de los especialistas que forman el Grupo de Expertos en Matemáticas y Ciencias de TIMSS, de los Coordinadores Nacionales de Investigación de los países participantes, del personal del Centro de Estudios Internacionales de la IEA de Boston College y del personal de la Secretaría y del Centro de Proceso de Datos de la IEA. Agradezco muchísimo las aportaciones de todas las personas que han dedicado tiempo y energía a este importante y exhaustivo esfuerzo. En particular, quiero mostrar mi reconocimiento por su trabajo al Coordinador de Matemáticas, Robert Garden, y a la Coordinadora de Ciencias, Teresa Smith. Kelvin Gregory, Coordinador de TIMSS, tuvo una responsabilidad especial en la elaboración del marco contextual. El director de Operaciones y Análisis del Centro de Estudios Internacionales, Eugenio González, supervisó la elaboración del diseño de la evaluación.

Sin un centro permanentemente dedicado a coordinar proyectos como TIMSS y sin el experimentado personal del consorcio de operaciones que aplica los estudios, el éxito sería menor. Quiero dar las gracias al personal del Centro de Estudios Internacionales de Boston College, de la Secretaría de la IEA, del Centro de Proceso de Datos de la IEA, de *Statistics Canada* y de *Educational Testing Service*. Por último, quiero dar las gracias especialmente a los Co-Directores del Centro de Estudios Internacionales y de TIMSS, Ina V.S. Mullis y Michael O. Martin, por su liderazgo y dedicación a este proyecto.

**Hans Wagemaker**  
**Director Ejecutivo de la IEA**

El Centro de Estudios Internacionales (ISC), con sede en Boston College, se dedica a realizar estudios comparativos de rendimiento escolar. Sirve principalmente como Centro de Estudios Internacionales de los estudios de la IEA sobre matemáticas, ciencias y lectura: el Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS) y el Estudio Internacional de Progreso en Alfabetización Lectora (PIRLS). El personal del ISC es responsable del diseño y puesta en práctica de estos estudios. Al desarrollar y producir los marcos teóricos de TIMSS, el personal de ISC realizó un esfuerzo de colaboración que incluía una serie de revisiones por parte de un Grupo de Expertos y de los Coordinadores Nacionales de Investigación. Las personas siguientes tuvieron un papel destacado en este proceso:

Ina V.S. Mullis  
Co-Directora, TIMSS

Michael O. Martin  
Co-Director, TIMSS

Eugenio J. González  
Director de Operaciones y Análisis de Datos

Kelvin D. Gregory  
Coordinador de TIMSS

Teresa A. Smith  
Coordinadora de Ciencias

Robert A. Garden  
Coordinador de Matemáticas

Steven J. Chrostowski  
Especialista en Desarrollo

Kathleen M. O'Connor  
Especialista en Desarrollo

Christine O'Sullivan  
Consultora de Ciencias

Eugene Johnson  
Consultor de Psicometría y Metodología

## La Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA)

Al desarrollar los Marcos teóricos y especificaciones de evaluación de TIMSS, la IEA ha ofrecido un apoyo global en la coordinación entre TIMSS y los países miembros de la IEA y en la revisión de todos los elementos del diseño. Las personas siguientes están muy estrechamente vinculadas a TIMSS:

Hans Wagemaker  
Director Ejecutivo

Barbara Malak  
Jefa de Relaciones con los Miembros

Dirk Hastedt  
Centro de Proceso de Datos de la IEA

Oliver Neuschmidt  
Centro de Proceso de Datos de la IEA

### Statistics Canada

*Statistics Canada* es la responsable de recopilar y evaluar la muestra en TIMSS y de ayudar a los países participantes en la adaptación del diseño de muestreo a sus condiciones locales. Los metodólogos Pierre Foy y Marc Joncas han revisado los marcos teóricos desde una perspectiva de muestreo y han hecho muchas sugerencias útiles.

### Educational Testing Service

*Educational Testing Service* lleva a cabo la equiparación de escalas de los datos de rendimiento de TIMSS. Los investigadores Matthias Von Davier, Edward Kulick y Kentaro Yamamoto han revisado los marcos teóricos desde una perspectiva de diseño.

### Los Coordinadores Nacionales de Investigación

Los Coordinadores Nacionales de Investigación (NRC) de TIMSS trabajan con el personal del proyecto internacional para garantizar que el estudio dé respuesta a sus preocupaciones, tanto de política educativa como de índole práctica, y son los responsables de aplicar el estudio en sus países respectivos. Los NRC han revisado los sucesivos borradores de los marcos teóricos y han hecho numerosas sugerencias que han mejorado mucho el documento final. Una lista de los NRC aparece en el Apéndice.

## El Grupo Internacional de Expertos en Matemáticas y Ciencias

El Grupo de Expertos ha trabajado con el personal del Centro de Estudios Internacionales en el desarrollo de todos los aspectos de los marcos teóricos, particularmente en los marcos de matemáticas y ciencias. Hicieron recomendaciones sobre las áreas de contenidos, los dominios cognitivos, las tareas de estudio y resolución de problemas y las áreas de interés para la investigación sobre políticas educativas.

### Matemáticas

Khattab Abu-Libdeh  
*Jordania*

Anica Aleksova  
*República de Macedonia*

Kiril Bankov  
*Bulgaria*

Aarnout Brombacher  
*Sudáfrica*

Anna Maria Caputo  
*Italia*

Joan Ferrini-Mundy  
*Estados Unidos de América*

Jim Fey  
*Estados Unidos de América*

Derek Holton  
*Nueva Zelanda*

Jeremy Kilpatrick  
*Estados Unidos de América*

Pekka Kupari  
*Finlandia*

Mary Lindquist  
*Estados Unidos de América*

David Robitaille  
*Canadá*

Graham Ruddock  
*Reino Unido*

Hanako Senuma  
*Japón*

### Ciencias

K.Th. (Kerst) Boersma  
*Países Bajos*

Rodger Bybee  
*Estados Unidos de América*

Audrey Champagne  
*Estados Unidos*

Reinders Duit  
*Alemania*

Martin Hollins  
*Reino Unido*

Eric Jakobsson  
*Estados Unidos de América*

Galina Kovalyova  
*Rusia*

Svein Lie  
*Noruega*

Jan Lokan  
*Australia*

Francisco Mazzitelli  
*Argentina*

Gabriella Noveanu  
*Rumanía*

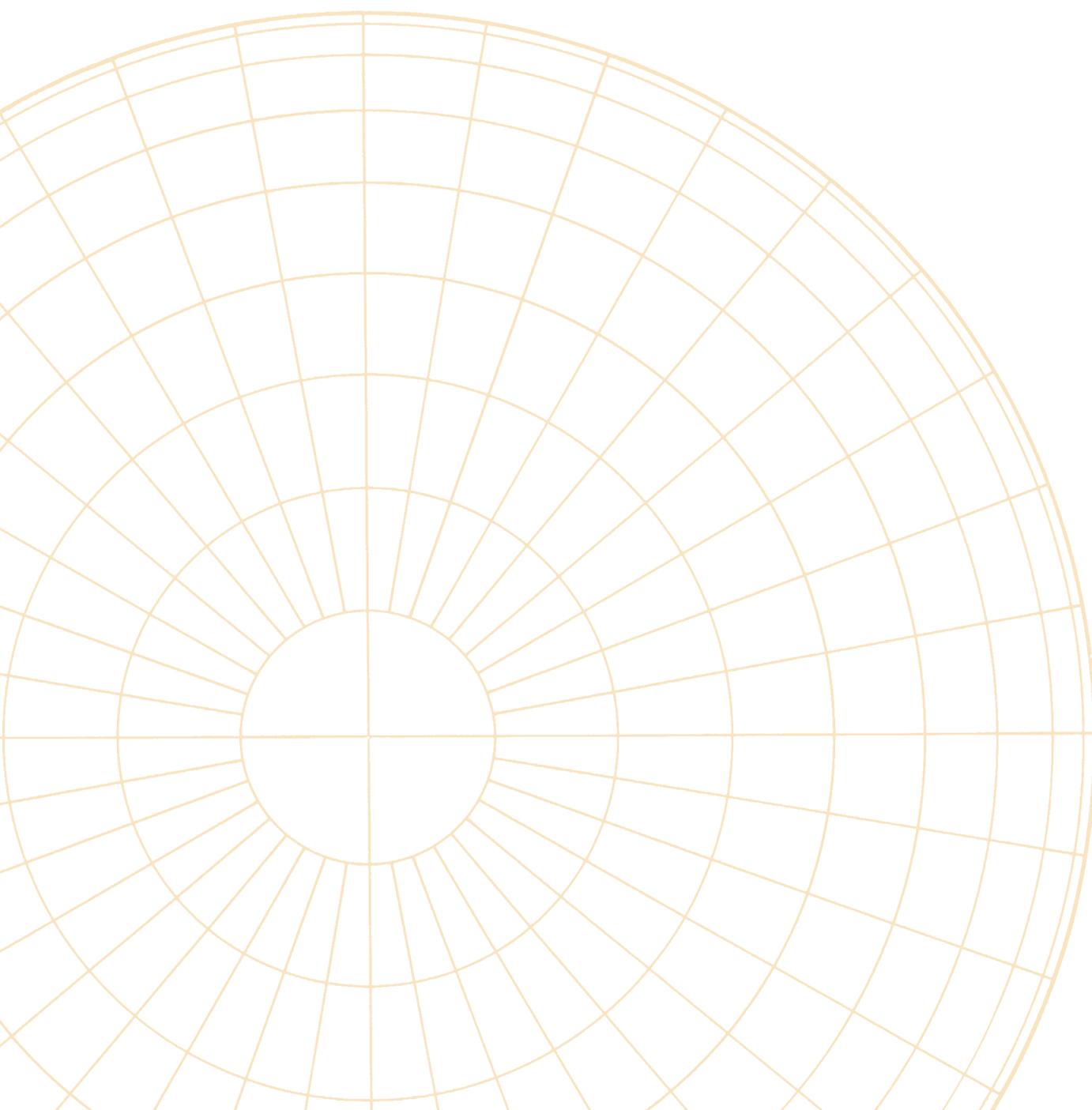
Margery Osborne  
*Estados Unidos de América*

Jana Paleckova  
*República Checa*

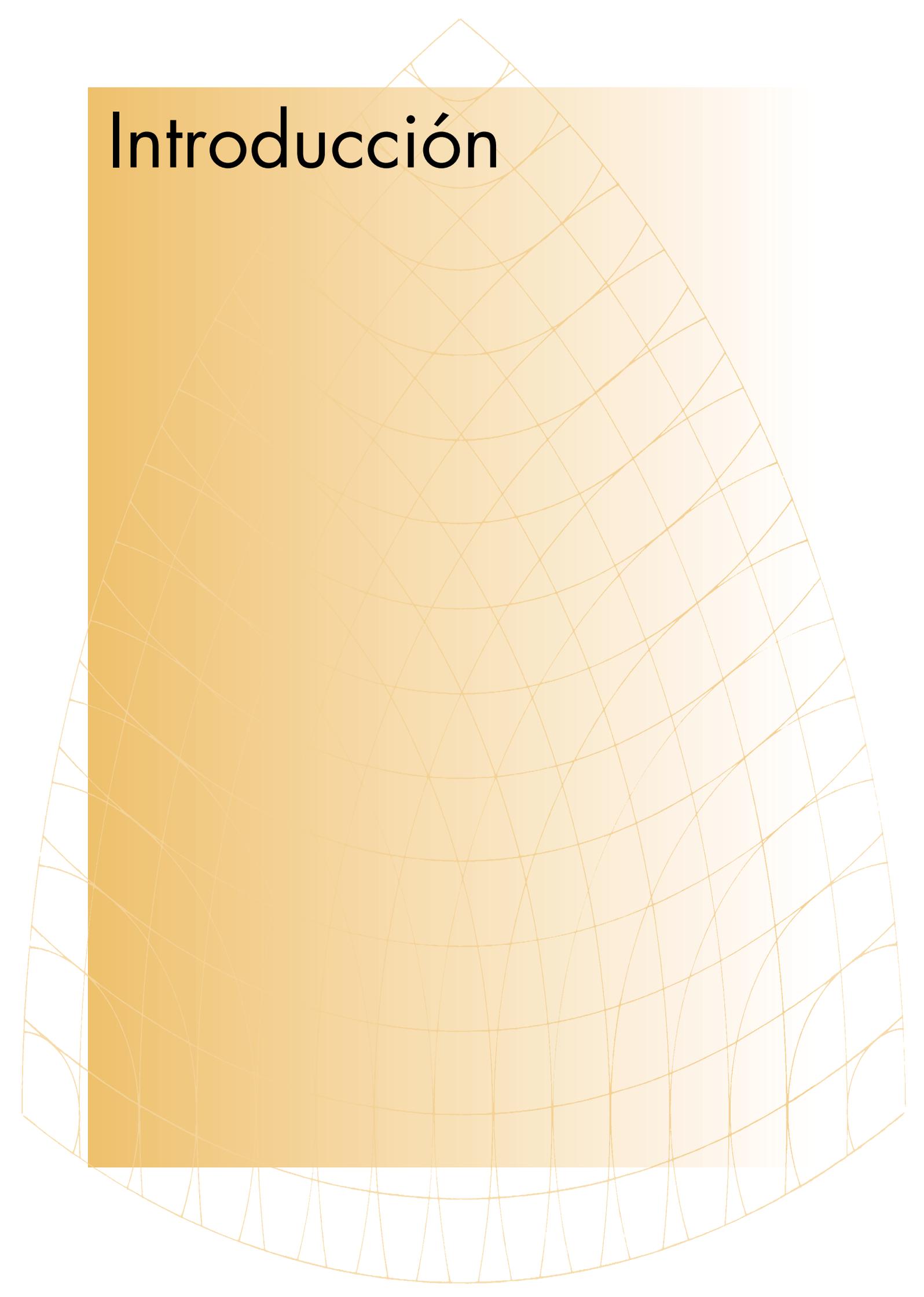
Hong Kim Tan  
*Singapur*

Khadija Zaim-Idrissi  
*Marruecos*

La financiación para el desarrollo de los marcos teóricos y especificaciones de evaluación de TIMSS fue facilitada por la Fundación Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos, el Centro Nacional de Estadísticas Educativas de los Estados Unidos y por los países participantes. En concreto, gran parte del trabajo fue posible gracias a una donación de la Fundación Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos. Janice Earle, Finbarr Sloane, Elizabeth Vander Putten y Larry Suter tuvieron un papel crucial en hacer posibles estos marcos teóricos.



# Introducción





# Introducción

## Visión general

El Estudio Internacional de Tendencias en Matemáticas y Ciencias (TIMSS<sup>1</sup>) es un proyecto de la Asociación Internacional para la Evaluación del Rendimiento Educativo (IEA). La IEA es una institución independiente de cooperación internacional que agrupa a instituciones de investigación nacionales y organismos gubernamentales y que ha estado realizando estudios transnacionales de rendimiento desde 1959.

TIMSS 2003 es el más reciente en la serie de estudios de la IEA destinados a medir tendencias en el rendimiento de los estudiantes en matemáticas y ciencias. Aparecido por primera vez en 1995 y después en 1999, el ciclo regular de estudios TIMSS proporciona a los países una oportunidad sin precedentes para medir el progreso en el rendimiento escolar en matemáticas y ciencias.

Además, para proporcionar a cada país participante amplios elementos de interpretación de los resultados de rendimiento y para hacer un seguimiento de los cambios en las prácticas didácticas, TIMSS pide a los estudiantes, a sus profesores y a los directores de los centros docentes que rellenen cuestionarios sobre el contexto de aprendizaje de las matemáticas y las ciencias. Los datos de tendencia de estos cuestionarios proporcionan una visión dinámica de los cambios en la puesta en práctica de políticas y prácticas educativas y ayudan a plantear nuevas cuestiones que son relevantes para los esfuerzos de mejora. Los datos de TIMSS han tenido un impacto duradero sobre los proyectos de reforma y desarrollo en la educación en matemáticas y ciencias de todo el mundo, lo que lleva, por una parte, a una demanda

continua de datos de tendencia para el seguimiento de los desarrollos y, por otra parte, a la necesidad de conseguir más y mejor información de interés para las políticas educativas que permita guiar y evaluar las nuevas iniciativas<sup>2</sup>.

Esta publicación, *Marcos teóricos y especificaciones de evaluación TIMSS*, sirve de base para TIMSS 2003 y para futuros ciclos. Describe con cierto detalle el contenido de matemáticas y ciencias que será objeto de futuras evaluaciones. Las áreas temáticas se concretan en objetivos específicos para los cursos cuarto y octavo<sup>3</sup>. El documento de marcos teóricos TIMSS describe también los factores contextuales asociados con el aprendizaje de las matemáticas y de las ciencias. Por último, da una visión general del diseño de la evaluación y de las directrices para el desarrollo de ítems.

## El modelo curricular de TIMSS

Sobre la base de estudios anteriores de la IEA sobre el rendimiento en matemáticas y ciencias, TIMSS utiliza el currículum, en sentido amplio, como el principal concepto organizador al considerar las oportunidades educativas ofrecidas a los estudiantes así como los factores que influyen en cómo se emplean estas oportunidades. El modelo curricular de TIMSS tiene tres aspectos: el currículum pretendido, el currículum aplicado y el currículum obtenido (véase la Figura 1). Estos aspectos representan, respectivamente, las matemáticas y las ciencias que la sociedad pretende que aprendan los estudiantes y cómo debería organizarse el sistema educativo para facilitar este aprendizaje; lo que realmente se imparte en las aulas, quién

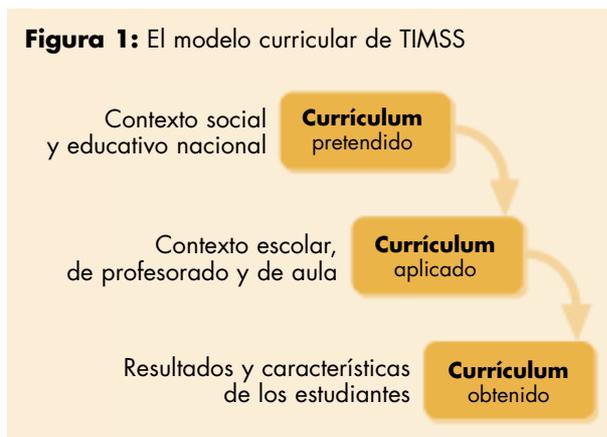
1 El nombre original era *Third International Mathematics and Science Study* (Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencias).

2 Robitaille, D.F., Beaton, A.E., y Plomp, T. (editores): *The Impact of TIMSS on the Teaching of Mathematics and Science*, Vancouver, Canadá: Pacific Educational Press, 2000.

3 *N. del T.*: El equivalente a octavo curso en el vigente sistema educativo español es segundo de la E.S.O. Se mantiene el original para simplificar.

lo imparte y cómo se imparte; y, por último, qué es lo que han aprendido los estudiantes y qué piensan de estas materias.

**Figura 1:** El modelo curricular de TIMSS



Trabajando a partir de este modelo, TIMSS utiliza pruebas de rendimiento en matemáticas y ciencias para describir el aprendizaje de los estudiantes en los países participantes, junto con cuestionarios que proporcionan una gran cantidad de información. Los cuestionarios preguntan sobre la estructura y el contenido del currículum pretendido en matemáticas y ciencias, la preparación, experiencia y actitudes de los profesores, el contenido de matemáticas y ciencias que realmente se imparte, los enfoques didácticos empleados, la organización y los recursos de los centros y las aulas y, por último, las experiencias y actitudes de los estudiantes en los centros docentes.

## El proceso de desarrollo de los marcos teóricos y las especificaciones de evaluación de TIMSS

El proceso de desarrollo de este documento comenzó con la puesta al día de los *Marcos Curriculares para Matemáticas y Ciencias*<sup>4</sup> utilizados como base para las evaluaciones de 1995 y 1999. Este proceso supuso una generalizada participación y producción de revisiones por parte de educadores de todo el mundo. Para permitir que evolucionasen los contenidos evaluados por TIMSS, se revisaron los marcos teóricos de manera que reflejasen los cambios acaecidos en la última década en los currículos y en la manera en

que se imparten las matemáticas y las ciencias. En concreto, se ampliaron los marcos teóricos para proporcionar objetivos específicos de evaluación a los estudiantes de cuarto y octavo curso, dando como resultado las especificaciones de evaluación contenidas en este documento.

Para proporcionar una base para pruebas válidas internacionalmente, los marcos de evaluación requieren una extensa aportación internacional. Deben ser apropiados para los niveles de aprendizaje de matemáticas y ciencias de las poblaciones estudiadas en los numerosos países que participan en TIMSS. Por este motivo, se pidió a los representantes de centros nacionales que tuviesen un papel activo en la contribución de críticas y consejos a medida que se iban desarrollando.

Un grupo internacional de expertos en educación y en la evaluación de matemáticas y ciencias aportó el enfoque para la forma general que debían tomar los marcos teóricos de evaluación. La Fundación Nacional de la Ciencia de los Estados Unidos proporcionó apoyo para las reuniones y el trabajo del grupo de expertos. Por medio de un proceso de iteración, se presentaron borradores sucesivos para que los comentasen y revisasen los Coordinadores Nacionales de Investigación (NRC), los comités nacionales y los miembros del grupo de expertos. Un cuestionario detallado sobre los temas incluidos en los currículos de los países participantes proporcionó datos valiosos sobre la conveniencia de evaluar determinados temas individuales de matemáticas y ciencias en los cursos cuarto y octavo.

Los marcos teóricos no constan únicamente de contenidos y comportamientos incluidos en los currículos de todos los países participantes. El objetivo de la amplia consulta curricular era garantizar que se incluyesen los objetivos de la educación matemática y científica considerados relevantes en un número significativo de países. La habilidad de los impulsores de políticas educativas para hacer juicios fundados acerca de las fortalezas y debilidades relativas de la educación matemática y científica en sus sistemas educativos depende de disponer de medidas de rendimiento basadas en lo que realmente se ha impartido a los estudiantes de sus sistemas. Esto es también un requisito necesario para el uso válido de esas medidas en muchos análisis secundarios potenciales.

4 Robitaille, D.F., y otros: *TIMSS Monograph No. 1: Curriculum Frameworks for Mathematics and Science*, Vancouver, Canadá: Pacific Educational Press, 1993.

Se consideraron los siguientes factores a la hora de decidir finalmente los dominios de contenido y los temas y objetivos de los marcos de evaluación:

- Inclusión de los contenidos en los currículos de un número significativo de países participantes.
- Alineamiento de los dominios de contenido con las categorías de resultados de TIMSS 1995 y TIMSS 1999.
- Importancia estimada de los contenidos para desarrollos futuros en la educación matemática y científica.
- Adaptación de los contenidos a las poblaciones de estudiantes que se van a evaluar.
- Su adecuación para ser evaluados en un estudio internacional de gran escala.
- Su contribución al equilibrio global y a la cobertura de los dominios de contenido y cognitivos.

## Las pruebas TIMSS

El principio capital a la hora de elaborar pruebas para los ciclos venideros del estudio es la producción de instrumentos de evaluación que generen datos de rendimiento fiables para los fines pretendidos. Sobre la base de los marcos teóricos, las pruebas de TIMSS se elaboran mediante un proceso de consenso internacional, con aportaciones de expertos en educación, matemáticas, ciencias y medición. Las pruebas contienen preguntas que requieren que los estudiantes seleccionen respuestas adecuadas o que resuelvan problemas y respondan a preguntas en un formato abierto. En cada ciclo, TIMSS hace públicas algunas preguntas de las pruebas y luego sustituye estas preguntas por otras nuevas. Como en fases anteriores de TIMSS, la mayoría de los ítems de las pruebas, al tiempo que se centran en un elemento de contenido concreto, también asumen conocimientos o destrezas de otra(s) área(s) de contenido. Además, algunos temas se han enunciado de forma más general y se espera que algunos de los ítems de nueva creación exijan a los estudiantes que sintetizen conocimientos y destrezas de más de un área. A partir de 2003, TIMSS gradualmente irá haciendo más hincapié en preguntas y tareas que

aporten una visión más precisa de las destrezas y capacidades analíticas, de resolución de problemas y de investigación que poseen los estudiantes. Para facilitar innovaciones en la elaboración de los instrumentos el plan pretende incorporar a las pruebas, en la medida de lo posible, tareas relacionadas con la investigación o la producción.

Los resultados de las pruebas TIMSS se pueden emplear para diversos fines. Los impulsores de políticas educativas y los investigadores pueden esperar obtener datos generales sobre rendimiento en matemáticas y ciencias en importantes áreas de contenido que:

- Amplíen y fortalezcan las mediciones de tendencias en matemáticas y ciencias iniciadas en TIMSS 1995 y continuadas en TIMSS 1999.
- Permitan comparaciones de rendimiento contrastadas entre países y, en conjunción con otros datos de TIMSS, sugieran razones para las diferencias.
- Mejoren la evaluación de la eficacia de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas y las ciencias en cada país.
- Resalten aspectos del crecimiento de las destrezas y los conocimientos matemáticos y científicos desde cuarto a octavo curso.
- Proporcionen datos para análisis secundarios relacionados con la elevación de los niveles de rendimiento a través de políticas educativas más informadas en los sistemas y centros educativos, y en las prácticas didácticas.

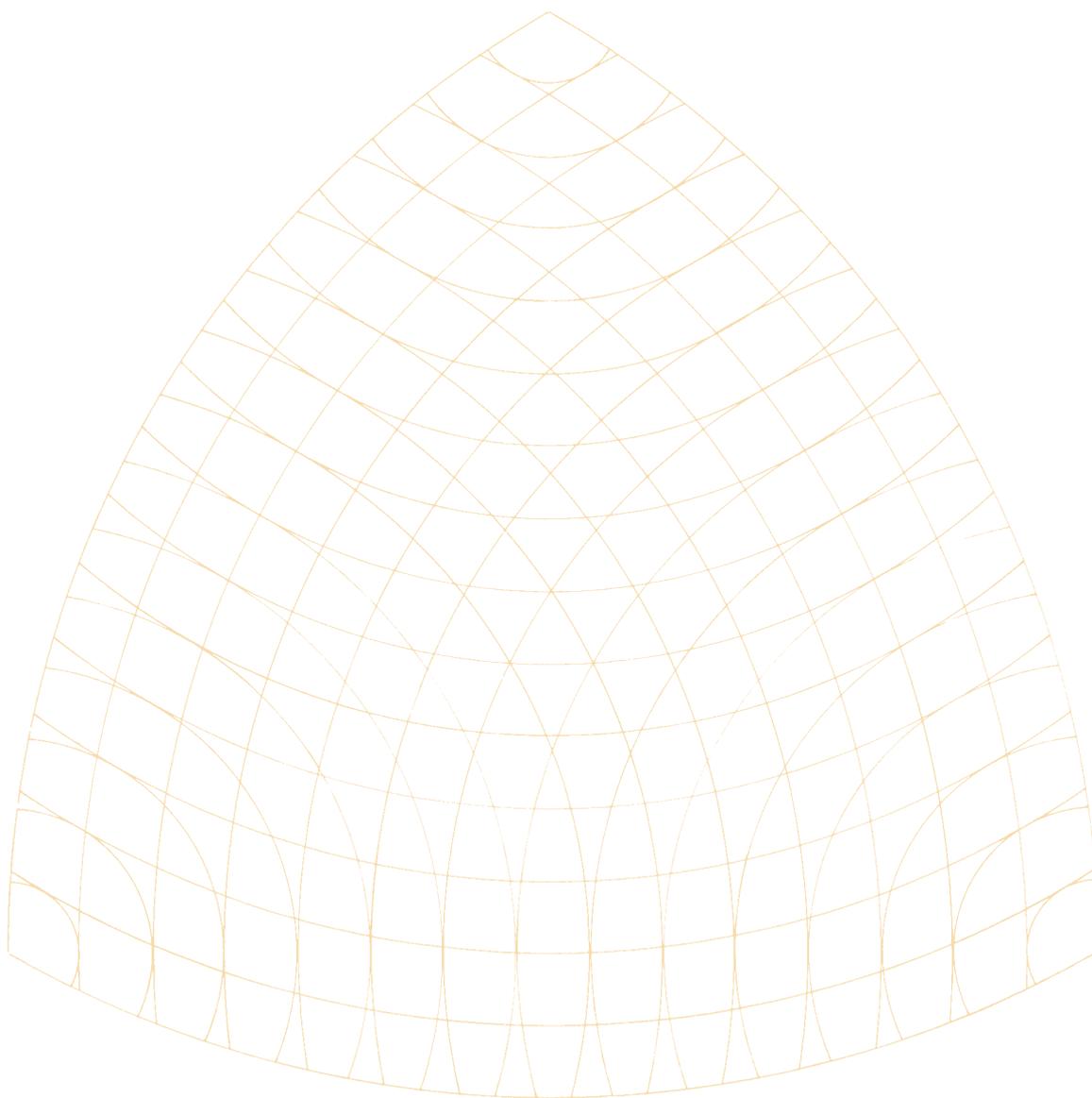
## Las poblaciones de estudiantes evaluadas

TIMSS 2003 evaluará el rendimiento en matemáticas y ciencias en dos poblaciones. Una de ellas, en ocasiones llamada la Población 1, incluye a niños de 9 y 10 años de edad. Se define como “el curso más alto de los dos cursos adyacentes con mayor número de estudiantes de 9 años”. En la mayoría de los países esto equivale al cuarto curso de la educación primaria. La otra población, llamada a veces la Población 2, incluye a niños de 13 y 14 años de edad y se define como “el curso más alto de los dos cursos adyacentes con mayor número de estudiantes de 13

años”. En la mayoría de los países, este es el octavo curso [en España es el 2º curso de la Educación Secundaria Obligatoria]. Así pues, a lo largo del resto de este documento, nos referiremos a los cursos evaluados como los cursos cuarto y octavo.

Al evaluar estos cursos utilizando las mismas poblaciones que en 1995 y 1999, TIMSS 2003 puede proporcionar datos de tendencia en tres puntos a lo largo de un período de ocho años. Además, los datos de TIMSS servirán de complemento a los del Estudio Internacional de Progreso en Alfabetización

Lectora (PIRLS) de la IEA que se llevó a cabo en 2001 con estudiantes de cuarto curso. Al participar en PIRLS y TIMSS, los países tendrán, a intervalos regulares, información sobre lo bien que leen sus estudiantes y lo que conocen y saben hacer en matemáticas y ciencias. TIMSS también complementa otro estudio internacional de rendimiento estudiantil, el Programa para el Rendimiento Internacional de los Estudiantes (PISA) de la OCDE, que valora la competencia en matemáticas y en ciencias de estudiantes de 15 años.







# El marco teórico de las matemáticas

## Visión general

El marco teórico de evaluación de las matemáticas para el ciclo TIMSS 2003 y siguientes está estructurado por dos dimensiones organizadoras, una dimensión de contenidos y una dimensión cognitiva, análogas a las utilizadas en las evaluaciones anteriores de TIMSS<sup>5</sup>. Como se detalla a continuación, cada dimensión consta de varios dominios:

### Dominios de contenido de las matemáticas

- Números
- Álgebra
- Medición
- Geometría
- Datos

### Dominios cognitivos de las matemáticas

- Conocimiento de hechos y de procedimientos
- Utilización de conceptos
- Resolución de problemas habituales
- Razonamiento

Las dos dimensiones y sus dominios constituyen el fundamento de la evaluación de las matemáticas. Los dominios de contenido definen la temática matemática específica cubierta por las pruebas. Los dominios cognitivos definen los comportamientos esperados de los estudiantes al ocuparse del contenido de matemáticas. Cada uno de los dominios de contenido tiene varias áreas temáticas (es decir,

“Números” incluye las categorías de números naturales, fracciones y decimales, enteros, así como razón, proporción y porcentaje). Cada área temática se presenta como una lista de objetivos cubiertos en la mayoría de los países participantes, bien en cuarto o bien en octavo curso<sup>6</sup>.

La Figura 2 muestra los porcentajes de tiempo de prueba dedicado a cada uno de los dominios de contenido y cognitivos según el curso. En las secciones siguientes se comentan detalladamente los dominios de contenido y cognitivos para la evaluación de las matemáticas.

**Figura 2:** Porcentajes de la evaluación de las matemáticas en TIMSS 2003 dedicados a los dominios de contenido y cognitivos, por curso.

	<b>Cuarto curso</b>	<b>Octavo curso</b>
<b>Dominios de contenido</b>		
Números	40%	30%
Álgebra*	15%	25%
Medición	20%	15%
Geometría	15%	15%
Datos	10%	15%
<b>Dominios cognitivos</b>		
Conocimiento de hechos y de procedimientos	20%	15%
Utilización de conceptos	20%	20%
Resolución de problemas habituales	40%	40%
Razonamiento	20%	25%

\* En cuarto curso, el dominio de contenido de álgebra se denomina “patrones, ecuaciones y relaciones”.

5 De modo similar, los marcos curriculares para las evaluaciones TIMSS 1995 y 1999 incluían áreas de contenido y expectativas de rendimiento (Robitaille, D.F., y otros: *TIMSS Monograph No. 1: Curriculum Frameworks for Mathematics and Science*, Vancouver: Pacific Educational Press, 1993).

6 La Introducción contiene más información acerca de los factores considerados a la hora de definir los temas y los objetivos de evaluación.



# Los dominios de contenido de las matemáticas

Como se mencionó anteriormente, los cinco dominios de contenido descritos en el marco teórico de las matemáticas, con objetivos de evaluación apropiados para cuarto o para octavo curso, son:

- Números
- Álgebra
- Medición
- Geometría
- Datos

La estructura de la dimensión de contenidos del marco TIMSS refleja la importancia de poder continuar las comparaciones de rendimiento a partir de las evaluaciones anteriores en estos dominios de contenido. La organización en temas de los dominios incluye alguna revisión menor en la definición de las categorías usadas en los ciclos de 1995 y 1999, en particular para el cuarto curso<sup>7</sup>. Sin embargo, la estructura actual permite la incorporación directa de ítems de tendencia de 1995 y 1999 en los dominios de contenido definidos para 2003. De este modo, cada dominio de contenido de las matemáticas se considera una categoría de análisis.

Los objetivos de evaluación específicos de cada curso, indicados por áreas temáticas dentro de los dominios de contenido, definen áreas de evaluación apropiadas para cada categoría. Estos objetivos específicos de cada curso están escritos en términos de comprensión o destreza de los estudiantes, que es lo que se pretende deducir de los ítems alineados con estos objetivos. Los comportamientos valorados para medir la comprensión y la destreza de los estudiantes se tratan en la sección que describe los dominios cognitivos.

Aunque la evaluación de habilidades tales como resolver problemas no habituales y razonar matemáticamente será de especial interés, también se evaluará el conocimiento factual, de procesos y conceptual que constituye la base para el desarrollo y la implantación de estas destrezas.

La resolución de problemas y la comunicación son resultados clave de la educación matemática y están asociadas a muchos de los temas del dominio de contenido. Se consideran comportamientos válidos que habrán de deducirse de los ítems de la mayoría de las áreas temáticas.

La categorización por área temática dentro del dominio de contenido en cuarto curso es paralelo al empleado en octavo. Sin embargo, no todas las áreas temáticas son apropiadas para cuarto curso. Además, los niveles matemáticos y cognitivos de los ítems elaborados de acuerdo con los objetivos de evaluación en el marco teórico habrán de ser apropiados para el curso o grupo de edad. Por ejemplo, en cuarto se hace mayor hincapié en los números que en los otros dominios.

Las secciones siguientes describen cada uno de los dominios de contenido de las matemáticas. Proporcionan una visión general de las áreas temáticas que se cubrirán en el estudio TIMSS, centrándose en las diferencias de comprensión esperadas entre los estudiantes de cuarto y octavo. Tras la descripción general de cada uno de los dominios de contenido hay un cuadro que indica un conjunto de resultados para cada una de las principales áreas temáticas. Estos resultados están redactados en términos de los comportamientos que habrán de deducirse de los ítems que ejemplifican la comprensión y habilidad esperada de los estudiantes en cada curso.

---

<sup>7</sup> Las cinco categorías usadas en el informe internacional TIMSS 1999 para octavo curso fueron: fracciones y sentido numérico; medición; representación de datos, análisis y probabilidad; geometría; y álgebra. Las seis categorías usadas en el informe internacional TIMSS 1995 para cuarto curso fueron: números naturales; fracciones y proporcionalidad; medición, estimación y sentido numérico; representación de datos, análisis y probabilidad; geometría; y patrones, relaciones y funciones.

El dominio de los números incluye la comprensión del proceso de contar, de las maneras de representar los números, de las relaciones entre los números, y de los sistemas numéricos. En cuarto y octavo, los estudiantes deben haber desarrollado el sentido numérico y la fluidez de cálculo, comprender los significados de operaciones y cómo se relacionan entre sí y ser capaces de usar números y operaciones para resolver problemas.

El dominio de los números inquiera la comprensión y las destrezas relacionadas con:

- Números naturales
- Fracciones y decimales
- Números enteros
- Razón, proporción y porcentaje

En este dominio, se hace más hincapié en cuarto que en octavo en el cálculo con números naturales. Dado que los números naturales proporcionan la introducción más sencilla a las operaciones numéricas que constituyen la base para el desarrollo de las matemáticas, el trabajo con números naturales se convierte en el fundamento de las matemáticas en la escuela primaria. La mayoría de los niños aprenden a contar desde muy jóvenes y pueden resolver problemas sencillos de sumas, restas, multiplicaciones y

divisiones en los primeros años de colegio. Los estudiantes de cuarto curso deben ser capaces de calcular con números naturales de tamaño razonable, estimar las sumas, diferencias, productos y cocientes y saber hacer cálculos para resolver problemas.

En el área de las fracciones comunes y las fracciones decimales, se hace hincapié en la representación y traslación entre formas, en comprender las cantidades representadas por los símbolos y en el cálculo y la resolución de problemas. En cuarto curso, los estudiantes deben ser capaces de comparar fracciones conocidas y decimales. En octavo, deben ser capaces de moverse con flexibilidad entre fracciones equivalentes, decimales y porcentajes usando varias estrategias.

Aunque el área temática de los números enteros no es apropiado para cuarto curso, los estudiantes de secundaria deben extender su comprensión matemática desde los números naturales a los enteros, incluyendo el orden y la magnitud, además de operaciones con números enteros.

La evaluación de la habilidad de los estudiantes para trabajar con las proporciones es otro componente importante. Los aspectos de razonamiento proporcional pueden incluir problemas de comparación numérica y cualitativa, así como problemas tradicionales de regla de tres (es decir, presentar tres valores y pedirles a los estudiantes que hallen el cuarto).

## Números: Números naturales

### Cuarto curso

- Representar números naturales mediante palabras, diagramas o símbolos, incluido el reconocimiento de números en forma expandida.
- Demostrar conocimiento del valor posicional de las cifras.
- Comparar y ordenar números naturales.
- Identificar conjuntos de números según propiedades como par e impar, múltiplos o factores.
- Calcular con números naturales.
- Estimar cálculos mediante aproximación de los números utilizados
- Resolver problemas habituales y no habituales, incluidos problemas de la vida real.

### Octavo curso

- Demostrar conocimiento del valor posicional de las cifras y de las cuatro operaciones.
- Hallar y usar factores o múltiplos de números e identificar números primos.
- Expresar en términos generales y utilizar los principios de conmutatividad, asociatividad y distributividad.
- Evaluar las potencias de los números y las raíces cuadradas de los cuadrados perfectos hasta 144.
- Resolver problemas mediante cálculo, estimación o aproximación.

## Números: Fracciones y decimales

### Cuarto curso

---

- Reconocer fracciones como partes de unidades, partes de colecciones, localizaciones en líneas numeradas y divisiones de números naturales.
- Identificar fracciones equivalentes.
- Comparar y ordenar fracciones.
- Demostrar que se comprenden los decimales.
- Representar fracciones o decimales mediante palabras, números o modelos.
- Sumar y restar fracciones con el mismo denominador.
- Sumar y restar con decimales.

**Nota:** En cuarto curso los ejercicios con fracciones tendrán como denominador 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 ó 12.  
En cuarto curso los ejercicios con decimales tendrán uno o dos decimales (décimas o centésimas de unidad).

### Octavo curso

---

- Comparar y ordenar fracciones.
- Comparar y ordenar decimales.
- Demostrar conocimiento del valor posicional de los decimales.
- Representar decimales y fracciones mediante palabras, números o modelos (incluyendo líneas numeradas).
- Reconocer y escribir fracciones equivalentes.
- Convertir fracciones en decimales y viceversa.
- Relacionar operaciones con fracciones o decimales con situaciones y modelos.
- Calcular con fracciones y decimales, incluyendo el uso de la conmutatividad, asociatividad y distributividad.
- Aproximar decimales para estimar cálculos.
- Resolver problemas con fracciones.
- Resolver problemas con decimales.

## Números: Números enteros

### Cuarto curso

---

- No se evalúa.

### Octavo curso

---

- Representar números enteros mediante palabras, números o modelos (incluyendo líneas numeradas).
- Comparar y ordenar números enteros.
- Demostrar que se comprende la suma, resta, multiplicación y división con números enteros.
- Calcular con números enteros.
- Resolver problemas con números enteros.

## Números: Razón, proporción y porcentaje

### Cuarto curso

---

- Resolver problemas con razonamiento de proporciones sencillo.

### Octavo curso

---

- Identificar y hallar razones equivalentes.
- Dividir una cantidad en una razón dada.
- Convertir porcentajes a fracciones o decimales y viceversa.
- Resolver problemas con porcentajes.
- Resolver problemas con proporciones.



Aunque las relaciones funcionales y su utilización para la modelización y la resolución de problemas son de capital interés, también es importante evaluar hasta qué punto se han aprendido los conocimientos y las destrezas que las apoyan. El dominio de contenido de álgebra incluye patrones y relaciones entre cantidades, con la utilización de símbolos algebraicos para representar situaciones matemáticas, así como la adquisición de fluidez en la producción de expresiones equivalentes y en la resolución de ecuaciones lineales.

Dado que el álgebra generalmente no se imparte en la escuela primaria, este dominio de contenido se identificará como *Patrones, ecuaciones y relaciones* en cuarto curso. En cambio, en octavo la categoría de “álgebra” reflejará la comprensión de todas las áreas temáticas siguientes.

Las principales áreas temáticas en el álgebra son:

- Patrones
- Expresiones algebraicas
- Ecuaciones y fórmulas
- Relaciones

A los estudiantes se les pedirá que reconozcan y extiendan patrones y relaciones. También se les pedirá que reconozcan y utilicen símbolos para representar situaciones en términos algebraicos. En cuarto curso, se incluye la comprensión de patrones, ecuaciones simples y la idea de funciones aplicadas a pares de números. Los conceptos algebraicos están más formalizados en octavo; en este curso los estudiantes deben centrarse en comprender las relaciones lineales y el concepto de variable. Se espera de los estudiantes de este nivel que utilicen y simplifiquen fórmulas algebraicas, resuelvan ecuaciones y desigualdades lineales y pares de ecuaciones simultáneas con dos variables, así como utilizar un cierto rango de funciones lineales y no lineales. Deben saber resolver situaciones del mundo real mediante el uso de modelos algebraicos y explicar relaciones con conceptos algebraicos.

## Álgebra: Patrones

### Cuarto curso

- Extender y hallar los términos que faltan en patrones numéricos y geométricos.
- Hacer corresponder patrones numéricos y geométricos con descripciones.
- Describir relaciones entre términos adyacentes en una secuencia o entre el número del término y el término.

### Octavo curso

- Extender secuencias o patrones numéricos, algebraicos y geométricos con palabras, símbolos o diagramas; hallar los términos que faltan.
- Generalizar relaciones de patrón en una secuencia, entre términos adyacentes o entre el número del término y el término, con palabras o símbolos.



## Álgebra: Expresiones algebraicas

### Cuarto curso

---

- No se evalúa.

### Octavo curso

---

- Hallar sumas, productos y potencias de expresiones que contengan variables.
- Evaluar expresiones para determinados valores numéricos de la(s) variable(s).
- Simplificar o comparar expresiones algebraicas para determinar la equivalencia.
- Modelizar situaciones mediante expresiones.

## Álgebra: Ecuaciones y fórmulas

### Cuarto curso

---

- Demostrar que se comprende la igualdad mediante el empleo de ecuaciones, áreas, volúmenes, masa / peso.
- Hallar el número que falta en una ecuación (p.e., si  $17 + \_ = 29$ , ¿qué número va en el hueco para que la ecuación sea verdad?).
- Modelizar situaciones sencillas con incógnitas mediante una ecuación.
- Resolver problemas con incógnitas.

### Octavo curso

---

- Evaluar fórmulas dados los valores de las variables.
- Emplear fórmulas para responder a preguntas sobre situaciones dadas.
- Indicar si un valor satisface una ecuación dada.
- Resolver ecuaciones o desigualdades lineales sencillas, así como ecuaciones simultáneas (de dos variables).
- Escribir ecuaciones o desigualdades lineales, o ecuaciones simultáneas que modelen situaciones dadas.
- Resolver problemas mediante ecuaciones o fórmulas.

## Álgebra: Relaciones

### Cuarto curso

---

- Generar pares de números siguiendo una regla dada (p.e., multiplicar el primer número por 3 y sumar 2 para obtener el segundo número).
- Escribir o seleccionar una regla para una relación, dados algunos pares de números que satisfagan la relación.
- Representar gráficamente pares de números que siguen una regla dada.
- Demostrar por qué un par de números sigue una regla dada (p.e., la regla para una relación entre dos números es "multiplicar el primer número por 5 y restar 4 para obtener el segundo número". Demostrar que cuando el primer número es 2 y el segundo es 6, la regla se cumple).

### Octavo curso

---

- Reconocer representaciones equivalentes de funciones como pares ordenados, tablas, gráficos, palabras o ecuaciones.
- Dada una función en una representación, generar una representación diferente aunque equivalente.
- Reconocer e interpretar relaciones proporcionales, lineales y no lineales (incluidos gráficos móviles y funciones sencillas).
- Escribir o seleccionar una función para representar una situación dada.
- Dado un gráfico de una función, identificar atributos tales como intercepciones de ejes o intervalos en los que la función aumenta, disminuye o permanece constante.



La medición implica asignar un valor numérico a un atributo de un objeto. Este dominio de contenido se centra en comprender los atributos mensurables y demostrar conocimiento de las unidades y los procesos empleados en la medición de diversos atributos. La medición es importante para muchos aspectos de la vida cotidiana.

El dominio de contenido de la medición comprende estas dos áreas temáticas principales:

- Atributos y unidades.
- Herramientas, técnicas y fórmulas.

Un atributo mensurable es una característica de un objeto que se puede cuantificar. Por ejemplo, los segmentos de recta tienen longitud, las superficies planas tienen área y los objetos físicos tienen masa. Aprender sobre mediciones tiene que ver con darse cuenta de la necesidad de comparar y del hecho de que se necesitan diferentes unidades para medir atri-

butos diferentes. Los tipos de unidades que los estudiantes utilizan para medir y las formas en que los utilizan deben ampliarse y cambiar según avanza por el currículum.

Tanto en cuarto como en octavo curso, los rendimientos adecuados a la edad que se esperan de los estudiantes incluyen la utilización de instrumentos y herramientas para medir atributos físicos, incluyendo la longitud, el área, el volumen, el peso/masa, el ángulo, la temperatura y el tiempo, en unidades estándar y no estándar y con conversiones entre diferentes sistemas de unidades. Se espera de los estudiantes de cuarto que empleen la aproximación y la estimación, así como fórmulas sencillas, para calcular las áreas y los perímetros de cuadrados y rectángulos. En octavo, el dominio de la medición se expande hasta incluir la medición de una ratio (tal como la velocidad o la densidad), así como la aplicación de fórmulas más complejas para medir áreas compuestas y las áreas superficiales de sólidos.

## Medición: Atributos y unidades

### Cuarto curso

- Usar unidades no estándar dadas para medir la longitud, el área, el volumen y el tiempo (p.e., clips para la longitud, baldosas para el área, terrones de azúcar para el volumen).
- Seleccionar unidades estándar apropiadas para medir la longitud, el área, la masa / el peso\*, el ángulo y el tiempo (p.e., kilómetros para viajes en coche, centímetros para la estatura humana).
- Usar factores de conversión entre unidades estándar (p.e., horas a minutos, gramos a kilogramos).
- Reconocer que las medidas totales de longitud, área, volumen, ángulo y tiempo no cambian con la posición, la descomposición en partes o la división.

### Octavo curso

- Seleccionar y usar unidades estándar apropiadas para hallar medidas de longitud, área, volumen, perímetro, circunferencia, tiempo, velocidad, densidad, ángulo, masa / peso\*.
- Usar relaciones entre unidades para conversiones dentro de sistemas de unidades y para ratios.

\* Lo apropiado es la masa, pero en estos niveles lo habitual es trabajar con el peso expresado en gramos o kilogramos. Los países en que se trabaja con la masa en cuarto y octavo enfocarán estos temas como proceda.

## Medición: Herramientas, técnicas y formas

### Cuarto curso

- Usar instrumentos con escalas lineales o circulares para medir la longitud, el peso, el tiempo y la temperatura en situaciones planteadas como problema (p.e., dimensiones de una ventana, peso de un paquete).
- Estimar la longitud, el área, el peso y el tiempo en situaciones planteadas como problema (p.e., altura de un edificio, volumen de un bloque de un material).
- Calcular las áreas y los perímetros de cuadrados y rectángulos de unas dimensiones dadas.
- Realizar mediciones en situaciones sencillas planteada como problema (p.e., tiempo transcurrido, cambio de temperatura, diferencia de estatura o peso).

### Octavo curso

- Usar herramientas estándar para medir la longitud, el peso, el tiempo, la velocidad, el ángulo y la temperatura en situaciones planteadas como problema y para dibujar segmentos de recta, ángulos y círculos de un tamaño dado.
- Estimar la longitud, la circunferencia, el área, el volumen, el peso, el tiempo, el ángulo y la velocidad en situaciones planteadas como problema (p.e., circunferencia de una rueda, velocidad de un atleta).
- Realizar cálculos con mediciones en situaciones planteadas como problema (p.e., sumar mediciones, hallar la velocidad media en un viaje, hallar la densidad de población).
- Seleccionar y usar fórmulas de medición apropiadas para el perímetro de un rectángulo, la circunferencia de un círculo, las áreas de figuras planas (incluidos círculos), las áreas superficiales y el volumen de sólidos rectangulares y ratios.
- Hallar las medidas de área irregulares o compuestas mediante cuadrículas o la disección y reordenación de piezas.
- Dar e interpretar información sobre la precisión de mediciones (p.e., límites superior e inferior de una longitud considerada de 8 cm por aproximación al centímetro más cercano).





Incluso en cuarto curso, el dominio de contenido de geometría va mucho más allá de la identificación de formas geométricas. Tanto en cuarto como en octavo curso, los estudiantes deberían saber analizar las propiedades y características de una variedad de figuras geométricas, incluyendo líneas, ángulos y formas de dos y tres dimensiones, así como dar explicaciones basadas en relaciones geométricas. El aspecto central debe ser el de las propiedades geométricas y sus relaciones. El área de contenido de geometría incluye la comprensión de la representación de coordenadas y la utilización de destrezas de visualización espacial para moverse entre formas bidimensionales y tridimensionales y sus representaciones. Los estudiantes deben ser capaces de usar la simetría y aplicar la transformación para analizar situaciones matemáticas.

Las principales áreas temáticas en la geometría son:

- Líneas y ángulos
- Formas bidimensionales y tridimensionales
- Congruencia y similitud
- Localizaciones y relaciones espaciales
- Simetría y transformaciones

El sentido espacial es un componente del estudio y de la evaluación de la geometría. El rango cognitivo se extiende desde hacer dibujos y construcciones hasta el razonamiento matemático sobre combinacio-

nes de formas y transformaciones. Tanto en cuarto como en octavo, a los estudiantes se les pedirá que describan, visualicen, dibujen y construyan diversidad de figuras geométricas, incluidos ángulos, líneas, triángulos, cuadriláteros y otros polígonos. Los estudiantes deben ser capaces de combinar, descomponer y analizar formas compuestas. Cuando lleguen a la secundaria, deben saber interpretar o crear visiones cenitales o laterales de objetos y usar su comprensión de la similitud y la congruencia para resolver problemas. Deben saber usar cuadrículas, hallar distancias entre puntos de un plano y aplicar el teorema de Pitágoras para resolver problemas del mundo real.

Tanto en cuarto como en octavo, los estudiantes deben ser capaces de reconocer la simetría de líneas y dibujar figuras simétricas. Deben saber determinar los efectos de las transformaciones. En los cursos medios, los estudiantes deben comprender y ser capaces de describir rotaciones, traslaciones y reflexiones en términos matemáticos (p.e., centro, dirección y ángulo). Según avanzan los estudiantes, la utilización del pensamiento proporcional en contextos geométricos es importante, como también lo es apuntar algunas conexiones iniciales entre la geometría y el álgebra. Los estudiantes deben ser capaces de resolver problemas mediante modelos geométricos y explicar relaciones en las que intervengan conceptos geométricos.

## Geometría: Líneas y ángulos

### Cuarto curso

- Clasificar ángulos como mayores, iguales o menores que un ángulo recto ( $90^\circ$ ).
- Identificar y describir líneas paralelas y perpendiculares.
- Comparar unos ángulos dados y colocarlos en orden de tamaño.

### Octavo curso

- Clasificar ángulos como agudos, rectos, llanos, obtusos, reflejos, complementarios y suplementarios.
- Recordar las relaciones de ángulos en un punto, ángulos sobre una línea, ángulos verticalmente opuestos, ángulos asociados con líneas paralelas transversales y perpendicularidad.
- Conocer y utilizar las propiedades de bisectores de ángulos y bisectores perpendiculares de líneas.

## Geometría: Formas bidimensionales y tridimensionales

### Cuarto curso

- Conocer y utilizar el vocabulario asociado con figuras bidimensionales y tridimensionales conocidas.
- Identificar figuras geométricas comunes en el entorno.
- Clasificar las figuras bidimensionales y tridimensionales según sus propiedades.
- Conocer las propiedades de las figuras geométricas y utilizarlas para resolver problemas rutinarios.
- Descomponer figuras y reordenar las partes para hacer figuras más sencillas.

### Octavo curso

- Recordar las propiedades de las figuras geométricas: triángulos (escaleno, isósceles, equilátero, recto) y cuadriláteros (escaleno, trapezoide, paralelogramo, rectángulo, rombo, cuadrado).
- Utilizar las propiedades de figuras geométricas conocidas en una figura compuesta para hacer conjeturas sobre las propiedades de la figura compuesta.
- Recordar propiedades de otros polígonos (pentágono, hexágono, octógono, decágono regulares).
- Construir o dibujar triángulos y rectángulos de unas dimensiones dadas.
- Aplicar propiedades geométricas para resolver problemas habituales y no habituales.
- Usar el teorema de Pitágoras (sin demostración) para resolver problemas (p.e., hallar la longitud de un lado de un triángulo rectángulo dadas las longitudes de los otros dos lados; o, dadas las longitudes de los tres lados de un triángulo, determinar si es o no un triángulo rectángulo).

## Geometría: Congruencia y similitud

### Cuarto curso

- Identificar triángulos que tienen el mismo tamaño y forma (congruentes).
- Identificar triángulos que tienen la misma forma pero diferentes tamaños (similares).

### Octavo curso

- Identificar triángulos congruentes y sus medidas correspondientes.
- Identificar cuadriláteros congruentes y sus medidas correspondientes.
- Considerar las condiciones de congruencia para determinar si triángulos con unas medidas correspondientes dadas (al menos tres) son congruentes.
- Identificar triángulos similares y recordar sus propiedades.
- Utilizar las propiedades de congruencia en situaciones matemáticas y prácticas.
- Utilizar las propiedades de similitud en situaciones matemáticas y prácticas.



## Geometría: Localizaciones y relaciones espaciales

### Cuarto curso

---

- Utilizar sistemas informales de coordenadas para localizar puntos en un plano.
- Relacionar una red con la forma a la que dará lugar.
- Reconocer relaciones entre formas bidimensionales y tridimensionales al ver redes y diferentes perspectivas bidimensionales de objetos tridimensionales.

### Octavo curso

---

- Localizar puntos por medio de líneas numeradas, cuadrículas de coordenadas, mapas.
- Utilizar pares ordenados, ecuaciones, intercepciones, intersecciones y gradiente para localizar puntos y líneas en el plano cartesiano.
- Reconocer relaciones entre formas bidimensionales y tridimensionales al ver redes y diferentes perspectivas bidimensionales de objetos tridimensionales.

## Geometría: Simetría y transformaciones

### Cuarto curso

---

- Reconocer la simetría de líneas.
- Dibujar figuras simétricas bidimensionales.
- Reconocer la traslación, la reflexión y la rotación.

### Octavo curso

---

- Reconocer la simetría lineal y rotacional para formas bidimensionales.
- Dibujar figuras simétricas bidimensionales.
- Reconocer, o demostrar mediante esbozos, la traslación, la reflexión, la rotación o el agrandamiento.
- Emplear transformaciones para explicar o establecer propiedades geométricas.





El dominio de datos incluye la comprensión de cómo recopilar datos, organizar datos recopilados por uno mismo o por otros, y la representación de datos en gráficos y tablas que serán útiles a la hora de responder a las preguntas que propiciaron la recopilación de los datos. Este dominio de contenido incluye la comprensión de cuestiones relacionadas con la interpretación errónea de datos (p.e., acerca del reciclado, la conservación o las afirmaciones de fabricantes).

El dominio de contenido de datos consta de estas áreas temáticas principales:

- Recopilación y organización de datos
- Representación de datos
- Interpretación de datos
- Incertidumbre y probabilidad

En cuarto y octavo curso, los estudiantes pueden ocuparse de sencillos planes de recopilación de datos o trabajar con datos que han sido recopilados por otros o generados por simulaciones. Deben comprender lo que significan diversos números, símbolos y puntos en representaciones de datos. Por ejemplo, deben saber reconocer que algunos números representan los valores

de los datos y otros representan la frecuencia con que ocurren esos valores. Los estudiantes deben desarrollar destreza para representar sus datos, mediante gráficos de barras, cuadros o gráficos de líneas. Deben saber comparar los méritos relativos de diversos tipos de representaciones.

Los estudiantes de cuarto y octavo deben saber describir y comparar las características de datos (forma, dispersión y tendencia central). Deben ser capaces de sacar conclusiones basadas en representaciones de datos. En octavo, los estudiantes deben saber identificar tendencias en los datos, hacer predicciones basadas en los datos evaluar lo razonables que son las interpretaciones.

La probabilidad no se valora en cuarto, mientras que en octavo los ítems de probabilidad se centran en evaluar la comprensión del concepto por parte de los estudiantes<sup>8</sup>. Ya en octavo, la apreciación de la probabilidad por parte de los estudiantes debe haber aumentado más allá de saber designar la ocurrencia de sucesos conocidos como ciertos; como teniendo mayor, igual o menor probabilidad; o como imposibles. Y deben saber calcular las probabilidades de sucesos sencillos o estimar probabilidades a partir de datos experimentales.

## Datos: Recopilación y organización de datos

### Cuarto curso

- Hacer corresponder un conjunto de datos con características apropiadas de situaciones o contextos (p.e., los resultados de tirar un dado).
- Organizar un conjunto de datos por una característica (p.e., estatura, color, edad, forma).

### Octavo curso

- Hacer corresponder un conjunto de datos, o una representación de datos, con características apropiadas de situaciones o contextos (p.e., ventas mensuales de un producto en un año).
- Organizar un conjunto de datos por una o más características mediante un gráfico de correspondencias, tabla o gráfico.
- Reconocer y describir posibles fuentes de error en la recopilación y organización de datos (p.e., sesgo, agrupamiento inapropiado).
- Seleccionar el método de recopilación de datos más apropiado (p.e., sondeo, experimento, cuestionario) para responder a una pregunta dada y justificar la elección).

<sup>8</sup> La categoría original de representación de datos, análisis y probabilidad definida en las evaluaciones de 1995 y 1999 incluía un pequeño número de ítems relativos a la incertidumbre y la probabilidad, pero dependían mucho del conocimiento de números naturales, fracciones y proporcionalidad.

## Datos: Representación de datos

### Cuarto curso

- Leer datos directamente de tablas, pictogramas, gráficos de barras y gráficos de sectores.
- Representar datos mediante tablas, pictogramas y gráficos de barras.
- Comparar y hacer corresponder diferentes representaciones de los mismos datos.

### Octavo curso

- Leer datos de gráficos, tablas, pictogramas, gráficos de barras, gráficos de sectores y gráficos de líneas.
- Representar datos mediante gráficos, tablas, pictogramas, gráficos de barras, gráficos de sectores y gráficos de líneas.
- Comparar y hacer corresponder diferentes representaciones de los mismos datos.

## Datos: Interpretación de datos

### Cuarto curso

- Comparar características de conjuntos de datos relacionados (p.e., a partir de datos o de representaciones de datos sobre las estaturas de los estudiantes de dos clases, identificar la clase con la persona más baja o alta).
- Sacar conclusiones de representaciones de datos.

### Octavo curso

- Comparar características de conjuntos de datos, empleando la media, la mediana, el rango y la forma de la distribución (en términos generales).
- Interpretar conjuntos de datos (p.e., sacar conclusiones, hacer predicciones y estimar valores entre puntos de datos dados y más allá de los mismos).
- Evaluar interpretaciones de datos con respecto a la corrección y la compleción de la interpretación.
- Usar e interpretar conjuntos de datos para responder a preguntas.

## Datos: Incertidumbre y probabilidad

### Cuarto curso

- No se evalúa.

### Octavo curso

- Juzgar la probabilidad de un suceso como cierta, más probable, igualmente probable, menos probable o imposible.
- Utilizar datos de experimentos para estimar las probabilidades de resultados favorables.
- Utilizar condiciones de problemas para calcular probabilidades teóricas de resultados posibles.



# Los dominios cognitivos de las matemáticas

Para responder correctamente a los ítems de prueba de TIMSS, los estudiantes tienen que estar familiarizados con el contenido matemático de los ítems. Igual de importante es el hecho de que los ítems han de estar diseñados para deducir el uso de destrezas cognitivas concretas. Muchas de estas destrezas y habilidades se incluyen en las listas de temas evaluables de los dominios de contenidos. No obstante, como ayuda en la elaboración de pruebas equilibradas en las que se otorga una ponderación apropiada a cada uno de los dominios cognitivos a lo largo de todos los temas, resulta indispensable obtener un conjunto completo de los resultados del aprendizaje. Así, las descripciones de las destrezas y habilidades que forman los dominios cognitivos y que se evaluarán conjuntamente con los contenidos se presentan en este marco teórico con algún detalle. Estas destrezas y habilidades deben jugar un papel central en la elaboración de ítems y en el logro de un equilibrio en los conjuntos de ítems de cuarto y octavo curso.

Los comportamientos utilizados para definir los marcos teóricos de matemáticas se han clasificado en los cuatro dominios cognitivos siguientes:

- Conocimiento de hechos y de procedimientos
- Utilización de conceptos
- Resolución de problemas habituales
- Razonamiento

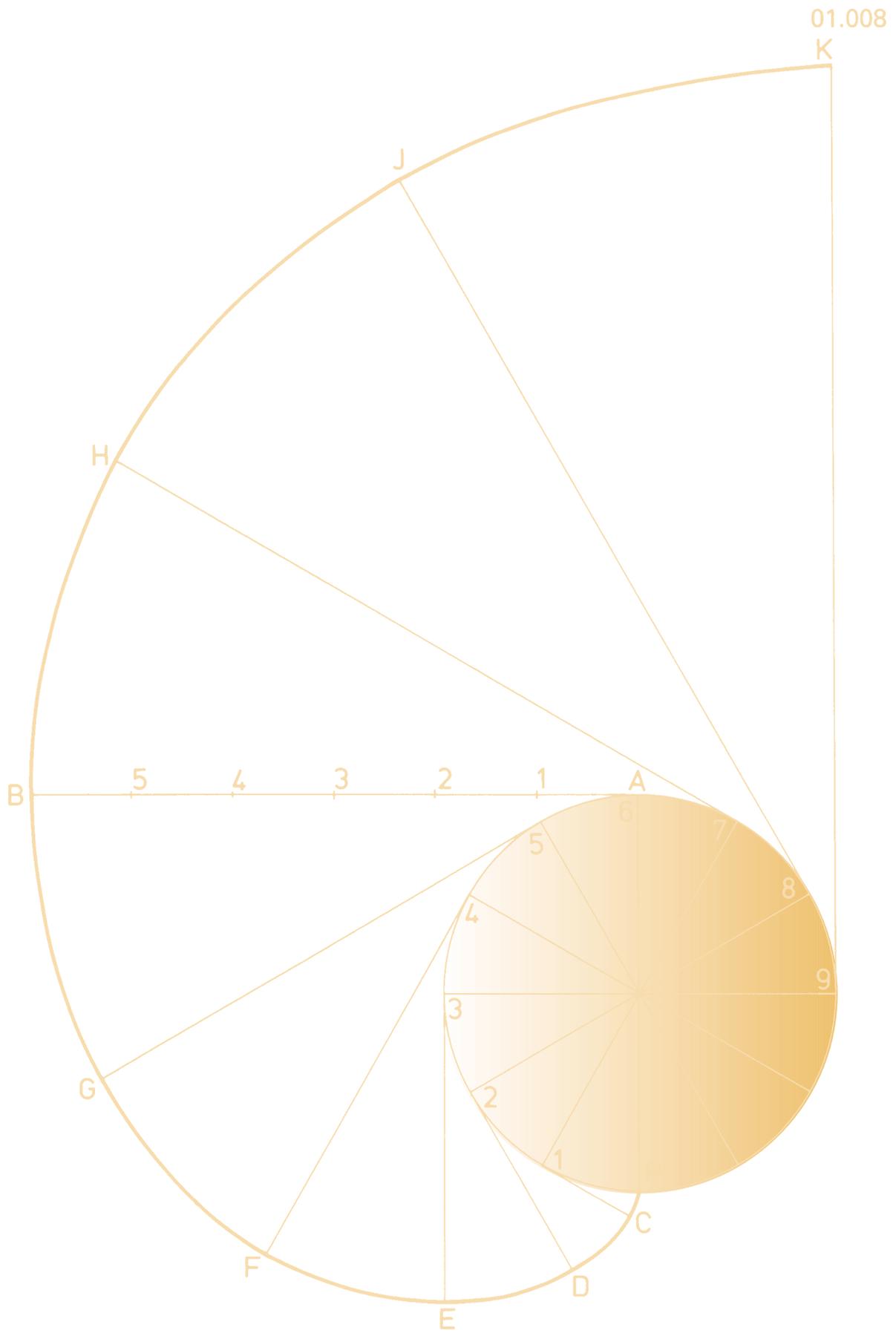
Los comportamientos específicos de los estudiantes incluidos en cada dominio cognitivo comprenden los resultados buscados por planificadores y profesionales de la educación de todo el mundo. Diferentes grupos dentro de una sociedad, e incluso entre los educadores en matemáticas, tienen diferentes puntos de vista acerca de los valores relativos de las destrezas cognitivas, o al menos acerca del énfasis relativo que se les debe otorgar en los centros educativos. TIMSS considera que todas ellas son importantes y en las pruebas se utilizarán varios ítems para medir cada una de estas destrezas.

Las destrezas y habilidades incluidas en cada dominio cognitivo ejemplifican aquellas que cabría esperar que manifestasen tener los estudiantes en las pruebas de rendimiento TIMSS. Se pretende que sean aplicables tanto para cuarto como para octavo, aunque el grado de sofisticación en la manifestación de comportamientos variará considerablemente entre los dos cursos. La distribución de ítems entre *conocimiento de hechos y de procedimientos, utilización de conceptos, resolución de problemas habituales y razonamiento* también difiere levemente entre las dos poblaciones, conforme a la experiencia matemática de los cursos o grupos de edad (véase la Figura 2).

Al desarrollarse la pericia matemática de los estudiantes con la interacción de experiencia, instrucción y madurez, el énfasis curricular se traslada de situaciones relativamente sencillas a tareas más complejas. En general, la complejidad cognitiva de las tareas aumenta de un dominio cognitivo al siguiente. Se pretende permitir una progresión desde el conocimiento de un hecho, procedimiento o concepto hasta la utilización de ese conocimiento para resolver un problema y desde la utilización de ese conocimiento en situaciones poco complicadas a la habilidad de embarcarse en el razonamiento sistemático.

No obstante, la complejidad cognitiva no debe confundirse con la dificultad de los ítems. Para la práctica totalidad de las destrezas cognitivas enumeradas, es posible crear ítems relativamente fáciles así como ítems muy exigentes. Al desarrollar ítems que correspondan con las destrezas, se espera obtener una gama de dificultades de ítems para cada una, y esa dificultad no debe afectar a la designación de la destreza cognitiva.

Las secciones siguientes continúan describiendo los comportamientos, destrezas y habilidades de los estudiantes empleados en la definición de cada dominio cognitivo con respecto a las capacidades generales esperadas de los estudiantes. Tras las descripciones hay una tabla que indica los comportamientos específicos que deben ser deducidos por los ítems correspondientes a cada destreza en cada dominio, a veces con ejemplos de ítems de pruebas a modo de ilustración.



# Conocimiento de hechos y de procedimientos



La facilidad para el uso de las matemáticas o para el razonamiento acerca de situaciones matemáticas depende primordialmente del conocimiento matemático. Cuanto más relevante sea el conocimiento que un estudiante es capaz de recordar, mayor será su potencial para enfrentarse a una amplia gama de situaciones planteadas como problema. Sin el acceso a una base de conocimiento que posibilite recordar fácilmente el lenguaje y los hechos básicos y convenciones de los números, la representación simbólica y las relaciones espaciales, a los estudiantes les resultaría imposible el pensamiento matemático dotado de finalidad.

Los *hechos* engloban el conocimiento factual que constituye el lenguaje básico de las matemáticas, así

como las propiedades y los hechos matemáticos esenciales que forman el fundamento del pensamiento matemático.

Los *procedimientos* forman un puente entre el conocimiento más básico y el uso de las matemáticas para resolver problemas habituales, especialmente aquellos con que se encuentran muchas personas en su vida cotidiana. En esencia, el uso fluido de procedimientos implica recordar conjuntos de acciones y cómo llevarlas a cabo. Los estudiantes han de ser eficientes y precisos en el uso de diversos procedimientos y herramientas de cálculo. Tienen que saber que se pueden utilizar procedimientos concretos para resolver clases enteras de problemas, no sólo problemas individuales.

## Conocimiento de hechos y de procedimientos

### Recordar

Recordar definiciones; vocabulario; unidades; hechos numéricos; propiedades de los números; propiedades de las figuras planas; convenciones matemáticas (p.e., notación algebraica como  $a \times b = ab$ ,  $a + a + a = 3a$ ,  $a \times a \times a = a^3$ ,  $a/b = a : b$ ).

### Reconocer/Identificar

Reconocer o identificar entidades matemáticas que sean equivalentes, es decir, áreas de partes de figuras para representar fracciones, fracciones conocidas, decimales y porcentajes equivalentes; expresiones algebraicas simplificadas; figuras geométricas simples orientadas de modo diferente.

### Calcular

Conocer procedimientos algorítmicos para  $+$ ,  $-$ ,  $\times$ ,  $:$  o una combinación de estas operaciones; conocer procedimientos para aproximar números, estimar medidas, resolver ecuaciones, evaluar expresiones y fórmulas, dividir una cantidad en una razón dada, aumentar o disminuir una cantidad en un porcentaje dado. Simplificar, descomponer en factores, expandir expresiones algebraicas y numéricas; reunir términos semejantes.

### Usar herramientas

Usar las matemáticas y los instrumentos de medición; leer escalas: dibujar líneas, ángulos o figuras según unas especificaciones dadas. Dadas las medidas necesarias, usar regla y compás para construir la mediatriz de una línea, la bisectriz de un ángulo, triángulos y cuadriláteros.



# Utilización de conceptos

Estar familiarizado con *conceptos* matemáticos es esencial en la utilización efectiva de las matemáticas para la resolución de problemas, para el razonamiento y, por tanto, para el desarrollo de la comprensión matemática.

El conocimiento de conceptos permite a los estudiantes hacer conexiones entre elementos de conocimiento que, en el mejor de los casos, sólo serían

retenidos como hechos aislados. Les permite extenderse más allá de sus conocimientos existentes, juzgar la validez de enunciados y métodos matemáticos y crear representaciones matemáticas. La representación de ideas forma el núcleo del pensamiento y de la comunicación matemáticas y la capacidad de crear representaciones equivalentes es fundamental para el éxito en la materia.

## Utilización de conceptos

### Saber

Saber que la longitud, el área y el volumen se conservan en determinadas condiciones; tener una apreciación de conceptos tales como inclusión y exclusión, generalidad, igualdad de probabilidades, representación, prueba, cardinalidad y ordinalidad, relaciones matemáticas, valor posicional de las cifras.

Ej. de cuarto: Decidir si el área de un papel es mayor, igual o menor después de cortar una hoja de papel en tiras (la ilustración muestra la hoja completa y las tiras separadas).

Ej. de octavo: Saber que si en cinco tiradas seguidas de una moneda sale "cara", el resultado de la siguiente tirada tiene la misma probabilidad de ser "cara" que de ser "cruz".

### Clasificar

Clasificar o agrupar objetos, figuras, números, expresiones e ideas según propiedades comunes; tomar decisiones correctas con relación a la pertenencia a una clase; ordenar números y objetos según sus atributos.

Ej. de cuarto: Seleccionar los triángulos de entre un conjunto de figuras geométricas de diversas formas y números de lados.

Ej. de octavo: Agrupar pares de cantidades (longitudes, pesos, costes, etc.) en los que la primera cantidad sea mayor que la segunda cantidad.

### Representar

Representar números mediante modelos; representar información matemática de datos en diagramas, tablas, cuadros, gráficos; generar representaciones equivalentes de una entidad o relación matemática dada.

Ej. de cuarto: Sombrear zonas de figuras para representar fracciones dadas.

Ej. de octavo: Dada una función, generar pares ordenados que describan esa función.



---

**Formular**

Formular problemas o soluciones que puedan ser representados por ecuaciones o expresiones dadas.

Ej. de cuarto: María ha leído 29 páginas de un libro. Si el libro tiene 87 páginas, en la ecuación  $87 - \underline{\quad} = 29$ , el espacio en blanco contiene el número de páginas que le quedan por leer. Inventa otra situación para la que valdría esta ecuación.

Ej. de octavo: La ecuación  $4x + 3 = 51$  se podría usar para resolver este problema: Hay cuatro cajas llenas de pelotas de golf y sobran 3 pelotas. Si en total hay 51 pelotas, ¿cuántas hay en cada caja? Inventa un problema que se podría resolver mediante la ecuación  $25 - 3x = 1$  (no hay que resolver la ecuación).

---

**Distinguir**

Distinguir preguntas que se pueden plantear con información dada, por ejemplo un conjunto de datos, de aquellas que no se pueden plantear así.

Ej. de cuarto: Dado un gráfico de barras, seleccionar de entre un conjunto de preguntas aquellas para las cuales se pueden obtener respuestas con el gráfico.

Ej. de octavo: Dados los pesos de los chicos de una clase, determinar para cuáles de las preguntas siguientes se pueden hallar respuestas: ¿Cuál es el peso medio de los chicos de la clase? En media, pesan más los chicos de la clase que las chicas? ¿Cuántos chicos pesan más de 70 kg? ¿A qué curso pertenece esta clase?





# Resolución de problemas habituales

A los estudiantes se les debe educar para que reconozcan que las matemáticas son un gran logro de la humanidad y para que aprecien su naturaleza. No obstante, el conocimiento matemático por sí mismo probablemente no sea la razón más imponente para la inclusión universal de las matemáticas en los currículos escolares. Una de las razones primordiales para incluir las matemáticas es el conocimiento de que la efectividad como ciudadano y el éxito laboral mejoran mucho por el hecho de saber y —lo que es más importante— poder utilizar las matemáticas. Con el avance de la tecnología y de los métodos de gestión modernos, se ha incrementado el número de profesiones que exigen un alto nivel de capacitación en la utilización de las matemáticas o de los modos de pensar matemáticos.

La resolución de problemas es un objetivo —y a menudo un medio— central en la enseñanza de las matemáticas y por tanto esto y las destrezas de apoyo (p.e., manipular expresiones, seleccionar, representar, verificar o comprobar) tienen un papel destacado en el dominio de *resolución de problemas habituales*. En los ítems alineados con este dominio, el planteamiento de los problemas tiene un carácter más habitual o familiar que los que se alinean con el dominio del razonamiento. Los problemas habituales habrán sido práctica común en los ejercicios de clase diseñados para ejercitar la utilización de métodos o técnicas particulares. Algunos de estos problemas se habrán

expresado con términos que ponen la situación del problema en un contexto casi real. La resolución de otros problemas “de libro de texto” exigirá un conocimiento ampliado de propiedades matemáticas (p.e., resolver ecuaciones). Aunque la dificultad varía, se espera que este género de problemas de “libro de texto” resulte suficientemente conocido para los estudiantes; esencialmente tendrán que ver con seleccionar y aplicar procedimientos aprendidos.

La resolución de problemas es un resultado deseado de la instrucción matemática vinculada con muchos temas matemáticos. Además de enunciarse explícitamente en los comportamientos enumerados para algunos temas con el fin de subrayar áreas en que la resolución de problemas es de particular importancia, los ítems TIMSS de otras áreas temáticas también requerirán soluciones a problemas matemáticos. Los problemas se pueden plantear en situaciones de la vida real, o pueden tener que ver con preguntas puramente matemáticas en las que hay que utilizar, por ejemplo, expresiones numéricas o algebraicas, funciones, ecuaciones, figuras geométricas o conjuntos de datos estadísticos. Por tanto, resolver problemas se ha incluido no sólo en el área de resolución de problemas habituales sino también en la de razonamiento, dependiendo de si a los estudiantes se les pide que resuelvan problemas usuales o problemas menos habituales en la práctica didáctica cotidiana (véase lo que sigue).

## Resolución de problemas habituales

### Seleccionar

Seleccionar o usar un método o estrategia eficiente para resolver problemas en los que haya un algoritmo o método de solución conocido, es decir, un algoritmo o método que cabría esperar que resultase conocido para los estudiantes. Seleccionar algoritmos, fórmulas o unidades apropiadas.

Ej. de cuarto: Una clase va a dar un concierto y los 28 alumnos de la clase tienen que vender 7 entradas cada uno. Para hallar el número total de entradas, hay que: dividir 28 entre 7; multiplicar 28 por 7; sumar 7 a 28; etc.

Ej. de octavo: Dado un problema que se puede representar con una ecuación sencilla, seleccionar la ecuación apropiada.

### Representar

Generar una representación apropiada, por ejemplo una ecuación o un diagrama, para resolver un problema común.

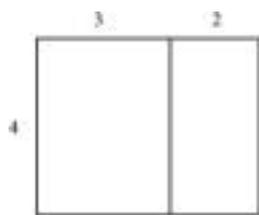
---

**Interpretar**

Interpretar representaciones matemáticas dadas (ecuaciones, diagramas, etc.); seguir y ejecutar un conjunto de instrucciones matemáticas.

Ej. de cuarto: Dada una figura o un procedimiento poco conocido (pero no complejo), escribe las instrucciones orales que darías a otros estudiante para que reprodujera la figura.

Ej. de octavo: Dado un conjunto de expresiones que incluya  $4(3 + 2) = 4 \times 3 + 4 \times 2$ , ¿cuál de ellas puede representarse mediante el diagrama?



---

**Aplicar**

Aplicar conocimientos de hechos, procedimientos y conceptos para resolver problemas matemáticos habituales (incluidos problemas de la vida real), es decir, problemas similares a los que probablemente hayan visto los estudiantes en clase.

---

**Verificar o Comprobar**

Verificar o comprobar la corrección de la solución a un problema; evaluar lo razonable que es la solución de un problema.

Ej. de cuarto: Mario hace una estimación del área de una habitación de su casa en metros cuadrados. Su estimación es de 1.300 metros cuadrados. ¿Puede ser una buena estimación? Explicar por qué.

Ej. de octavo: Jaime quiere saber cuánto puede recorrer un avión en 3,5 horas a su velocidad máxima de 965 km/h. Usa su calculadora para multiplicar 3,5 por 965 y le dice a su amiga Jenny que la respuesta es 33.775 km. Juana le dice "no puede ser". ¿Cómo lo sabe?





# Razonamiento

El *razonamiento* matemático implica la capacidad de pensamiento lógico y sistemático. Incluye el razonamiento intuitivo e inductivo basado en patrones y regularidades que se pueden utilizar para llegar a soluciones para problemas no habituales. Los problemas no habituales son problemas que muy probablemente no resulten conocidos para los estudiantes. Plantean unas exigencias cognitivas que superan lo necesario para resolver problemas habituales, aun cuando el conocimiento y las destrezas requeridas para su solución se hayan aprendido. Los problemas no habituales pueden ser puramente matemáticos o pueden estar enmarcados en la vida real. Ambos tipos de ítems implican la transferencia de conocimiento y

destrezas a nuevas situaciones; una de sus características es que suele haber interacciones entre destrezas de razonamiento.

La mayoría de los demás comportamientos enumerados dentro del dominio de razonamiento son aquellos que se pueden aprovechar al pensar en estos problemas y resolverlos, pero cada uno de ellos por sí solo es un resultado valioso de la educación matemática, con potencial para influir de un modo más general en el pensamiento de los que aprenden. Por ejemplo, el razonamiento implica la habilidad de observar y hacer conjeturas. También implica hacer deducciones lógicas basadas en reglas y supuestos específicos y justificar los resultados.

## Razonamiento

### Formular hipótesis, conjeturar o predecir

Hacer conjeturas adecuadas al investigar patrones, discutir ideas, proponer modelos, examinar conjuntos de datos; especificar un resultado (número, patrón, cantidad, transformación, etc.) que resultará de una operación o experimento antes de que se lleve a cabo.

Ej. de octavo: Los primos gemelos son números primos que tienen un solo número entre ellos. Así, 5 y 7, 11 y 13, 17 y 19 son pares de primos gemelos. Haz una conjetura acerca de los números que hay entre primos gemelos.

### Analizar

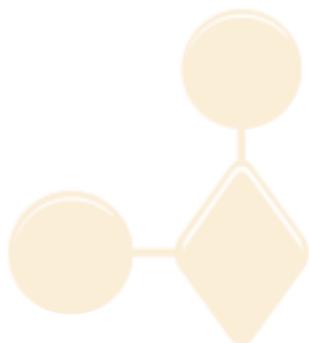
Determinar y describir o usar relaciones entre variables u objetos en situaciones matemáticas; analizar datos estadísticos univariantes; descomponer figuras geométricas para simplificar la resolución de un problema; dibujar la red de un sólido dado poco conocido; hacer inferencias válidas a partir de información dada.

### Evaluar

Discutir y evaluar críticamente una idea matemática, conjetura, estrategia de resolución de problemas, método, demostración, etc.

Ej. de cuarto: Dos pintores usan dos latas de pintura para pintar una valla. Después tienen que usar la misma clase de pintura para pintar una valla que sea el doble de larga y el doble de alta. Uno de los dice que necesitarán el doble de pintura para pintar la valla. Indica si el pintor tiene razón y aporta razones para respaldar tu respuesta.

Ej. de octavo: Comenta un sondeo con fallos evidentes (muestra demasiado pequeña, muestra no representativa, etc.).



---

**Generalizar**

Extiende el dominio al que son aplicables el resultado del pensamiento matemático y la resolución de problemas mediante la reexposición de resultados en términos más generales y más aplicables.

Ej. de cuarto: Dado el patrón 1, 4, 7, 10, ..., describe la relación entre cada término y el siguiente e indica el término siguiente a 61.

Ej. de octavo: Dado que la suma de los ángulos de un triángulo son dos ángulos rectos, y dadas unas figuras de polígonos de 4, 5 y 6 lados divididos en triángulos, describe la relación entre el número de lados de cualquier polígono y la suma de sus ángulos en ángulos rectos.

---

**Conectar**

Conectar conocimientos nuevos con conocimientos existentes; hacer conexiones entre diferentes elementos de conocimiento y representaciones relacionadas; vincular ideas u objetos matemáticos relacionados.

Ej. de octavo: Un triángulo ABC tiene los lados  $AB = 3$  cm,  $BC = 4$  cm y  $CA = 5$  cm. ¿Cuál de las siguientes es el área del triángulo: 6 cm<sup>2</sup>, 7,5 cm<sup>2</sup>, 10 cm<sup>2</sup> ó 12 cm<sup>2</sup>?

---

**Sintetizar o Integrar**

Combinar procedimientos matemáticos (dispares) para establecer resultados; combinar resultados para llegar a un resultado ulterior.

Ej. de cuarto: Resuelve un problema para el cual hay que obtener primero una de las informaciones clave de una tabla.

Ej. de octavo: Combina resultados obtenidos de dos gráficos distintos para resolver un problema.

---

**Resolver problemas no habituales**

Resolver problemas enmarcados en contextos matemáticos o de la vida real de los que es muy poco probable que los estudiantes hayan encontrado ítems similares; aplicar procedimientos matemáticos en contextos poco conocidos.

Ej. de cuarto: En cierto país la gente escribe los números como sigue: 11 lo escriben  $\nabla\nabla\Phi$ , 42 es  $\square\square\Phi\Phi$  y 26 es  $\square\nabla\Phi$ . ¿Cómo escriben 37?

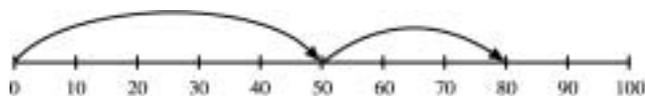
Ej. de octavo: Dados unos datos y condiciones en la publicidad de productos que compiten entre sí, seleccionar datos relevantes y encontrar formas de hacer comparaciones de valor válidas para determinar qué producto es más adecuado en un contexto concreto.

---

**Justificar o Demostrar**

Proporcionar pruebas de la validez de una acción o de la verdad de un enunciado mediante referencia a propiedades o resultados matemáticos; desarrollar argumentos matemáticos para demostrar la verdad o falsedad de enunciados, dada la información relevante.

Ej. de cuarto:  $50 + 30 = 80$ . Utiliza la línea numerada siguiente para demostrar que esta frase es verdadera (los estudiantes deben marcar las líneas de modo apropiado, como en el diagrama o de otra forma).



Ej. de octavo: Demostrar que la suma de cualesquiera dos números impares es un número par.

## Comunicarse en términos matemáticos

Comunicar ideas y procesos matemáticos es otro conjunto de destrezas que se considera importante para muchos aspectos de la vida y es fundamental en la enseñanza y el aprendizaje de la materia. La representación, la modelización y la interpretación, por ejemplo, son aspectos de la comunicación. Aunque la comunicación es un fruto importante de la educación matemática, no se incluye como dominio cognitivo separado. En cambio, puede considerarse como una dimensión que se extiende por todas las áreas de contenido y los procesos de las matemáticas. La comunicación es fundamental para cada una de las categorías de *conocimiento de hechos y de procedimientos, uso de conceptos, resolución de problemas rutinarios y razonamiento*; la comunicación de los estudiantes en las matemáticas y en torno a ellas se debe considerar evaluable en cada una de estas áreas.

Los estudiantes en TIMSS pueden demostrar destrezas de comunicación a través de la descripción y la explicación, por ejemplo a la hora de describir o comentar un objeto, concepto o modelo matemático. La comunicación también tiene lugar cuando se emplean terminología y notación matemáticas; al demostrar el procedimiento usado para simplificar, evaluar o resolver una ecuación; o al usar modos de representación concretos para presentar ideas matemáticas. La comunicación tiene que ver con explicar por qué se ha empleado un procedimiento o modelo concreto y la razón de un resultado inesperado o anómalo. Aunque la descripción y la explicación no aparecen enumeradas explícitamente como comportamientos en el documento de marco teórico, hay ítems de una amplia gama de contenidos y procesos que requerirán estas destrezas de comunicación. A los estudiantes se les podría pedir que describiesen o explicasen por qué han elegido un método concreto, por qué han dado una respuesta concreta y así sucesivamente.

## Directrices para el uso de calculadoras

Aunque la tecnología en forma de calculadoras y ordenadores puede ayudar a los estudiantes a aprender matemáticas, no se debe utilizar para reemplazar la comprensión y las competencias básicas. Como cualquier herramienta de enseñanza, las calculadoras se tienen que utilizar apropiadamente y las normas relativas a su uso difieren entre los diversos países participantes en TIMSS. También hay una amplia variedad en cuanto a la disponibilidad de calculadoras. No sería equitativo exigir el uso de calculadoras cuando los estudiantes de algunos países puede que nunca las hayan usado. Sin embargo, del mismo modo no es equitativo privar a los estudiantes de utilizar una herramienta con la que están familiarizados. Así, tras considerables discusiones en torno a esta cuestión, a partir de TIMSS 2003 se permiten —pero no se exigen— las calculadoras para cumplimentar los materiales de octavo de nueva elaboración.

El objetivo de las directrices TIMSS para el uso de calculadoras es darles a los estudiantes la mejor oportunidad de operar en situaciones que sean similares a su experiencia en el aula. Así, si los estudiantes están acostumbrados a las calculadoras en sus actividades en el aula, el país en cuestión debe fomentar su utilización durante las pruebas. Por otra parte, si los estudiantes no están acostumbrados a las calculadoras o no se les permite utilizarlas en sus lecciones diarias de matemáticas, el país en cuestión no tiene que permitir necesariamente su uso. Al elaborar los nuevos materiales de desarrollo, se harán los esfuerzos pertinentes para asegurar que las preguntas de las pruebas no confieran ventajas o desventajas a los estudiantes, tanto si usan calculadoras como si no.

A los estudiantes de cuarto no se les permitirá utilizar calculadoras. Dado que las calculadoras no se permitían en octavo en las evaluaciones de 1995 y 1999, los procedimientos de administración de pruebas asegurarán que no estén disponibles para los ítems usados para medir tendencias.

# El marco teórico de las ciencias





# El marco teórico de las ciencias

## Visión general

En paralelo con las matemáticas, el marco de evaluación de las ciencias para el ciclo TIMSS 2003 y siguientes se basa en dos grandes dimensiones: la dimensión de contenido y la dimensión cognitiva<sup>9</sup>. Cada una de estas dos dimensiones tiene varios dominios:

### Dominios de contenido de las ciencias

- Ciencias de la vida
- Química
- Física
- Ciencias de la Tierra
- Ciencias medioambientales

### Dominios cognitivos de las ciencias

- Conocimiento factual
- Comprensión conceptual
- Razonamiento y análisis

Los dominios de contenido definen las materias específicas de ciencias cubiertas por la evaluación mientras que los dominios cognitivos definen los conjuntos de comportamientos que se esperan de los estudiantes al abordar el contenido de ciencias. Cada dominio de contenido tiene varias áreas temáticas principales (p.e., el dominio de las ciencias de la Tierra consta de las áreas temáticas de estructura y rasgos físicos de la Tierra; procesos, ciclos e historia de la Tierra; y la Tierra dentro del sistema solar y el universo). Cada área temática se presenta como una lista de objetivos específicos de evaluación que son apropiados para cuarto u octavo curso y reflejan el currículum de ciencias en esos cursos<sup>10</sup> en la mayoría de los países participantes.

La Figura 3 muestra los porcentajes de tiempo dedicado a cada uno de los dominios de contenido y cognitivos en las evaluaciones de cuarto y octavo e indica las categorías de contenido para cada uno de los cursos. En octavo, las categorías corresponden a los cinco dominios de contenido –Ciencias de la vida, Química, Física, Ciencias de la Tierra y Ciencias medioambientales–. En cuarto, sólo se prevén tres categorías debido a la combinación de los temas de física y química como una sola materia y a un énfasis reducido en los temas de Ciencias medioambientales.

**Figura 3:** Porcentajes de tiempo de la evaluación de ciencias en TIMSS 2003 dedicados a los dominios de contenido y cognitivos, por curso.

	Cuarto curso	Octavo curso
<b>Dominios de contenido</b>		
Ciencias de la vida	45%	30%
Física y química*	35%	*
Química	*	15%
Física	*	25%
Ciencias de la Tierra	20%	15%
Ciencias medioambientales	*	15%
<b>Dominios cognitivos</b>		
Conocimiento factual	40%	30%
Comprensión conceptual	35%	35%
Razonamiento y análisis	25%	35%

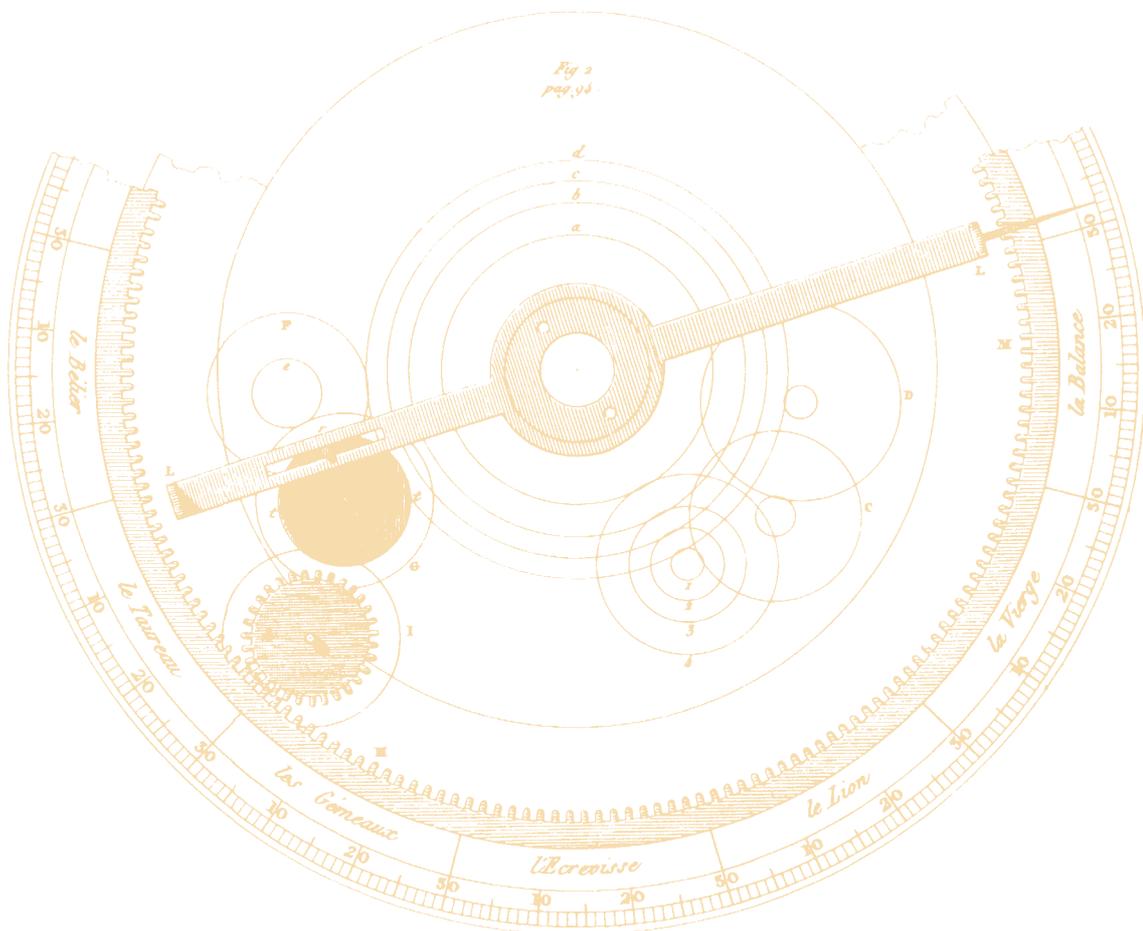
\* En cuarto curso, Física y química se evaluará como una única área de contenido que incluye temas tanto de física como de química. Algunos temas relativos a las Ciencias medioambientales se evaluarán como parte de los dominios de contenido de Ciencias de la vida y de Ciencias de la Tierra en cuarto.

<sup>9</sup> Estas dos dimensiones son comparables a los aspectos de contenido y expectativas de rendimiento definidos en los marcos curriculares TIMSS para las evaluaciones de 1995 y 1999 (Robitaille, D.F., y otros: *TIMSS Monograph No. 1: Curriculum Frameworks for Mathematics and Science*, Vancouver, Canadá: Pacific Educational Press, 1993).

<sup>10</sup> La Introducción contiene más información acerca de los factores considerados a la hora de definir los temas y los objetivos de evaluación.

Además de los dominios de contenido y cognitivos, el marco teórico de las ciencias en TIMSS 2003 también incluye la investigación científica como un área de evaluación separada. La investigación científica es tratada como una dimensión que incluye conocimientos, destrezas y habilidades, valorados por ítems o tareas enmarcadas en diferentes contextos de contenido, que cubren una variedad de demandas cognitivas. Por tanto, las tareas e ítems elaborados para evaluar la comprensión y las habilidades relacionadas con la investigación científica estarán asociados con determinados dominios de contenido y cognitivos, así como con las áreas relacionadas específicamente con la inves-

tigación científica. Del conjunto total de tareas e ítems elaborados para hacer uso de los conocimientos y habilidades de los dominios de contenido y cognitivos, una parte llevará a los estudiantes hacia el proceso de investigación científica y permitirá evaluar su rendimiento en esta área. Muchos de los resultados relacionados con la investigación científica se evaluarán primordialmente en las tareas de resolución de problemas e investigación y ocuparán aproximadamente el 15 por ciento del tiempo total<sup>11</sup> de las pruebas. En las secciones siguientes se comentan en detalle los dominios de contenido, los dominios cognitivos y el área de evaluación de investigación científica.



11 El capítulo sobre el Diseño de la evaluación contiene más comentarios sobre el diseño y la asignación de ítems/tareas y tiempos a los bloques.

## Los dominios de contenido de las ciencias

Aunque TIMSS reconoce la importancia de la enseñanza y el aprendizaje de conceptos y temas unificados que abarquen diversos dominios de la ciencia, los siguientes importantes dominios de contenido se usan para definir el contenido de ciencias cubierto en las evaluaciones de cuarto y octavo en TIMSS 2003:

- Ciencias de la vida
- Química
- Física
- Ciencias de la Tierra
- Ciencias medioambientales

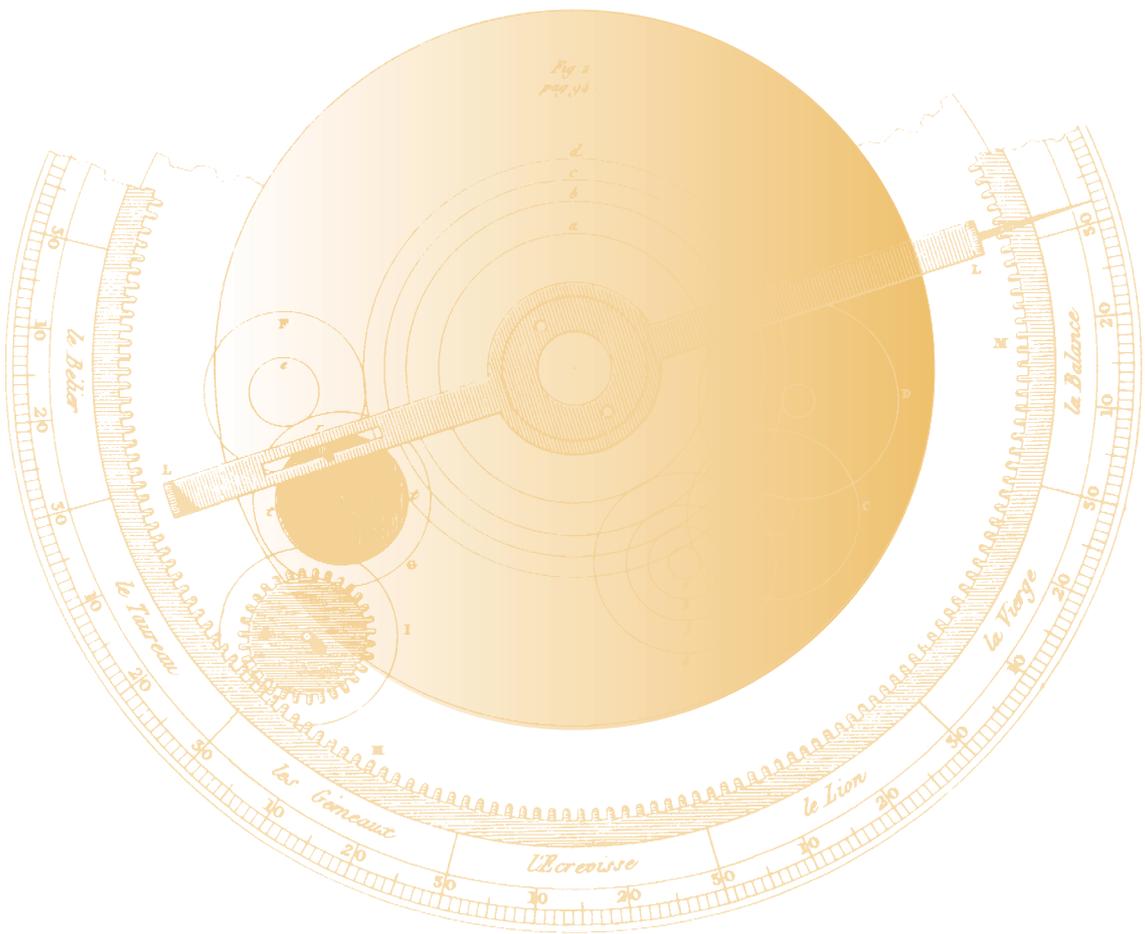
La organización de los temas en estos dominios es en general la misma que ya se usó para definir las categorías en las evaluaciones de 1995 y 1999, aunque hay algunas diferencias en la definición de las áreas de ciencias medioambientales e investigación científica<sup>12</sup>. La correspondencia directa de los ítems de tendencia de 1995 y/o 1999 con los dominios de contenido de ciencias definidos en este documento permitirán el análisis de dominios de contenido apropiados para cada curso. Es importante señalar que, en una evaluación internacional como es TIMSS, la organización de los temas de ciencias en estos dominios de contenidos quizá no corresponda a la estructura de la enseñanza de las ciencias en todos los países. De hecho, algunos de los temas incluidos en el marco teórico de ciencias en TIMSS 2003 quizá se enseñen en otros cursos en algunos países, tales como la educación sanitaria, las ciencias sociales o la geografía.

Las secciones siguientes describen cada uno de los dominios de contenido de las ciencias. Dan una visión general de los temas que han de cubrirse en la evaluación TIMSS, centrándose en lo que se espera que comprendan los estudiantes en cuarto y en octavo. Al definir los resultados esperados en los dos cursos, TIMSS tiene en cuenta el desarrollo de la comprensión conceptual que se produce entre ambos cursos, progresando desde lo observable en cuarto hasta conceptos algo más abstractos en octavo. La comprensión especificada en octavo se centra en describir lo que los estudiantes de ese curso saben y pueden hacer además de lo que se espera de ellos en cuarto.

Tras la descripción general de cada uno de los dominios de contenido hay un cuadro que indica un conjunto de resultados de evaluación para cuarto y octavo. Los resultados están organizados en áreas temáticas principales y luego en un conjunto de subtemas que definen comprensiones y habilidades específicas en áreas relacionadas conceptualmente. Estos resultados de evaluación están redactados en términos de comportamientos que han de ser deducidos de los ítems que ejemplifican los conocimientos y habilidades esperados de los estudiantes en cada curso. Las principales áreas temáticas en cada dominio de contenido son básicamente las mismas en cuarto y octavo, pero los resultados específicos son los apropiados para cada curso y algunos de los temas más avanzados no se valoran en cuarto. La sección del marco teórico de ciencias que describe los dominios cognitivos incluye más comentarios sobre la variedad de comportamientos evaluados para medir la comprensión y las habilidades de los estudiantes.

---

12 En TIMSS 1995, se incluyó una categoría combinada de Cuestiones Medioambientales y Naturaleza de la Ciencia tanto para cuarto como para octavo. En la evaluación de octavo de 1999, esta categoría combinada fue reemplazada por dos categorías: Cuestiones Medioambientales y de Recursos; Investigación Científica y Naturaleza de la Ciencia. Los ítems de tendencia de estas categorías se harán corresponder al dominio de contenido apropiado en el marco teórico de ciencias desde 2003 en adelante.





Las ciencias de la vida incluyen la comprensión de la naturaleza y la función de los organismos vivos, las relaciones entre los mismos y su interacción con el medio ambiente. En cuarto y octavo curso se espera que en algunos currículums nacionales muchos de los conceptos biológicos esenciales se puedan tratar a través del estudio de la biología humana. Aunque TIMSS reconoce la importancia de la biología humana en el currículum de ciencias de los estudiantes de cuarto y octavo, no se especifica un área temática de biología humana en el marco teórico de las ciencias. En cambio, la comprensión relativa a la biología humana se incluye en las siguientes áreas temáticas de ciencias de la vida que se ocupan tanto de los seres humanos como de otros organismos; además, incluyen un área temática separada dedicada a la salud humana:

- Tipos, características y clasificación de los seres vivos
- Estructura, función y procesos vitales de los organismos
- Las células y sus funciones
- Desarrollo y ciclos de vida de los organismos
- Reproducción y herencia
- Diversidad, adaptación y selección natural
- Ecosistemas
- La salud humana

Clasificar organismos según sus características físicas y de comportamiento es fundamental en las ciencias de la vida, siendo algo que se espera de los estudiantes de cuarto y octavo. En cuarto, se puede

evaluar la comprensión de los estudiantes acerca de las características generales que distinguen a los seres vivos de los que no lo son, así como su habilidad para comparar y contrastar características de grupos importantes de organismos, incluidos los seres humanos. En octavo, se espera que los estudiantes conozcan las características definitorias de los principales grupos taxonómicos y clasifiquen los organismos de acuerdo con estas características.

En cuarto, la comprensión de la estructura y función de los organismos empieza con el conocimiento de las funciones corporales básicas y la relación de las principales estructuras corporales de los humanos y otros organismos con sus funciones. En octavo, los estudiantes deben haber desarrollado la comprensión de los tejidos, órganos y sistemas de órganos y deben ser capaces de explicar el modo en que determinados procesos biológicos son necesarios para sostener la vida. Se espera una comprensión básica de las células y sus funciones en octavo, pero no en cuarto.

La comprensión del desarrollo, la reproducción y la herencia se espera que aumente sustancialmente de cuarto a octavo. En cuarto, se espera que los estudiantes conozcan y comparen los ciclos vitales de organismos conocidos. El conocimiento de la reproducción y la herencia en este curso se limita a una comprensión muy básica de que los organismos del mismo tipo se reproducen y de que los descendientes son muy semejantes a sus progenitores. En octavo, los estudiantes deben empezar a desarrollar una comprensión más mecanicista que incluye la comparación del crecimiento y el desarrollo en diferentes organismos. También se espera de ellos que comparen la reproducción sexual y asexual en términos de procesos biológicos en el nivel celular, incluyendo ideas sobre la herencia que tienen que ver con el paso de material genético de los progenitores a la descendencia.

Tanto en cuarto como en octavo, se esperan conocimientos relativos a la diversidad, la adaptación y la selección natural entre los organismos. En cuarto, se espera que los estudiantes aporten ejemplos de características físicas y de comportamiento que hacen que algunos animales y plantas estén mejor adaptados a diferentes entornos. En octavo, se espera que los estudiantes estén empezando a desarrollar una comprensión de las poblaciones y una definición utilizable de especie moderna en términos de similitud de características y capacidades de reproducción en una población de organismos relacionados. También se espera que hagan más conexiones y relacionen la diversidad de características con la supervivencia o la extinción de especies en entornos cambiantes. Hasta octavo no está previsto que los estudiantes empiecen a considerar la evidencia de la historia y los cambios en las formas de vida de la Tierra a lo largo del tiempo mediante la comparación de las especies vivas y los registros fósiles.

El estudio de ecosistemas es esencial para comprender la interdependencia de los organismos vivos y su relación con el entorno físico. Se espera que conceptos básicos relativos a ecosistemas, incluido el flujo de energía y la interacción entre factores bióticos y abióticos, se introduzcan en el currículum de ciencias de la escuela primaria y se desarrollen luego en la secundaria. En cuarto, lo que comprenden los estudiantes se puede demostrar mediante descripciones

de relaciones específicas entre plantas y animales en ecosistemas comunes. En octavo, los estudiantes deben mostrar una comprensión de nivel introductorio de la interdependencia entre poblaciones de organismos que mantiene el equilibrio en un ecosistema. Se espera que representen el flujo de energía en un ecosistema, que reconozcan el papel de los organismos en el ciclo de materiales y predigan el efecto de cambios en los ecosistemas. El efecto de la actividad humana sobre los ecosistemas es un aspecto importante de la comprensión de la interdependencia de los organismos vivos y el medio ambiente. En la sección de Ciencias medioambientales se describen los conocimientos de los estudiantes relativos al impacto de los humanos.

Se espera de los estudiantes de cuarto y octavo que manifiesten comprensión acerca de asuntos relacionados con la salud, la nutrición y las enfermedades humanas. En cuarto, los estudiantes deben mostrar su conocimiento de enfermedades infecciosas comunes y relacionar la dieta y los hábitos personales con sus efectos sobre la salud. En octavo, se espera que los estudiantes conozcan algunas causas de las enfermedades, muestren un conocimiento más profundo de los mecanismos de infección y transmisión y conozcan la importancia del sistema inmunológico. También deben ser capaces de describir el papel de nutrientes específicos en el funcionamiento normal del cuerpo humano.

## Ciencias de la vida: Tipos, características y clasificación de los seres vivos

### Cuarto curso

- Explicar las diferencias entre seres vivos e inertes sobre la base de rasgos comunes (movimiento, necesidades básicas de aire/alimento/agua, reproducción, crecimiento, respuesta a estímulos).
- Comparar y contrastar características físicas y de comportamiento de los seres humanos y de otros grupos principales de organismos (p.e., insectos, aves, mamíferos, plantas) e identificar o dar ejemplos de plantas y animales pertenecientes a estos grupos.

### Octavo curso

- Enunciar las características definitorias utilizadas para diferenciar entre los principales grupos taxonómicos y los organismos de estos grupos. Clasificar organismos sobre la base de la diversidad de características físicas y de comportamiento.

## Ciencias de la vida: Estructura, función y procesos vitales de los organismos

### Cuarto curso

---

- Relacionar las principales estructuras corporales en los humanos y otros organismos (plantas y animales) a sus funciones (p.e., la digestión tiene lugar en el estómago, las raíces de las plantas absorben agua, los dientes trituran la comida, los huesos soportan el cuerpo, los pulmones toman oxígeno).
- Manifestar conocimiento de acciones corporales en respuesta a condiciones externas (p.e., calor, frío, peligro) y actividades (p.e., ejercicio).

### Octavo curso

---

- Localizar los órganos principales en el cuerpo humano; identificar los componentes de sistemas de órganos; comparar o contrastar los órganos y sistemas de órganos en los humanos y en otros organismos.
- Relacionar la estructura y función de órganos y sistemas de órganos con los procesos biológicos básicos necesarios para la vida (sistemas sensorial, digestivo, muscular y óseo, circulatorio, nervioso, respiratorio, reproductivo).
- Explicar cómo funcionan las acciones biológicas, en respuesta a cambios externos o internos específicos, para mantener condiciones corporales estables (p.e., sudar cuando hace calor, tiritar cuando hace frío, aumentar el ritmo cardíaco durante el ejercicio).

## Ciencias de la vida: Las células y sus funciones

### Cuarto curso

---

- No se evalúa.

### Octavo curso

---

- Describir la configuración celular de todos los organismos vivos (tanto unicelulares como pluricelulares), manifestando conocer que las células llevan a cabo funciones vitales, y acometen la división celular durante el crecimiento o reparación en organismos y que los tejidos, órganos y sistemas de órganos están formados a partir de grupos de células con estructuras y funciones especializadas.
- Identificar las estructuras celulares y algunas funciones de los orgánulos de las células (pared celular, membrana celular, núcleo, citoplasma, cloroplasto, mitocondria, vacuolas), incluyendo una comparación entre células de plantas y animales.
- Dar una descripción general del proceso de fotosíntesis que tiene lugar en las células de las plantas (la necesidad de luz, dióxido de carbono, agua y clorofila, la producción de alimento y la expulsión de oxígeno).
- Describir el proceso de respiración que tiene lugar en las células de plantas y animales (la necesidad de oxígeno, la descomposición de comida para producir energía y la expulsión de dióxido de carbono).



## Ciencias de la vida: Desarrollo y ciclos de vida de los organismos

### Cuarto curso

---

- Indicar los pasos generales en el ciclo vital de los organismos (nacimiento, crecimiento y desarrollo, reproducción y muerte); conocer y comparar los ciclos vitales de organismos conocidos (p.e., humanos, mariposas, ranas, plantas, mosquitos).

### Octavo curso

---

- Comparar y contrastar el crecimiento y desarrollo de diferentes organismos (p.e., humanos, plantas, aves, insectos).

## Ciencias de la vida: Reproducción y herencia

### Cuarto curso

---

- Reconocer que las plantas y los animales se reproducen con seres de su misma naturaleza para producir descendencia con rasgos muy semejantes a los de los progenitores.

### Octavo curso

---

- Explicar que la reproducción (asexual o sexual) ocurre en todos los organismos vivos y es importante para la supervivencia de la especie; comparar o contrastar procesos biológicos en la reproducción asexual y sexual en términos generales (p.e., división celular para producir un descendiente idéntico frente a la combinación de óvulo y espermatozoide de progenitores femeninos o masculinos para producir descendencia similar pero no idéntica a ninguno de los dos progenitores); enunciar ventajas y desventajas de cada tipo de reproducción.
- Relacionar la herencia de los caracteres con la transmisión a sus descendientes de material genético contenido en las células del progenitor o progenitores; distinguir los caracteres de los rasgos físicos o de comportamiento que son adquiridos o aprendidos.

## Ciencias de la vida: Diversidad, adaptación y selección natural

### Cuarto curso

---

- Asociar rasgos físicos y pautas de comportamiento de plantas y animales con los entornos en los que viven; identificar o dar ejemplos de determinadas características físicas o de comportamiento de plantas o animales que los hacen más aptos para la supervivencia en diferentes entornos y explicar por qué (p.e., camuflaje, cambio de color, grosor del pelaje).

### Octavo curso

---

- Relacionar la supervivencia o extinción de diferentes especies con la variación de las características físicas o de comportamiento en una población y con el éxito reproductivo en entornos cambiantes.
- Manifestar conocimiento del tiempo relativo en que han existido los principales grupos de organismos sobre la Tierra (p.e., humanos, reptiles, peces, plantas); describir cómo las similitudes y diferencias entre las especies vivas y los fósiles son indicadores de los cambios que ocurren en los seres vivos a lo largo del tiempo.

## Ciencias de la vida: Ecosistemas <sup>13</sup>

### Cuarto curso

---

- Explicar que todas las plantas y animales necesitan comida para proporcionar el combustible para su actividad y el material para su crecimiento y su reparación; comprender que las plantas necesitan del Sol para producir su propio alimento, mientras que los animales se alimentan de plantas y/u otros animales.
- Explicar las relaciones en una comunidad dada (p.e., el bosque, los charcos de las mareas) basadas en cadenas alimenticias simples, mediante plantas y animales comunes y relaciones depredador-presa.

### Octavo curso

---

- Manifestar conocimiento del flujo de energía en un ecosistema (el papel de la fotosíntesis y la respiración y el almacenamiento de productos alimenticios o energéticos en los organismos); identificar diferentes organismos como productores, consumidores y desintegradores; dibujar o interpretar pirámides alimenticias o redes de alimentación.
- Describir el papel de los organismos en el reciclado de materiales en de la superficie terrestre (p.e., oxígeno, dióxido de carbono, agua) y la descomposición de organismos y el reciclado de elementos que vuelven al medio ambiente.
- Comentar la interdependencia de poblaciones de organismos en un ecosistema desde el punto de vista de los efectos de la competición y la depredación; identificar factores que pueden limitar el tamaño de la población (p.e., enfermedades, depredadores, recursos alimenticios, sequía); predecir los efectos de cambios en un ecosistema (p.e., clima, disponibilidad de agua y comida, cambios en la población, migración) sobre los recursos disponibles y el equilibrio entre poblaciones.

## Ciencias de la vida: La salud humana

### Cuarto curso

---

- Reconocer modos de transmisión de enfermedades infecciosas comunes (p.e., resfriados, gripe); identificar signos de salud o enfermedad y algunos métodos para prevenir y tratar las enfermedades.
- Describir formas de mantener la buena salud, incluyendo la necesidad de una dieta equilibrada o variada, identificación de fuentes alimenticias comunes (p.e., frutas y verduras, granos) y el efecto de los hábitos personales sobre la salud (p.e., el uso de protectores solares, la prevención de lesiones, la higiene personal, el ejercicio, el consumo de drogas, alcohol y tabaco).

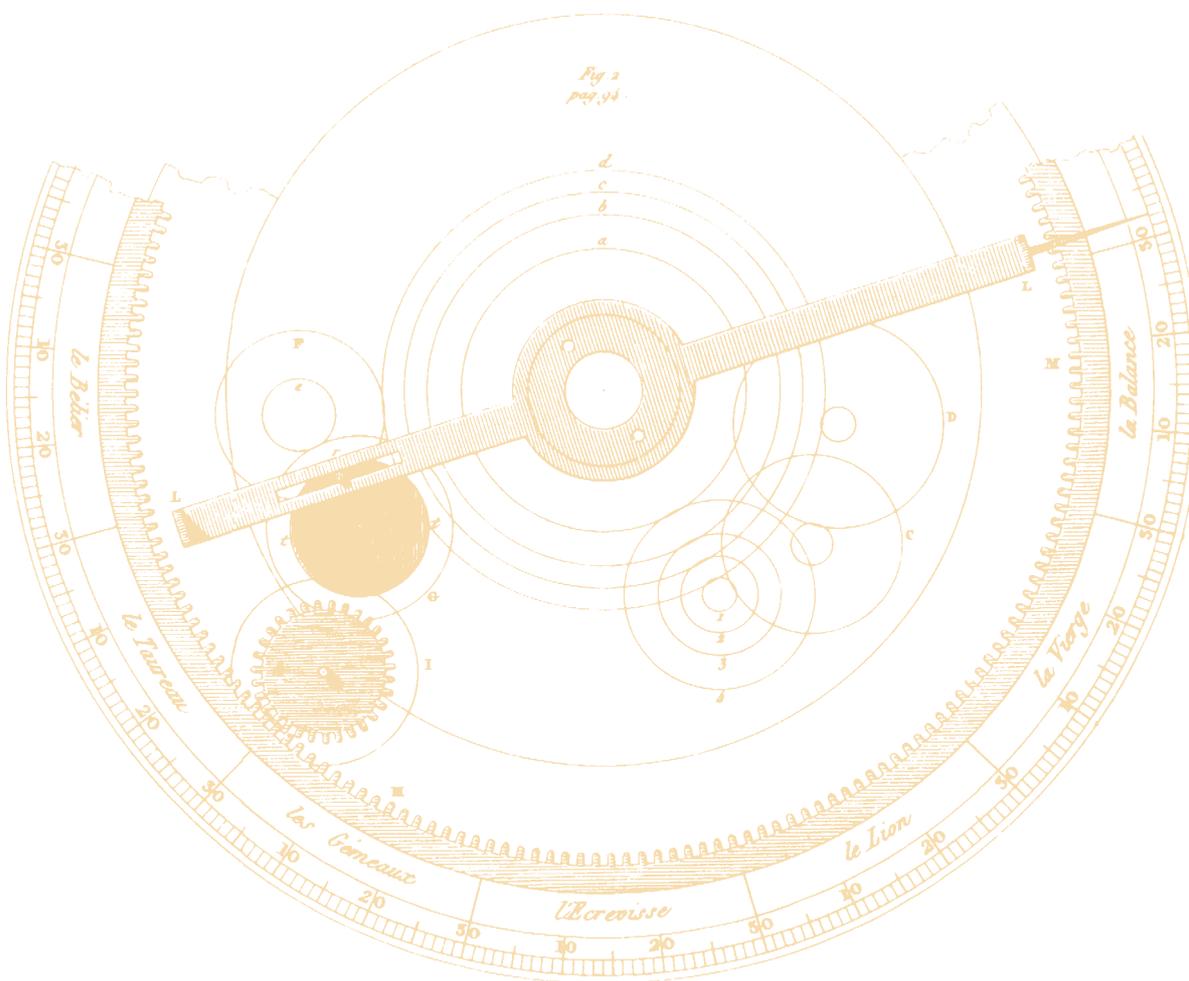
### Octavo curso

---

- Describir causas de enfermedades infecciosas comunes, métodos de infección o transmisión, su prevención, y la importancia de la capacidad de resistencia natural y curación del cuerpo
- Explicar la importancia de la dieta, la higiene, el ejercicio y el estilo de vida en el mantenimiento de la salud y la prevención de enfermedades (p.e., enfermedad coronaria, diabetes, cáncer de piel, cáncer de pulmón); identificar las fuentes dietéticas y el papel de los nutrientes en una dieta saludable (vitaminas, minerales, proteínas, carbohidratos, grasas).

---

<sup>13</sup> Los objetivos de evaluación relacionados con los efectos del comportamiento humano sobre el medio ambiente se describen en la sección de Ciencias medioambientales. En cuarto curso estos objetivos se incluirán en la categoría de Ciencias de la vida.



## Física y química

Las ciencias físicas incluyen conceptos relacionados con la materia y la energía y cubren los temas de las áreas de química y física. En octavo, estas dos áreas de contenido serán valoradas por separado, aunque hay algún solapamiento de los conocimientos relativos a las propiedades químicas y físicas y a los cambios en la materia. Aunque algunos de los temas de las ciencias físicas son apropiados para los cursos de física o de química en los diferentes currículums de ciencias, el marco teórico de TIMSS 2003 trata los temas relacionados con las propiedades, la composición, la clasificación y la estructura de partículas de la materia como parte del dominio de la química y los temas relacionados con los estados físicos generales de la materia y su transformación como parte del dominio de la física.

La organización de temas en el marco de evaluación para el ciclo de 2003 y siguientes es coherente con la clasificación de los ítems en las categorías de las evaluaciones TIMSS anteriores. En cuarto curso, donde la comprensión de los conceptos químicos y físicos está considerablemente menos desarrollada, la física y química será tratada como un único dominio de contenido que combina conocimientos relacionados con conceptos químicos y físicos, con menor hincapié en los temas de química. Aunque el modo de comunicar los resultados de la física y la química difiera en los cursos cuarto y octavo, la comprensión y las habilidades de los estudiantes relativas de cada una de las áreas de contenido de física y química se especifican por separado en ambos cursos.



En el área de química, se evaluará la comprensión de conceptos relativos a las siguientes áreas temáticas:

- Clasificación y composición de la materia
- La estructura de partículas de la materia
- Propiedades y usos del agua
- Ácidos y bases
- El cambio químico

En cuarto, los conocimientos relativos a la clasificación, composición y propiedades de la materia se centran en comparar o clasificar objetos y materiales sobre la base de propiedades físicas observables y en relacionar estas propiedades con sus usos. También se espera de los estudiantes de cuarto un conocimiento práctico inicial de la formación de mezclas y soluciones acuáticas. En octavo, los estudiantes deben saber clasificar sustancias sobre la base de propiedades características y diferenciar entre elementos, compuestos y mezclas desde el punto de vista de su composición. Se espera que su comprensión de las mezclas y soluciones sea más sofisticada, incluyendo ideas relacionadas con mezclas homogéneas y heterogé-

neas y la preparación, concentración y componentes de las disoluciones. También se espera que tengan conocimientos iniciales sobre la estructura de partículas de la materia en términos de átomos y moléculas; esta área no evalúa en cuarto. Aunque los estudiantes de ambos cursos podrán ser evaluados en cuanto a su conocimiento de algunas propiedades y usos de los metales y el agua, en octavo ya se espera que tengan un conocimiento inicial de ácidos y bases.

En cuarto, los estudiantes deben identificar algunos cambios conocidos en materiales que producen otros materiales con propiedades diferentes, pero no se espera que conozcan de qué modo estos cambios están relacionados con transformaciones químicas. En octavo, los estudiantes deben comprender claramente la diferencia entre cambios físicos y químicos y demostrar un conocimiento básico de la conservación de la materia durante esos cambios. También se espera de los estudiantes de octavo que reconozcan la necesidad del oxígeno en la oxidación y la combustión, y la tendencia relativa de sustancias conocidas a sufrir estos tipos de reacciones, así como identificar reacciones comunes que absorben o liberan calor o energía.



## Química: Clasificación y composición de la materia

### Cuarto curso

---

- Comparar, clasificar u ordenar diferentes objetos y materiales sobre la base de propiedades físicas observables (p.e., peso/masa, estado, volumen, color, dureza, textura, olor, sabor, atracción magnética).
- Identificar algunas propiedades de los metales y relacionarlas con su uso (p.e., conductores de calor y electricidad, duros, brillantes, maleables).
- Identificar o describir mezclas sobre la base de su apariencia física; demostrar que se comprende que las mezclas se pueden separar sobre la base de las propiedades observables de sus partes (p.e., tamaño de los granúlos, estado, color, atracción magnética).
- Dar ejemplos de algunos materiales que se disuelven en agua y otros que no, e identificar condiciones comunes que incrementan la cantidad de material que se disuelve o la velocidad de disolución de los materiales (agua caliente, agitación, granulación pequeña).

### Octavo curso

---

- Clasificar o comparar sustancias sobre la base de propiedades físicas características que se pueden mostrar o medir (p.e., densidad, conductividad térmica o eléctrica, solubilidad, punto de fusión o ebullición, propiedades magnéticas).
- Reconocer que las sustancias se pueden agrupar de acuerdo con propiedades químicas y físicas similares; describir propiedades de metales que los distinguen de otras sustancias comunes (no-metales).
- Diferenciar entre sustancias puras (elementos y compuestos) y mezclas (homogéneas y heterogéneas) sobre la base de su formación y composición; dar o identificar ejemplos de cada una (sólido, líquido, gas).
- Seleccionar o describir métodos físicos para separar mezclas en sus componentes (p.e., filtración, destilación, sedimentación, separación magnética, flotación, disolución).
- Definir disoluciones en términos de sustancias (solutos sólidos, líquidos o gaseosos) disueltas en una solución; aplicar conocimientos de la relación entre concentración o dilución y las cantidades de soluto o solución y el efecto de factores tales como temperatura, agitación y tamaño de las partículas.

## Química: La estructura de partículas de la materia

### Cuarto curso

---

- No se evalúa.

### Octavo curso

---

- Describir la estructura de la materia en términos de partículas, incluyendo las moléculas como combinaciones de átomos y los átomos como compuestos de partículas subatómicas (electrones en torno a un núcleo que contiene protones y neutrones).

## Química: Propiedades y usos del agua

### Cuarto curso

---

- Identificar usos comunes del agua en cada uno de sus estados (p.e., como disolvente, refrigerante, fuente de calor).

### Octavo curso

---

- Identificar el agua como un compuesto de moléculas formadas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno; relacionar el comportamiento o los usos del agua con sus propiedades físicas (p.e., punto de fusión y punto de ebullición, capacidad de disolver muchas sustancias, propiedades térmicas, dilatación al congelarse).

## Química: Ácidos y bases

### Cuarto curso

---

- No se evalúa

### Octavo curso

---

- Comparar las propiedades y los usos de ácidos y bases comunes (los ácidos tienen un sabor agrio y reaccionan con los metales; las bases suelen tener un sabor amargo y un tacto resbaladizo; los ácidos y bases fuertes son corrosivos; tanto los ácidos como las bases se disuelven en el agua y reaccionan con indicadores para producir diferentes cambios de color; los ácidos y las bases se neutralizan entre sí).

## Química: El cambio químico

### Cuarto curso

---

- Identificar algunos cambios conocidos en materiales que producen otros materiales con características diferentes (p.e., degradación de la materia animal o vegetal, combustión, oxidación, cocimiento).

### Octavo curso

---

- Diferenciar los cambios químicos de los físicos en términos de la transformación (reacción) de una o más sustancias (reactantes) en diferentes sustancias (productos); mostrar o probar que ha tenido lugar un cambio químico sobre la base de ejemplos comunes (p.e., cambio de temperatura, producción de gas, cambio de color, emisión de luz).
- Reconocer que, aunque la materia cambie de forma durante el cambio químico, su cantidad total se conserva.
- Reconocer la necesidad del oxígeno en las reacciones de oxidación comunes (combustión, oxidación de metales); comparar la tendencia relativa de sustancias conocidas a sufrir estas reacciones (p.e., combustión de la gasolina frente al agua, corrosión del acero frente al aluminio).
- Demostrar comprensión de que algunas reacciones químicas liberan calor o energía mientras que otras los absorben; clasificar transformaciones químicas conocidas según liberen o absorban calor o energía (p.e., combustión, neutralización, cocimiento).





En física se evaluará la comprensión por parte de los estudiantes de conceptos relacionados con la energía y los procesos físicos en las siguientes áreas temáticas:

- Estados físicos y cambios en la materia
- Tipos, fuentes y conversiones de energía
- Calor y temperatura
- Luz
- Sonido y vibración
- Electricidad y magnetismo
- Fuerzas y movimiento

En cuarto curso, los estudiantes tienen un conocimiento limitado de los estados y cambios físicos basado en diferencias observables entre la materia en sus tres formas: sólido, líquido y gas. Aunque en cuarto no se espera un conocimiento general sobre los cambios de estado, en este nivel se espera que los estudiantes sepan que el agua puede existir en tres estados y puede cambiar de un estado a otro si se calienta o se enfría. En cambio, en octavo los estudiantes deben ser capaces de describir los procesos implicados en los cambios de estado y empezar a relacionar los estados de la materia con la distancia y el movimiento entre partículas. También mostrarán que comprenden que la materia se conserva durante los cambios físicos.

Los conceptos relativos a energía, calor y temperatura se valoran en algún grado tanto en cuarto como en octavo, pero estos conceptos están más formalizados en el curso superior. Mientras que los estudiantes de cuarto son capaces de identificar fuentes de energía comunes, se espera que los de octavo comparen diferentes formas de energía, describan transformaciones de energía simples y apliquen el principio de conservación de la energía total en situaciones prácticas. Se espera de los estudiantes que reconozcan el calor como transferencia de energía y que relacionen la temperatura con el movimiento o la velocidad de las partículas. En cuarto, la evaluación del conocimiento que tienen los estudiantes del calor se limita a procesos físicos observables.

Los conocimientos sobre la luz deben aumentar sustancialmente de cuarto a octavo. El conocimiento

de la luz de los estudiantes de cuarto incluye la identificación de fuentes comunes y el reconocimiento de algunos fenómenos conocidos relativos a la luz. En octavo se espera que conozcan algunas propiedades básicas o comportamientos de la luz y su interacción con la materia, que usen la óptica geométrica simple para resolver problemas prácticos y que relacionen la apariencia y el color de los objetos con las propiedades de la luz. En este curso también se espera que los estudiantes muestren un conocimiento práctico de la naturaleza o fuente del sonido como algo causado por vibraciones, mientras que a los estudiantes de cuarto no se les evaluará en esta área.

En el área de electricidad y magnetismo, se espera que los estudiantes de cuarto tengan alguna experiencia con la idea de circuito eléctrico completo y un conocimiento práctico de los imanes y sus usos. En octavo, la evaluación de la comprensión de la electricidad por parte de los estudiantes se amplía hasta incluir la idea de flujo de corriente en circuitos completos, diagramas de circuitos simples y la relación entre la intensidad de la corriente y el voltaje en los circuitos. También pueden describir propiedades y fuerzas de los imanes permanentes, así como los rasgos y usos esenciales de los electroimanes.

Se espera de los estudiantes de cuarto que capten intuitivamente la idea de fuerzas en la medida en que se relacionan con el movimiento, tales como la gravedad cuando actúa sobre objetos que caen y las fuerzas de atracción o repulsión. El conocimiento de la medición del peso de los objetos también se puede evaluar en cuarto en el contexto de objetos flotantes o de objetos sobre una balanza. En octavo se espera un mayor conocimiento cuantitativo de mecánica. En este curso se espera que los estudiantes representen el movimiento, calculen la velocidad, interpreten o utilicen gráficos de distancia/tiempo y predigan cambios en el movimiento de un objeto sobre la base de las fuerzas que actúan sobre él. Deben mostrar también un conocimiento de sentido común de la densidad y la presión relacionadas con fenómenos físicos conocidos, aunque no se espera un conocimiento más formalizado.

## Física: Estados físicos y cambios en la materia

### Cuarto curso

---

- Describir que todos los objetos o materiales están hechos de materia que existe en tres estados principales (sólido, líquido, gaseoso) y describir diferencias en las propiedades físicas observables de sólidos, líquidos y gases en términos de forma y volumen.
- Demostrar conocimiento de que el agua existe en diferentes estados físicos y se puede cambiar de un estado a otro mediante calentamiento o enfriamiento; describir estos cambios con términos conocidos (fundir, congelar, hervir).

### Octavo curso

---

- Utilizar conocimientos sobre el movimiento y la distancia entre partículas para explicar diferencias en las propiedades físicas de sólidos, líquidos y gases (volumen, forma, densidad, compresibilidad).
- Describir los procesos de fusión, congelación, evaporación y condensación como cambios de estado que resultan del suministro o la remoción de calor o energía; relacionar la velocidad o extensión de estos procesos a factores físicos comunes (área superficial, sustancias disueltas, temperatura, altitud o presión).
- Demostrar que se comprende lo que son los puntos de fusión o ebullición de las sustancias; explicar por qué la temperatura permanece constante durante el cambio de fase (fusión, ebullición, congelación)
- Ilustrar que se comprende que la materia (masa) se conserva durante cambios físicos conocidos (p.e., cambio de estado, disolución de sólidos, expansión térmica).

## Física: Tipos, fuentes y conversiones de energía

### Cuarto curso

---

- Identificar fuentes y formas de energía comunes (p.e., viento, Sol, electricidad, combustible, molino de agua, alimento); conocer algunos usos prácticos de la energía.

### Octavo curso

---

- Identificar diferentes formas de energía (p.e., mecánica, lumínica, sonora, eléctrica, térmica, química); describir transformaciones simples de energía (p.e., la combustión en un motor para mover un coche, la energía eléctrica para que funcione una lámpara, la energía hidroeléctrica, los cambios entre energía potencial y cinética); aplicar el conocimiento del concepto de conservación de la energía total.

## Física: Calor y temperatura

### Cuarto curso

---

- Mostrar que se conoce que el calor fluye de un objeto caliente a uno frío y hace que los materiales cambien de temperatura y de volumen; identificar materiales comunes que conducen el calor mejor que otros; reconocer la relación entre la medición de la temperatura y lo frío o caliente que está un objeto.

### Octavo curso

---

- Relacionar el calor con la transferencia de energía desde un objeto a temperatura elevada hacia otro a temperatura más baja; comparar la conductividad térmica relativa de diferentes materiales; comparar o contrastar métodos de transferencia de calor (conducción, convección y radiación).
- Explicar la dilatación térmica en términos de cambio de volumen y/o presión (p.e., termómetros, globos).
- Relacionar la temperatura y los cambios de volumen y/o presión con el movimiento o velocidad de las partículas.

**Cuarto curso**

- Identificar fuentes de luz comunes (p.e., bombilla, llama, Sol) y relacionar fenómenos físicos con la presencia o ausencia y comportamiento de la luz (p.e., aparición del arco iris; colores producidos por prismas, manchas de aceite, burbujas de jabón, etc.; formación de sombras, visibilidad de objetos; espejos).

**Octavo curso**

- Describir o identificar algunas propiedades o comportamientos básicos de la luz (transmisión desde una fuente a través de diferentes medios; velocidad de la luz comparada con la del sonido; reflexión, refracción, absorción y transmisión por diferentes materiales; descomposición de la luz blanca en sus colores componentes mediante prismas y otros medios dispersivos).
- Relacionar la apariencia o el color de los objetos con las propiedades de la luz reflejada o absorbida.
- Resolver problemas prácticos relacionados con la reflexión de la luz en espejos planos y la formación de sombras; usar o interpretar diagramas de rayos para identificar el camino de la luz y localizar imágenes reflejadas o proyectadas.

## Física: Sonido y vibración

**Cuarto curso**

- No se evalúa.

**Octavo curso**

- Explicar cómo el sonido de intensidad y altura variables es producido por vibraciones con diferentes propiedades (amplitud, frecuencia)\*; reconocer que el sonido se transmite alejándose de su origen a través de diferentes materiales y puede ser reflejado por superficies.
- \* El conocimiento o uso de los términos amplitud y frecuencia no es algo que se espere en octavo.

## Física: Electricidad y magnetismo

**Cuarto curso**

- Conocer usos comunes de la electricidad; identificar un circuito eléctrico completo con baterías, bombillas, cables y otros componentes comunes que conducen la electricidad.
- Conocer que los imanes tienen polo norte y polo sur, que los polos iguales se repelen y los contrarios se atraen y que los imanes se pueden usar para atraer algunos otros materiales u objetos.

**Octavo curso**

- Describir el flujo de la corriente en un circuito eléctrico; dibujar o identificar diagramas que representan circuitos completos (en serie y en paralelo); clasificar materiales como conductores eléctricos o aislantes; reconocer que hay una relación entre la intensidad de la corriente y el voltaje en un circuito.
- Mostrar conocimiento de las propiedades de los imanes permanentes y de los efectos de la fuerza magnética; identificar rasgos esenciales y usos prácticos de los electroimanes.

# Física: Fuerzas y movimiento

## Cuarto curso

- Identificar fuerzas conocidas que hacen que los objetos se muevan (p.e., la gravedad que actúa sobre objetos que caen, fuerzas de atracción o repulsión).
- Describir cómo el peso relativo de los objetos se puede determinar mediante una balanza; relacionar el peso\* de diferentes objetos con su capacidad de flotar o hundirse.

\* Aunque la flotabilidad está en función de la densidad, el conocimiento del término densidad y de la distinción entre peso y masa no es exigible en cuarto. En este nivel, se podrá evaluar el conocimiento de la flotación por parte de los estudiantes mediante objetos de tamaños comparables pero diferente peso/masa.

## Octavo curso

- Representar el movimiento de un objeto en términos de su posición, dirección y velocidad en un marco de referencia dado; calcular la velocidad a partir del tiempo y la distancia mediante unidades estándar; usar o interpretar información en gráficos de distancia/tiempo.
- Describir tipos generales de fuerzas (p.e., el peso como una fuerza debida a la gravedad, la fuerza de contacto, la fuerza de flotación, la fricción); predecir cambios en el movimiento (si lo hay) de un objeto sobre la base de las fuerzas que actúan sobre el mismo; demostrar un conocimiento básico del trabajo y del funcionamiento de máquinas simples (p.e., palancas) mediante ejemplos comunes.
- Explicar fenómenos físicos observables en términos de diferencias de densidad (p.e., objetos que flotan o se hunden, globos que se elevan, capas de hielo).
- Demostrar conocimiento de los efectos relacionados con la presión (p.e., la presión atmosférica como función de la altitud, la presión oceánica como función de la profundidad, la evidencia de la presión del gas en los globos, la distribución de las fuerzas en un área grande o pequeña, niveles de fluidos).





# Ciencias de la Tierra

Las ciencias de la Tierra tienen que ver con el estudio de la Tierra y su lugar en el sistema solar y el universo. Los temas cubiertos en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la Tierra toman sus contenidos de los campos de la geología, astronomía, meteorología, hidrología y oceanografía y están relacionados con conceptos de la biología, la física y la química. Aunque no se imparten cursos separados dedicados a todos estos temas en todos los países, se espera que los conocimientos relacionados con las áreas temáticas de las ciencias de la Tierra se hayan incluido en un currículum científico que cubra la física y química y las ciencias de la vida o en cursos separados tales como geografía y geología. Aunque no hay una visión única que sea aplicable a todos los países de lo que constituye un currículum de ciencias de la Tierra en los diferentes cursos, el marco teórico de TIMSS identifica las siguientes áreas temáticas que universalmente se consideran importantes para que los estudiantes de cuarto y octavo comprendan el planeta en el que viven y su lugar en el universo.

- Estructura y rasgos físicos de la Tierra (litosfera, hidrosfera y atmósfera)
- Procesos, ciclos e historia de la Tierra
- La Tierra en el sistema solar y en el universo

Se espera tanto de los estudiantes de cuarto como de los de octavo que tengan algún conocimiento general acerca de la estructura y la composición de la Tierra. En cuarto, los estudiantes deben saber que la Tierra sólida se compone de rocas, arena y Tierra y que la mayor parte de la superficie terrestre está cubierta de agua. En este nivel, la evaluación de los conocimientos que tengan los estudiantes de la atmósfera se limita a la evidencia de la presencia de agua y la importancia del aire para la supervivencia de los seres vivos. Los conocimientos de los estudiantes de octavo en estas áreas están conectados más directamente con conceptos subyacentes en las ciencias de la vida y la

física y química. Se espera de los estudiantes que comparen las características físicas de la corteza terrestre, el manto y el núcleo y que describan la distribución del agua sobre la Tierra, incluyendo comparaciones con respecto al estado físico, la composición y el movimiento. Su comprensión de la atmósfera incluye la abundancia relativa de los principales componentes del aire y los cambios en las condiciones atmosféricas en relación con la altitud. Mientras que de los estudiantes de cuarto se espera que conozcan rasgos comunes del paisaje de la Tierra, los de octavo deben saber usar o interpretar mapas topográficos y diagramas que representen estos rasgos estructurales.

Se esperan niveles sustancialmente diferentes de conocimiento de los procesos, ciclos e historia de la Tierra en los estudiantes de cuarto y octavo. En cuarto curso, se espera que sean capaces de describir algunos de los procesos de la Tierra en términos de cambios observables, incluyendo el movimiento del agua, la formación de las nubes y los cambios en las condiciones meteorológicas diarias y estacionales. En comparación, de los estudiantes de octavo se espera que den descripciones más completas basadas en el concepto de ciclos y pautas. Usarán palabras y/o diagramas para describir los ciclos del agua y de las piedras e interpretarán o usarán datos o mapas relacionados con factores globales y locales que afectan a las pautas meteorológicas. También pueden diferenciar entre cambios meteorológicos diarios y el clima general en diferentes regiones del mundo. La evaluación del conocimiento de la historia del mundo es bastante limitada en cuarto. Los estudiantes de este nivel deben saber que la Tierra es bastante antigua y que los fósiles de plantas y animales que vivieron hace mucho tiempo se encuentran en algunas rocas. En octavo, se espera que empiecen a desarrollar un sentido de la magnitud de las escalas temporales y que sean capaces de describir algunos procesos físicos y sucesos geológicos que han tenido lugar en la Tierra a lo largo de miles de millones de años.

En cuarto, se espera que los estudiantes demuestren algunos conocimientos acerca del lugar de la Tierra en el sistema solar basados en observaciones de cambios en la Tierra y el cielo. En particular, deben estar familiarizados con los movimientos de la Tierra y relacionar los cambios diarios en la Tierra con la rotación sobre su eje y la relación con el Sol. En octavo, se espera que los estudiantes tengan un conocimiento más completo del sistema solar en términos de las distancias relativas, los tamaños y el movimiento del Sol, los planetas y sus satélites y de cómo fenómenos apreciables en la Tierra tienen relación

con el movimiento de cuerpos en el sistema solar. En octavo también se espera que los estudiantes comparen los rasgos físicos de la Tierra, la Luna y otros planetas con respecto a su capacidad de soportar la vida.

La evaluación del conocimiento del universo exterior al sistema solar se centra en el desarrollo de conocimientos sobre las estrellas al llegar a octavo. De los estudiantes de octavo se espera que identifiquen el Sol como una estrella “media” y reconozcan que se observan miles de millones de estrellas en el cielo nocturno que están fuera del sistema solar y muy alejados del mismo. Esta área no se valora en cuarto.

## Ciencias de la Tierra: Estructura y rasgos físicos de la Tierra<sup>14</sup>

### Cuarto curso

- Saber que la superficie de la Tierra se compone de rocas, minerales, arena y tierra; comparar las propiedades físicas, localizaciones y usos de estos materiales.
- Reconocer que la mayor parte de la superficie de la Tierra está cubierta de agua; describir las localizaciones de los tipos de agua que se encuentran en la Tierra (p.e., agua salada en los océanos, agua dulce en los lagos y ríos, nubes, nieve, capas de hielo, icebergs).
- Dar pruebas de la existencia o naturaleza del aire, incluido el hecho de que el aire contiene agua (p.e., formación de nubes, gotas de rocío, evaporación de charcas), ejemplos de usos del aire y la importancia del aire para la vida.
- Identificar o describir rasgos comunes del paisaje de la Tierra (p.e., montañas, llanuras, ríos, desiertos) y relacionarlos con la utilización por los humanos (p.e., agricultura, irrigación, desarrollo del terreno).

### Octavo curso

- Mostrar conocimiento de la estructura y las características físicas de la corteza terrestre, el manto y el núcleo; usar o interpretar mapas topográficos; describir la formación, las características y/o usos del suelo, minerales y tipos básicos de rocas.
- Comparar el estado físico, el movimiento, la composición y la distribución relativa del agua sobre la Tierra (p.e., océanos, ríos, aguas subterráneas, glaciares, capas de hielo, nubes).
- Saber que la atmósfera de la Tierra es una mezcla de gases e identificar la abundancia relativa de sus principales componentes; relacionar los cambios en las condiciones atmosféricas (temperatura, presión, composición) con la altitud.



<sup>14</sup> Los objetivos de evaluación relacionados con la utilización y conservación de los recursos naturales de la Tierra se describen en la sección de Ciencias medioambientales. En cuarto, estos objetivos se incluyen en la categoría de las Ciencias de la Tierra.

### Cuarto curso

- Dibujar o describir el movimiento del agua en la superficie terrestre (p.e., fluye en ríos y arroyos desde las montañas hasta los lagos y océanos); relacionar la formación de nubes y lluvia o nieve con un cambio de estado del agua.
- Describir cambios en las condiciones meteorológicas de un día a otro o a lo largo de las estaciones en términos de propiedades observables tales como la temperatura, la precipitación (lluvia o nieve), las nubes y el viento.
- Reconocer que los fósiles de animales y plantas que vivieron en la Tierra hace mucho tiempo se pueden encontrar en las rocas y son una prueba de que la Tierra es muy antigua.

### Octavo curso

- Demostrar conocimiento de los procesos generales implicados en el ciclo de las rocas (desgaste o erosión, depósito, calor o presión, fundición o enfriamiento, flujo de lava) que dan como resultado la formación continuada de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.
- Dibujar o describir los pasos del ciclo del agua en la Tierra (evaporación, condensación y precipitación), haciendo referencia al Sol como fuente de energía y al papel del movimiento de las nubes y el flujo del agua en la circulación y renovación del agua dulce en la superficie de la Tierra.
- Interpretar datos y mapas del tiempo y relacionar los cambios en las pautas meteorológicas con factores globales y locales en términos de temperatura, presión, precipitación, velocidad o dirección del viento, tipos de nubes y su formación y frentes tormentosos.
- Comparar los climas estacionales de las principales regiones de la Tierra, considerando los efectos de la latitud, la altitud y la geografía (p.e., las montañas y los océanos); identificar o describir los cambios climáticos a largo y corto plazo (p.e., eras glaciales, tendencias de calentamiento, erupciones volcánicas, cambios en las corrientes oceánicas).
- Identificar o describir los procesos físicos y los principales sucesos geológicos ocurridos a lo largo de miles de millones de años (p.e., desgaste, erosión, depósito, actividad volcánica, terremotos, formación de montañas, movimiento de placas, deriva continental); explicar la formación de fósiles y combustibles fósiles.



# Ciencias de la Tierra: La Tierra en el sistema solar y en el universo

## Cuarto curso

---

- Describir el sistema solar como un grupo de planetas (incluida la Tierra), cada uno de los cuales gira alrededor del Sol, e identificar el Sol como el origen del calor y la luz del sistema solar.
- Relacionar pautas diarias observadas en la Tierra con la rotación de la Tierra sobre su eje y su relación con el Sol (p.e., día y noche, el aspecto de las sombras).
- Dibujar o describir las fases de la Luna.

## Octavo curso

---

- Explicar fenómenos observables en la Tierra (día y noche, las mareas, el año, las fases de la Luna, los eclipses, las estaciones en el hemisferio norte y sur, el aspecto del Sol, la Luna, los planetas y las constelaciones) en términos de los movimientos, distancias y tamaños relativos de la Tierra, la Luna y otros cuerpos del sistema solar y externos al mismo.
- Reconocer el papel de la gravedad en el sistema solar (p.e., las mareas, el mantenimiento de los planetas y los satélites en sus órbitas, la atracción que nos sujeta a la superficie terrestre).
- Comparar y contrastar los rasgos físicos de la Tierra con los de la Luna y los demás planetas (p.e., atmósfera, temperatura, agua, distancia del Sol, período de revolución o rotación, capacidad de soportar la vida).
- Reconocer que el Sol es una estrella “media” y saber que hay miles de millones de estrellas en el universo que están fuera del sistema solar y muy alejados del mismo.





## Ciencias medioambientales

Las ciencias medioambientales son un campo de las ciencias aplicadas que se ocupa de cuestiones medioambientales y de recursos. Como tal, se ocupan de conceptos tomados de la física y de las ciencias de la vida y de la Tierra, existiendo un solapamiento considerable con estas áreas de contenido. Aunque las ciencias medioambientales normalmente no se ofrecen como una materia separada hasta, al menos, el final de la educación secundaria o incluso después, su inclusión en el marco teórico de TIMSS como un dominio de contenido separado refleja la importancia que internacionalmente se otorga a la educación de los estudiantes sobre los factores que afectan al medio ambiente y a los ecosistemas. Se espera que los estudiantes tanto de cuarto como de octavo tengan adquiridos algunos conocimientos relacionados con las ciencias medioambientales. No obstante, puesto que éstos serán más limitados en cuarto, las ciencias medioambientales se evaluarán por separado en octavo pero no en cuarto, donde los ítems que miden estos conocimientos se incluirán en las categorías de Ciencias de la Tierra o Ciencias de la vida, según se indica más adelante. Además, en la sección de Ciencias de la vida se describen una serie de objetivos de evaluación apropiados para cada curso que están relacionados con el conocimiento básico del funcionamiento y las relaciones en los ecosistemas, fundamentales para las ciencias medioambientales.

La categoría de ciencias medioambientales en TIMSS está definida primordialmente por conocimientos relacionados con la interacción de los humanos con ecosistemas, cambios en el entorno causados por sucesos humanos o naturales y la protección del medio ambiente. Un tema subyacente es el papel y la responsabilidad de la ciencia, la tecnología y la sociedad en el mantenimiento del medio ambiente y la conservación de recursos. Las principales áreas temáticas en las ciencias medioambientales son:

- Cambios en la población
- Utilización y conservación de los recursos naturales
- Cambios en el medio ambiente

De los estudiantes de octavo –no de los de cuarto– se espera que demuestren comprender en alguna medida las consecuencias del rápido crecimiento de la población humana. Deben ser capaces de analizar tendencias en la población mundial y comentar algunos efectos del aumento de la población sobre el medio ambiente, enlazándolos con los conceptos científicos subyacentes relacionados con la biodiversidad, las poblaciones sostenibles y la capacidad de los entornos.

Se espera que los estudiantes de cuarto tengan un conocimiento práctico de la utilización humana de los recursos naturales de la Tierra y puedan identificar algunos recursos físicos utilizados en la vida cotidiana, sus orígenes comunes y la necesidad de conservar estos recursos.

Como se describe en la sección de Ciencias de la vida, se espera que los estudiantes de cuarto y octavo conozcan en alguna medida el equilibrio de los ecosistemas en términos de interacciones entre organismos y su relación con el entorno físico. Un aspecto importante en las ciencias medioambientales es conocer cómo los cambios en el medio ambiente, ya sean fruto de procesos naturales ya de la actividad humana, pueden afectar a componentes vivos e inertes y cambiar este equilibrio. En ambos cursos se espera que los estudiantes manifiesten conocer que la actividad humana puede afectar al medio ambiente positiva o negativamente y den ejemplos de ello. En octavo, se espera que los estudiantes sepan comentar los efectos a corto y a largo plazo y el papel de la ciencia y de la tecnología en cuestiones medioambientales. Los estudiantes de cuarto deben conocer los efectos de algunos tipos comunes de contaminación y cómo los humanos los pueden prevenir o reducir. En octavo se espera que tengan un conocimiento más amplio de la contaminación y sepan relacionar algunas cuestiones medioambientales con sus posibles causas y/o efectos. Deben saber comentar el impacto de cambios medioambientales en términos de cambios de hábitat, recursos, redes de alimentación y ciclos de vida.

## Ciencias medioambientales: Cambios en la población

### Cuarto curso

---

- No se evalúa.

### Octavo curso

---

- Analizar tendencias en la población humana, identificando que la población mundial está creciendo a una tasa cada vez mayor y comparando la distribución de la población, la tasa de crecimiento y el consumo y disponibilidad de recursos en diferentes zonas.
- Comentar los efectos del crecimiento de la población sobre el medio ambiente (p.e., utilización de los recursos naturales, oferta y demanda de comida, la salud, oferta y demanda de agua, crecimiento de las ciudades y sus alrededores, utilización y desarrollo del suelo, caza y pesca).

## Ciencias medioambientales: Utilización y conservación de los recursos naturales

### Cuarto curso

---

- Identificar algunos de los recursos físicos de la Tierra que se utilizan en la vida cotidiana y sus fuentes comunes (p.e., agua, tierra, madera, minerales, combustible, alimento); explicar la importancia de utilizar estos recursos de forma sensata.

**Nota:** Las Ciencias medioambientales no se valoran por separado en cuarto. Los ítems que miden los conocimientos relativos a la utilización y conservación de los recursos naturales están incluidos en las Ciencias de la Tierra.

### Octavo curso

---

- Conocer ejemplos comunes de recursos renovables y no renovables; comentar las ventajas y desventajas de diferentes tipos de fuentes energéticas (p.e., combustibles fósiles, madera, energías solar, eólica, geotérmica, nuclear e hidroeléctrica, baterías químicas); y describir métodos de conservación y gestión de residuos (p.e., reciclado o reutilización, uso de materiales biodegradables).
- Relacionar los efectos de la utilización humana de la Tierra y los recursos del suelo (p.e., explotaciones agrícolas, minería, explotaciones forestales) con los métodos empleados en la agricultura y en la gestión del suelo (p.e., rotación de cultivos, agricultura por bancales, fertilización, irrigación, control de plagas, gestión de pastos, recuperación o reciclado, repoblación forestal).
- Comentar factores relacionados con la oferta y demanda de agua dulce y la utilización de recursos acuáticos (p.e., oferta renovable pero limitada de agua dulce, purificación, desalinización, irrigación, tratamiento y reutilización del agua, conservación, uso de embalses, prácticas pesqueras).



## Ciencias medioambientales: Cambios en el medio ambiente

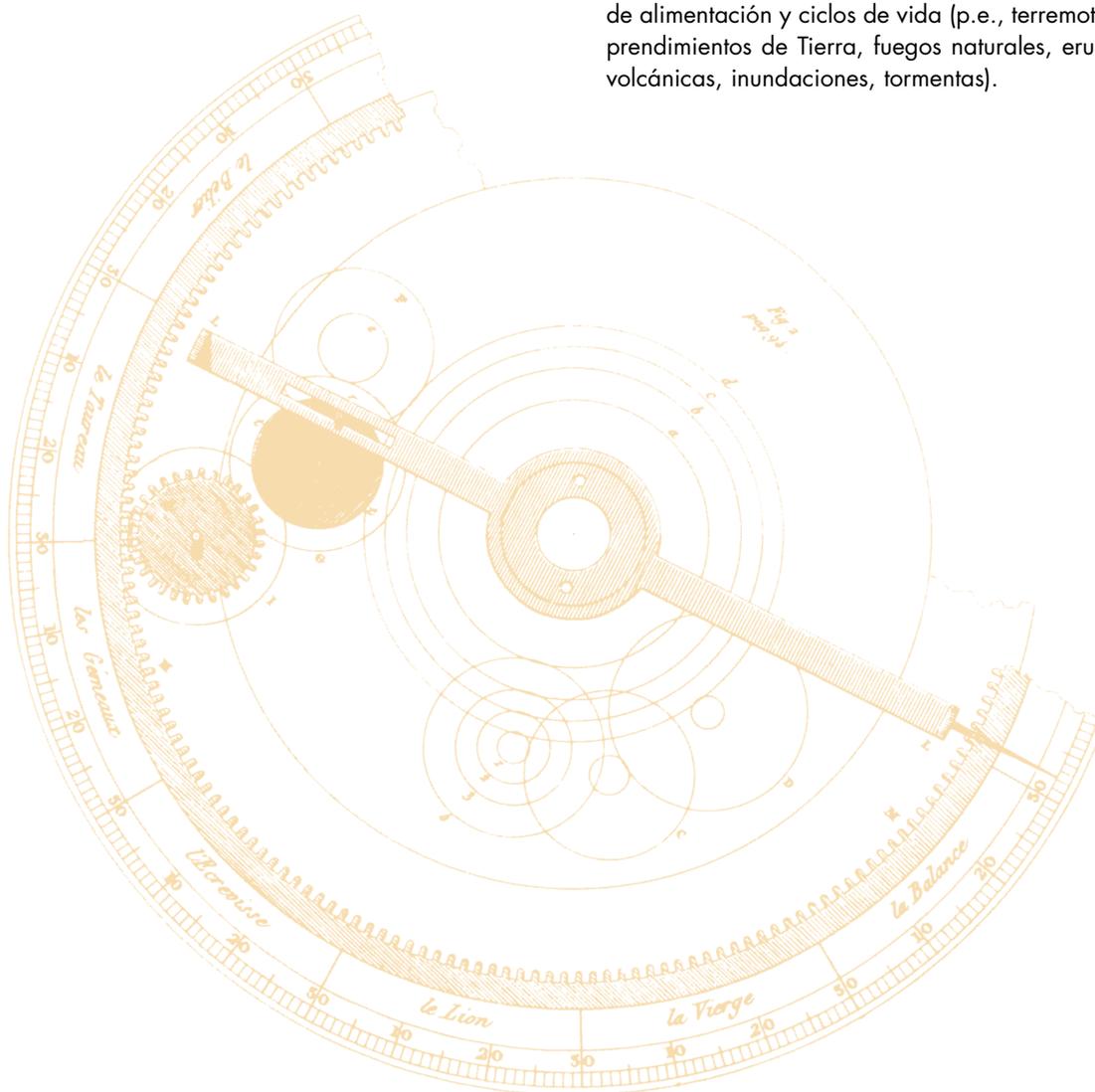
### Cuarto curso

- Exponer casos en que el comportamiento humano puede tener un efecto positivo o negativo sobre el medio ambiente; hacer descripciones generales y dar ejemplos de los efectos de la contaminación sobre los humanos, las plantas, los animales y sus entornos, así como las maneras de prevenir o reducir la contaminación.

**Nota:** Las Ciencias medioambientales no se valoran por separado en cuarto. Los ítems que miden los conocimientos relativos a los cambios en el entorno están incluidos en las Ciencias de la Tierra.

### Octavo curso

- Exponer casos en que la actividad humana puede a la vez causar problemas medioambientales y ayudar a resolverlos, incluidos los efectos a corto y largo plazo sobre los ecosistemas; describir los orígenes, efectos y formas de prevenir o reducir la contaminación del aire, el agua y la Tierra; explicar el papel de la ciencia y de la tecnología al ocuparse de cuestiones medioambientales.
- Relacionar algunos problemas medioambientales globales con sus posibles causas y/o efectos (p.e., calentamiento global, lluvia ácida, destrucción de la capa de ozono, deforestación, desertización); exponer ejemplos en los que la ciencia y la tecnología pueden ser utilizadas para atajar estos problemas.
- Describir algunos desastres naturales y su impacto sobre los humanos, la vida salvaje y el medio ambiente en términos de cambios de hábitat, recursos, redes de alimentación y ciclos de vida (p.e., terremotos, desprendimientos de Tierra, fuegos naturales, erupciones volcánicas, inundaciones, tormentas).



## Los dominios cognitivos en ciencias

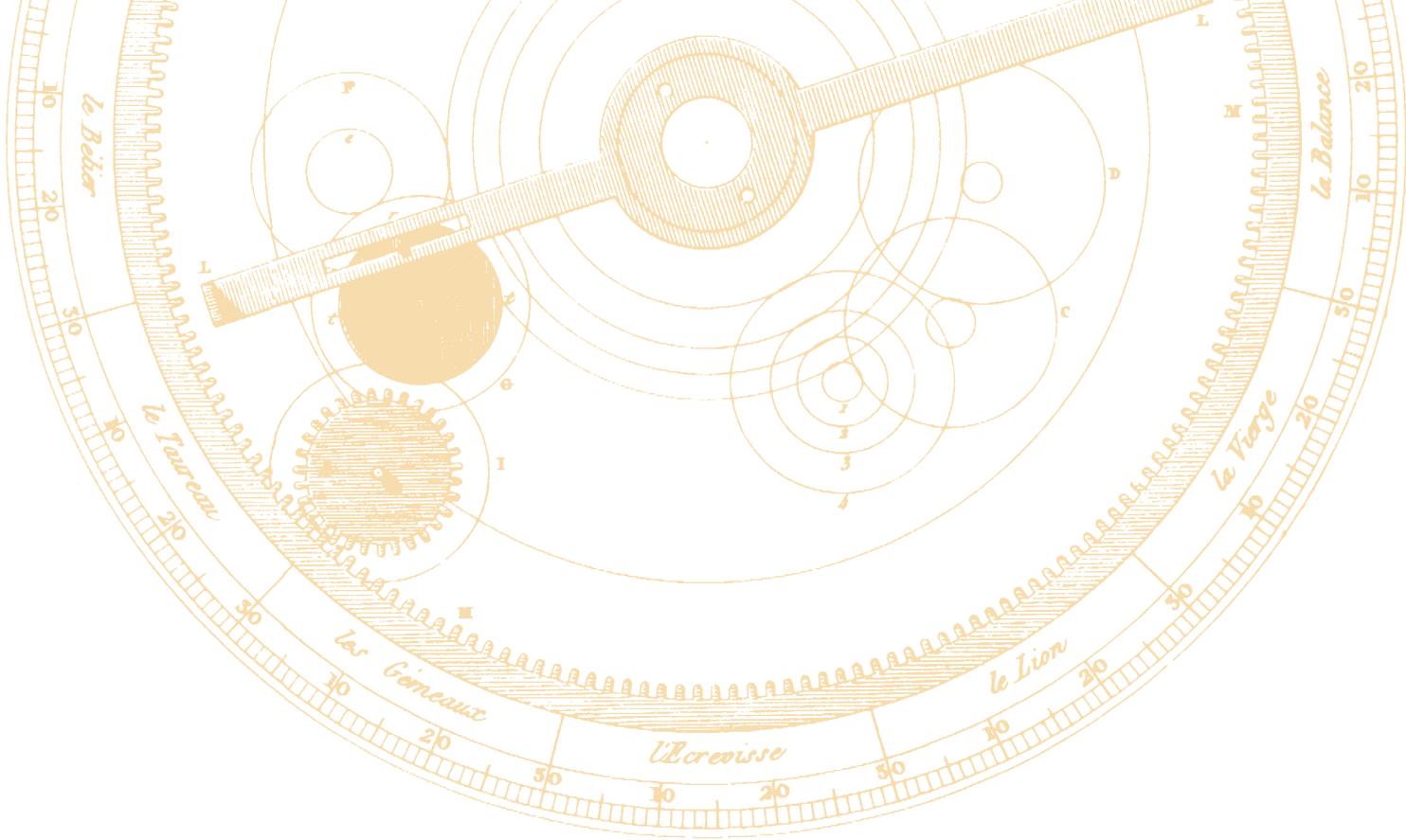
El marco teórico de ciencias en TIMSS está basado en la idea de la ciencia como un proceso utilizado para aprender sobre el mundo físico que implica observar, investigar y explicar fenómenos naturales. Como tal, incluye tanto la demostración del conocimiento de los contenidos como la habilidad de aplicar y comunicar la comprensión conceptual en la resolución de problemas, elaboración de explicaciones y desarrollo de investigaciones. Además de definir los temas específicos que se evaluarán, cada dominio de contenido de las ciencias incluye descripciones de las destrezas y habilidades cognitivas que el diseño de los ítems de la prueba TIMSS trata de evaluar. En esta sección, se describe con mayor detalle la dimensión cognitiva, y las destrezas y habilidades que ilustran los conocimientos de los estudiantes aparecen clasificadas en tres grandes dominios cognitivos que serán valorados a lo largo de los dominios de contenido de las ciencias:

- Conocimiento factual
- Comprensión conceptual
- Razonamiento y análisis

El desarrollo de la comprensión y el razonamiento científico se funda en el conocimiento previamente adquirido, expandiendo y revisando la base de conocimientos según avanza. Requiere la habilidad de determinar cómo los hechos y conceptos se relacionan entre sí. A fin de participar en el avance científico, es importante tener bien asidos los conceptos básicos de la ciencia y ser capaz de basarlos en hechos. Por tanto, en TIMSS es relevante incluir una medición del alcance y la precisión de la base de conocimientos factuales que tienen los estudiantes, así como su comprensión, uso y aplicación de conceptos científicos en situaciones diversas. En una situación en que hay que resolver un problema, los estudiantes

pueden no resolverlo porque carecen del necesario conocimiento factual y de procedimientos o porque no son capaces de analizar el problema para identificar los hechos y conceptos relevantes que deben utilizar para desarrollar una estrategia efectiva. Determinar el impacto de cada uno de estos factores es importante para identificar las áreas en las que es posible mejorar la educación y el aprendizaje.

Incluir la dimensión cognitiva en el presente marco teórico garantizará que se elaboren pruebas equilibradas con adecuada cobertura de cada dominio cognitivo en cada curso. La distribución de los ítems en los dominios de *conocimiento factual*, *comprensión conceptual* y *razonamiento y análisis* variará entre cuarto y octavo de acuerdo con la mayor habilidad cognitiva, madurez, instrucción, experiencia, amplitud y profundidad de la comprensión conceptual de los estudiantes del curso superior (véase la Figura 3). Aunque se ha impuesto cierta jerarquía en la división de comportamientos entre las tres categorías cognitivas, sigue habiendo cierta complejidad en las destrezas cognitivas manifestadas por los ítems de cada categoría. Además, se esperan varios niveles de dificultad para los ítems desarrollados en cada uno de los dominios cognitivos. Aunque un ítem individual pueda averiguar comportamientos que corresponden a más de un dominio cognitivo, un ítem será categorizado bajo un determinado dominio cognitivo sobre la base de la habilidad cognitiva más compleja requerida y la contribución más importante del ítem a la interpretación de los resultados. Las secciones siguientes describen con más detalle las destrezas y habilidades de los estudiantes que definen los dominios cognitivos. Las descripciones generales van seguidas de cuadros que indican comportamientos específicos que han de ser puestos de manifiesto por los ítems alineados con cada categoría.



# Conocimiento factual



El dominio cognitivo del *conocimiento factual* se refiere a la base de conocimientos que tienen los estudiantes de hechos, datos, herramientas y procedimientos relevantes en ciencias. A fin de resolver problemas y desarrollar explicaciones en ciencias, los estudiantes deben poseer una base de conocimientos fuerte. El conocimiento factual preciso y de base amplia permite a los estudiantes dedicarse con éxito a las más complejas actividades cognitivas, esenciales para el proyecto científico. Manifiestar conocimiento factual implica algo más que memorizar y recordar trozos aislados de información. Por ejemplo, ser capaz de hacer comparaciones, clasificar, ordenar y diferenciar entre materiales y organismos depende de

un conocimiento básico de las características físicas y de la aplicación de conceptos científicos. Además, el conocimiento y la utilización por parte de los estudiantes de las definiciones de términos científicos está vinculado a su comprensión de los conceptos y relaciones subyacentes. El conocimiento de vocabulario, hechos, información, símbolos, unidades y procedimientos se puede evaluar a través de su utilización correcta en un contexto dado. La selección de los aparatos, equipos y dispositivos de medida apropiados y las operaciones experimentales que se deben emplear al llevar a cabo investigaciones también depende del conocimiento básico por parte de los estudiantes de las herramientas y los procedimientos científicos.

## Conocimiento factual

<b>Recordar o reconocer</b>	Realizar afirmaciones o identificar enunciados precisos sobre hechos, relaciones, procesos y conceptos científicos; identificar las características o propiedades de organismos específicos, materiales y procesos.
<b>Definir</b>	Dar o identificar definiciones de términos científicos; reconocer y utilizar vocabulario científico, símbolos, abreviaturas, unidades y escalas en contextos relevantes.
<b>Describir</b>	Reconocer o describir organismos, materiales físicos y procesos científicos que demuestren conocimiento de sus propiedades, estructura, funcionamiento y relaciones.
<b>Usar herramientas y procedimientos</b>	Demostrar conocimiento de la utilización de aparatos, equipos, herramientas, procedimientos y escalas o dispositivos de medida científicos.





# Comprensión conceptual

La *comprensión conceptual* en ciencias significa captar las relaciones que explican el comportamiento del mundo físico y relacionar lo observable con conceptos científicos más abstractos o más generales. Se hace más sofisticada según avanzan los estudiantes en sus estudios y se desarrollan en términos cognitivos. Las manifestaciones de esa comprensión variarán según el curso. La comprensión conceptual, pues, no es algo que se vaya a medir directamente. En cambio, los estudiantes deben dar muestras de la misma a través de su utilización y aplicación al desarrollar tareas específicas adaptadas a cada curso. Para medir la comprensión conceptual, se incluirán ítems que exijan de los estudiantes extraer y utilizar información científica y emplear y aplicar su comprensión de conceptos y principios científicos para hallar soluciones y elaborar explicaciones. Este dominio cognitivo también inclu-

ye seleccionar ejemplos ilustrativos para fundamentar enunciados de hechos o conceptos. Los ítems alineados con este dominio cognitivo implicarán la aplicación directa o la demostración de relaciones, ecuaciones y fórmulas en contextos que probablemente resulten conocidos en las actividades de aula en ciencias. Se incluyen tanto problemas cuantitativos que requieren una solución numérica como problemas cualitativos que requieren una respuesta descriptiva por escrito. Al dar explicaciones, los estudiantes deben saber usar modelos para ilustrar estructuras y relaciones y demostrar su conocimiento de los conceptos científicos. Los problemas en este dominio cognitivo están diseñados para incluir aplicaciones más directas de conceptos y requerir una cantidad considerablemente menor de análisis e integración que los ítems alineados con el dominio de razonamiento y análisis.

## Comprensión conceptual

<b>Ilustrar con ejemplos</b>	Apoyar o aclarar enunciados de hechos o conceptos con ejemplos apropiados; identificar o dar ejemplos específicos para ilustrar el conocimiento de conceptos generales.
<b>Comparar, contrastar o clasificar</b>	Identificar o describir similitudes y diferencias entre grupos de organismos, materiales o procesos; distinguir, clasificar u ordenar objetos individuales, materiales, organismos y procesos basados en características y propiedades.
<b>Representar o modelizar</b>	Utilizar o dibujar diagramas y/o modelos para demostrar que se comprenden conceptos, estructuras, relaciones y procesos científicos, así como sistemas y ciclos biológicos o físicos (p.e., redes de alimentos, circuitos eléctricos, ciclo del agua, sistema solar, estructura atómica).
<b>Relacionar</b>	Relacionar el conocimiento de conceptos biológicos y físicos subyacentes con los comportamientos, propiedades o usos observados o inferidos de objetos, organismos y materiales.
<b>Obtener o aplicar información</b>	Identificar, obtener o aplicar información textual, tabular o gráfica relevante a la luz de los conceptos o principios de la ciencia.
<b>Hallar soluciones</b>	Identificar o utilizar relaciones científicas, ecuaciones y fórmulas para encontrar soluciones cualitativas o cuantitativas que conlleven la aplicación directa o la manifestación de conceptos.
<b>Explicar</b>	Dar o identificar razones o explicaciones para observaciones de fenómenos naturales, mostrando que se comprende el concepto, ley, teoría o principio científico subyacente.

# Razonamiento y análisis



Razonar y analizar son dos actividades presentes en todas las tareas complejas relacionadas con las ciencias. Uno de los fines principales de la educación científica es preparar a los estudiantes para que recurran al razonamiento científico para resolver problemas, desarrollar explicaciones, llegar a conclusiones, tomar decisiones y ampliar su conocimiento a situaciones nuevas. Además de las aplicaciones más directas de conceptos científicos ejemplificadas en el dominio de la comprensión conceptual, algunas situaciones de resolución de problemas implican contextos poco conocidos o más complicados que requieren que los estudiantes razonen a partir de principios científicos para hallar una respuesta. Las soluciones pueden consistir en descomponer el problema en partes, cada una de las cuales conlleva la aplicación de un concepto o relación científica. Quizá se exija a los estudiantes analizar el problema para determinar qué principios subyacentes están implicados, interpretar o utilizar diagramas y gráficos, idear y explicar estrategias para la resolución de problemas, seleccionar y aplicar ecuaciones, fórmulas, relaciones y técnicas analíticas apropiadas y evaluar sus soluciones. Las soluciones correctas a estos problemas pueden provenir de diversas aproximaciones o estrategias y desarrollar la habilidad de considerar estrategias alternativas es una importante meta educativa en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

A los estudiantes se les pedirá que obtengan conclusiones a partir de datos y hechos científicos, dando muestras de razonamiento tanto inductivo como deductivo y de una comprensión del manejo de la relación causa / efecto. Se espera que evalúen y tomen decisiones basadas en la comprensión conceptual, lo que incluye sopesar las ventajas y desventajas de materiales y procesos alternativos, considerando el impacto de diferentes empeños científicos y evaluando las soluciones dadas a los problemas. En octavo curso, en particular, también se espera que empiecen a considerar y evaluar explicaciones alternativas, extiendan las conclusiones a situaciones nuevas y justifiquen las explicaciones basadas en los hechos y en el conocimiento científico. También hay un buen grado de razonamiento científico en el desarrollo de hipótesis y el diseño de investigaciones científicas para ponerlas a prueba, así como en el análisis y en la interpretación de datos. Las habilidades en esta área se introducen en un nivel muy básico en la escuela primaria y posteriormente se amplían a lo largo de las enseñanzas de ciencias en la educación secundaria.

Algunos ítems de este dominio cognitivo pueden centrarse en conceptos unificados y temas conceptuales importantes, lo que exige a los estudiantes reunir conocimientos de diferentes áreas y aplicarlos a situaciones nuevas. Como tales, quizá tengan que ver con la integración de las matemáticas y las ciencias y/o la integración y síntesis de conceptos tomados de diversos dominios de las ciencias. Se espera de los estudiantes de cuarto que muestren algunas de las habilidades necesarias para el razonamiento científico, pero a un nivel menos sofisticado que los de octavo. Los ítems para evaluar estas áreas en cuarto estarán más estructurados y serán menos abiertos que los que se planteen a los estudiantes de octavo. Debido a las habilidades cognitivas más sofisticadas que se requieren, se le dará menos importancia a este dominio cognitivo en cuarto.



## Razonamiento y análisis

<b>Analizar, interpretar o resolver problemas</b>	Analizar problemas para determinar las relaciones y los conceptos relevantes, así como los pasos para su resolución; desarrollar o explicar estrategias de resolución de problemas; interpretar o utilizar diagramas y gráficos para visualizar y/o resolver problemas; dar muestras de los procesos de razonamiento deductivo o inductivo empleados para resolver problemas.
<b>Integrar o sintetizar</b>	Dar soluciones a problemas que requieran considerar una serie de factores diferentes o de conceptos relacionados; hacer asociaciones o conexiones entre conceptos en diferentes áreas de las ciencias; mostrar que se comprenden conceptos y temas unificados de diferentes dominios de las ciencias; integrar conceptos o procedimientos matemáticos en las soluciones de problemas científicos.
<b>Formular hipótesis o predecir</b>	Combinar el conocimiento de conceptos de la ciencia con información de la experiencia o de la observación para formular preguntas a las que se puede responder mediante investigando; formular hipótesis del tipo de supuestos verificables usando los conocimientos obtenidos de la observación y/o el análisis de la información científica y la comprensión conceptual; hacer predicciones sobre los efectos de cambios en las condiciones biológicas o físicas a la luz de la evidencia y el conocimiento científico.
<b>Diseñar o planificar</b>	Diseñar o planificar investigaciones apropiadas para responder a preguntas científicas o verificar hipótesis; describir o reconocer las características de investigaciones bien diseñadas en términos de variables mensurables y controlables y relaciones de causa y efecto; tomar decisiones acerca de las mediciones o procedimientos que se emplearán al realizar investigaciones.
<b>Recopilar, analizar o Interpretar datos</b>	Realizar y registrar observaciones sistemáticas y mediciones, mediante aplicaciones apropiadas de aparatos, equipos, herramientas, procedimientos y dispositivos de medida o escala; representar datos científicos en tablas, cuadros, gráficos y diagramas, usando el formato, la denominación y las escalas apropiadas; seleccionar o aplicar técnicas o cálculos matemáticos apropiados a los datos para obtener valores derivados necesarios para llegar a conclusiones; detectar pautas en los datos; describir o resumir tendencias en los datos; interpolar o extrapolar a partir de datos o información dada.
<b>Sacar conclusiones</b>	Hacer inferencias válidas sobre la base de la evidencia o la comprensión de conceptos científicos; sacar conclusiones apropiadas dirigidas a preguntas o hipótesis; mostrar que se comprende el mecanismo de causa y efecto.
<b>Generalizar</b>	Obtener o evaluar conclusiones generales que vayan más allá de las condiciones experimentales o dadas y aplicar conclusiones a situaciones nuevas; determinar fórmulas generales para expresar relaciones físicas.
<b>Evaluar</b>	Sopesar ventajas y desventajas para tomar decisiones sobre procesos, materiales y fuentes alternativos; considerar factores científicos y sociales para evaluar el impacto o las consecuencias de la ciencia y de la tecnología en los sistemas biológicos y físicos; evaluar explicaciones y estrategias de resolución de problemas y soluciones alternativas; evaluar los resultados de investigaciones con respecto a la suficiencia de datos para respaldar conclusiones.
<b>Justificar</b>	Utilizar la evidencia y el conocimiento científico para justificar explicaciones y soluciones a problemas; interpretar argumentos para respaldar lo razonables que sean las soluciones a los problemas, las conclusiones de las investigaciones o las explicaciones científicas.

## La investigación científica

En el currículum contemporáneo de ciencias de muchos países, se hace bastante hincapié en conseguir que los estudiantes practiquen la investigación científica. El objetivo de la investigación científica es dar explicaciones de fenómenos científicos que nos ayudan a comprender los principios subyacentes que rigen el mundo natural. En cuarto y octavo no se espera que los estudiantes estén formulando y verificando teorías fundamentales, pero deben ser capaces de plantear preguntas o hipótesis científicas de alcance limitado que puedan ser investigadas. En estos cursos, la investigación científica hace que los estudiantes participen en el proceso de cuestionar, planificar y realizar investigaciones para recopilar datos relevantes, así como formular explicaciones basadas en observaciones utilizando la comprensión científica. Los conocimientos y habilidades que se tienen que desplegar en este tipo de investigación son importantes para desarrollar ciudadanos informados en cuanto a los métodos, procesos y productos de la ciencia. Son también precursores de los tipos de investigación más avanzados dirigidos a profundizar en el conocimiento científico, tan importantes en la preparación de futuros científicos. Dado que el proceso de investigación científica es una parte integrante del aprendizaje y la práctica de la ciencia, es importante evaluar los conocimientos y las habilidades de los estudiantes que son necesarios para dedicarse con éxito a este proceso.

La investigación científica es tratada como una rama omnicompreensiva de la evaluación en el marco teórico de TIMSS que solapa todos los campos de las ciencias, con componentes basados en contenidos y otros basados en destrezas. La evaluación de la investigación científica incluye ítems y tareas que requieren que los estudiantes exhiban conocimiento de las herramientas, métodos y procedimientos necesarios para hacer ciencia, que apliquen este conocimiento para dedicarse a investigaciones científicas y que empleen la comprensión científica para proponer explicaciones basadas en pruebas. Estos procesos de investigación científica promueven una comprensión más amplia de los conceptos científicos, así como destrezas para el razonamiento y la resolución de problemas.

Se espera de los estudiantes de ambos cursos que posean un conocimiento general de la naturaleza de la ciencia y de la investigación científica, incluido el hecho de que el conocimiento científico está sujeto a cambio, de la importancia de usar diferentes tipos de investigación para verificar o comprobar el conocimiento científico, de la utilización de “métodos científicos” básicos, de la comunicación de resultados y de la interacción de la ciencia, las matemáticas y la tecnología. Además de este conocimiento general, se espera de los estudiantes que manifiesten las destrezas y habilidades implicadas en las siguientes cinco fases principales del proceso de investigación científica <sup>15</sup>:

- Formular preguntas e hipótesis
- Diseñar las investigaciones
- Recopilar y representar los datos
- Analizar e interpretar los datos
- Sacar conclusiones y elaborar explicaciones

Estas fases de la investigación científica son apropiadas tanto para los estudiantes de cuarto como para los de octavo, pero la complejidad de los conocimientos y las habilidades que tendrán que demostrar aumenta conforme avanzan los cursos, como reflejo del desarrollo cognitivo de los estudiantes. El aprendizaje de las ciencias en cuarto se centra en observar y describir; en este nivel se espera que los estudiantes sean capaces de formular preguntas a las que se pueda responder basándose en observaciones o información sobre el mundo natural. Para obtener evidencia que permita responder a estas preguntas, deben demostrar que tienen una idea de lo que constituye una “prueba válida” y sean capaces de describir y realizar una investigación basada en observaciones sistemáticas o mediciones con herramientas, equipos y procedimientos sencillos. También se espera que representen sus hallazgos mediante cuadros y diagramas sencillos, que apliquen cálculos matemáticos comunes de los valores medidos, identifiquen relaciones simples y describan brevemente los resultados de sus investigaciones. Se espera que las conclusiones de las investigaciones en cuarto tengan la forma de respuesta escrita a una pregunta específica.

---

15 El orden de las fases de la investigación científica se impone principalmente con fines organizativos y refleja la secuencia lógica consistente con la convención empleada a la hora de dar a conocer los resultados de investigaciones. Aunque la investigación científica real quizá no proceda en un orden estricto, algún aspecto de cada una de estas fases formará parte de cualquier investigación científica.

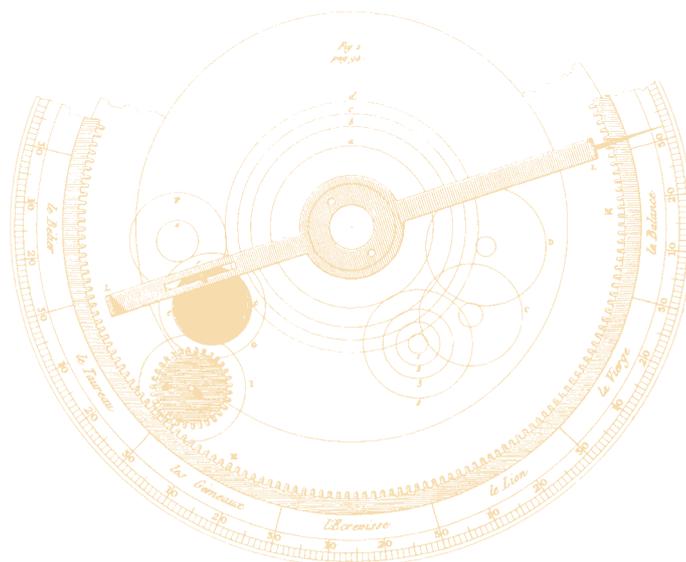
En octavo, los estudiantes deben manifestar una aproximación más cuantitativa y formalizada a la investigación científica, con más evaluaciones y tomas de decisiones. Se espera que sean capaces de formular una hipótesis o predicción basada en la observación o en el conocimiento científico que pueda ser puesta a prueba en la investigación. Se espera que demuestren comprender el mecanismo de causa y efecto y la importancia de especificar las variables que hay que controlar y variar en las investigaciones bien diseñadas. También se les podrá exigir que tomen más decisiones acerca de las mediciones que hay que realizar y los procedimientos y equipos que han de utilizar. Al recopilar y representar datos, se espera que los estudiantes de este nivel empleen la terminología, unidades, precisión, formato y escalas apropiados. También deben exhibir destrezas más avanzadas de análisis de datos a la hora de seleccionar y aplicar técnicas matemáticas apropiadas y describir regularidades en los datos. Cabe esperar de los estudiantes de octavo que evalúen los resultados de su investigación con respecto a la suficiencia de sus datos para apoyar conclusiones relacionadas con la pregunta o la hipótesis investigada.

La evaluación de la capacidad de los estudiantes de cuarto y octavo para dar explicaciones basadas en pruebas a partir de investigaciones científicas aporta otra medida de su comprensión y aplicación de conceptos científicos. En octavo, se espera que los estudiantes sean capaces de formular explicaciones en términos de relaciones de causa y efecto entre variables y

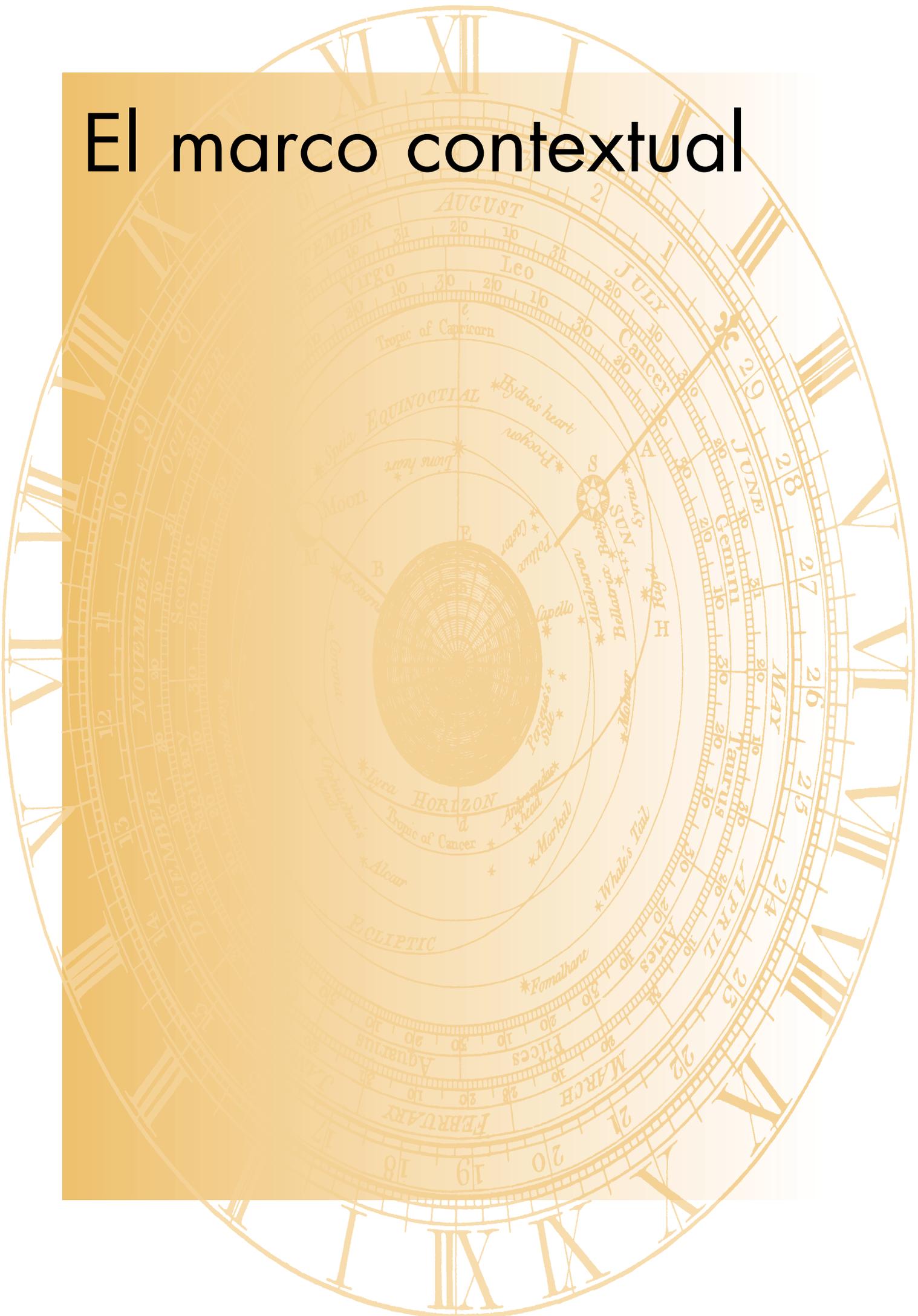
a la luz del conocimiento científico. En este nivel, los estudiantes también pueden empezar a considerar explicaciones alternativas y aplicar o extender sus conclusiones a nuevas situaciones.

Los conocimientos y habilidades de los estudiantes relacionados con la investigación científica se evaluarán primordialmente a través de tareas de investigación integradas que exijan a los estudiantes aplicar conocimientos y destrezas en un contexto práctico. Pueden incluir un componente “manual” relacionado con la medición, observación y manipulación de materiales o la interpretación y el análisis de datos y otros materiales de estímulo.

El contexto científico específico de las tareas de investigación variará, pero las principales áreas de evaluación de la investigación científica serán bastante similares. Aunque se reconoce que no es posible o pertinente crear una medida descontextualizada de las destrezas generales de investigación científica, los contextos prácticos se definirán de forma tal que algunas destrezas generales se puedan evaluar a lo largo de las tareas. Estas tareas, sin pretender que sean investigaciones científicas plenas, estarán diseñadas de forma que requieran una comprensión básica de los procesos de la investigación científica y pongan de manifiesto algunas de las destrezas esenciales para el proceso de investigación científica. Como tales, se utilizarán para evaluar si los estudiantes tienen algunos de los conocimientos y habilidades clave necesarios para abordar la investigación científica.



# El marco contextual





# El marco contextual

## Visión general

Para una visión más completa de lo que significan los resultados de rendimiento de TIMSS y cómo se pueden utilizar para mejorar el aprendizaje de las matemáticas y de las ciencias por parte de los estudiantes, es importante comprender los contextos en los que aprenden los estudiantes. Además de comprobar el rendimiento de los estudiantes en matemáticas y en ciencias, TIMSS recopila una diversidad de datos acerca de los contextos de aprendizaje de estas materias. El marco contextual engloba cinco áreas muy amplias:

- El currículum
- Los centros educativos
- Los profesores y su preparación
- Las actividades de aula y sus características
- Los estudiantes

En particular, TIMSS evalúa los objetivos curriculares del sistema educativo y la organización adoptada para alcanzar esos objetivos, los recursos y las instalaciones educativas, el profesorado y cómo está formado, equipado y apoyado, las actividades de aula y sus características, el apoyo y la participación de las familias y, por último, el conocimiento, las actitudes y la predisposición que los estudiantes y los profesores mismos aportan a la empresa educativa. Del mismo modo como los marcos teóricos de matemáticas y de ciencias describen lo que hay que evaluar en esas áreas, el marco contextual identifica las características principales de los contextos educativos y sociales que han de ser estudiados con vistas a mejorar el aprendizaje.

## El currículum

Basándose en la experiencia de IEA, el marco contextual aborda cinco aspectos amplios del currículum previsto en matemáticas y ciencias, desde su formulación a su puesta en práctica.

El desarrollo del currículum implica tener en cuenta la sociedad a la que sirve el sistema educativo, las necesidades y aspiraciones de los estudiantes, la naturaleza y la función del aprendizaje y la formulación de enunciados acerca de qué aprendizaje es importante. Al comprender el currículum pretendido, es importante saber quién toma las decisiones curriculares, qué clase de decisiones se toman y cómo se comunican las decisiones a la comunidad educativa.

**Formulación del currículum.** A la hora de formular un currículum, los autores tienen en cuenta su contexto situacional. Las consideraciones contextuales incluyen los recursos —nacionales, regionales y locales— disponibles para la educación; el valor que la sociedad otorga a la educación en matemáticas y ciencias; las actitudes de la sociedad hacia las mismas y el grado en que el éxito en los estudios, definido en sentido amplio o estricto, está vinculado al bienestar social y a la salud económica del país.

**Alcance y contenido del currículum.** Los documentos curriculares definen y comunican las expectativas sobre los estudiantes en términos de los conocimientos, destrezas y actitudes que deben adquirir o desarrollar a través de su educación formal. La naturaleza y amplitud de los objetivos de matemáticas y ciencias que se han de conseguir en el centro escolar son importantes para los responsables de la política educativa y para los especialistas curriculares en todos los países. También es importante cómo se mantienen actualizados estos objetivos ante los avances científicos y tecnológicos, y cómo cambian las demandas y expectativas de la sociedad y del mundo laboral.

Aunque dominar la materia es una de las metas principales de los currículos de matemáticas y de ciencias en la mayoría de los países, éstos difieren considerablemente en cómo especifica el currículum el grado de dominio que debe alcanzarse. Por ejemplo, adquirir destrezas básicas, aplicar las matemáticas a situaciones de la “vida real”, comunicarse en términos matemáticos y resolver problemas en situaciones novedosas son aproximaciones a la enseñanza de las matemáticas que se han defendido en los últimos años y se usan en mayor o menor medida en diferentes países<sup>16</sup>. En ciencias, la atención a la adquisición de hechos científicos básicos, la comprensión y aplicación de conceptos científicos, el énfasis en diseñar y llevar a cabo investigaciones y la adopción de un enfoque temático son estrategias de enseñanza que se recomiendan en algunos países más que en otros<sup>17</sup>.

**Organización del currículum.** El modo en que está organizado el sistema educativo —nacional, regional y local— tiene un impacto significativo sobre las oportunidades que tienen los estudiantes de aprender matemáticas y ciencias. En el centro educativo, el énfasis relativo y la cantidad de tiempo especificada para las matemáticas, las ciencias y otras materias en los diferentes cursos puede influir mucho en esas oportunidades. Prácticas organizativas como los itinerarios académicos o la separación de los alumnos en grupos según su capacidad pueden exponer a los estudiantes a diferentes currículos. En ciencias, enseñar los principales componentes de la ciencia como materias separadas puede dar como resultado diferentes

experiencias para los estudiantes, frente al enfoque global de las ciencias como una única materia.

**Seguimiento y evaluación del currículum aplicado.** Muchos países tienen sistemas de seguimiento y evaluación de la aplicación del currículum y de diagnóstico del estado de su sistema educativo. Los métodos de uso más común incluyen las pruebas externas, la inspección de los centros y las auditorías. Los responsables de la política educativa pueden utilizar influencias externas al centro, por ejemplo las pruebas externas nacionales o regionales, para hacer cumplir el currículum. Los responsables de la política educativa también pueden trabajar en colaboración con la comunidad escolar (o con subpoblaciones seleccionadas) para desarrollar, aplicar y evaluar el currículum.

**Materiales curriculares y respaldo.** Aparte de utilizar pruebas externas, inspecciones y auditorías, los países pueden emplear otras estrategias para facilitar la aplicación del currículum pretendido. Estas incluyen la formación de los profesores para los contenidos y los enfoques pedagógicos especificados en el currículum. Esta formación puede ser una parte integrante del currículum de formación del profesorado o puede ser incluida en programas de desarrollo profesional. La aplicación del currículum puede ser también apoyada a través de la producción y la utilización de materiales de enseñanza, como libros de texto, guías con instrucciones y notas ministeriales que estén específicamente diseñadas para el currículum.

---

16 Mullis, I.V.S. y otros: *TIMSS 1999 International Mathematics Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.

17 Martin, M.O. y otros: *TIMSS 1999 International Science Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.

## Las centros educativos

En el modelo contextual de TIMSS, el centro educativo es la institución a través de la cual se aplican los objetivos del currículum. Aceptando que un centro de alta calidad no es simplemente una colección de atributos discretos sino más bien un sistema integrado bien gestionado en el que cada acción o política afecta directamente a todas las demás partes, TIMSS se centra en un conjunto de indicadores de calidad de los centros que la investigación ha mostrado como característicos de ese tipo de centros.

**Organización del centro.** Tanto por ser parte de un sistema educativo nacional, regional o local más amplio como por las propias decisiones tomadas en el propio centro, la instrucción de las ciencias y las matemáticas se desarrolla dentro de determinadas limitaciones organizativas. Por ejemplo, el tiempo asignado a la docencia en términos de días por año y minutos por día, y en particular para la instrucción en matemáticas y en ciencias, puede influir en el rendimiento. También es importante saber algo de los diferentes tipos de centros, ya que algunos pueden llegar a especializarse. Por ejemplo, en los países con distintos itinerarios de alumnos, el centro puede estar designada para que haga énfasis bien en un currículum de tipo académico o en uno de formación profesional.

**Objetivos del centro.** La investigación sobre escuelas eficaces sugiere que los centros de éxito identifican y comunican objetivos ambiciosos pero razonables y trabajan hacia su aplicación. Los objetivos comúnmente articulados incluyen la formación, la excelencia académica, el crecimiento personal, los buenos hábitos de trabajo y la autodisciplina.

**Funciones del director del centro.** El director del centro normalmente ejerce muchas funciones de liderazgo. Estas incluyen garantizar que el centro, su funcionamiento y sus recursos se gestionen de manera óptima. El director puede guiar al centro a la hora de fijar normas, buscar oportunidades futuras y construir y mantener un ambiente favorable al aprendizaje. Puede facilitar el desarrollo, la articulación, la aplicación, la gestión y la evaluación de un modelo de aprendizaje que sea compartido y respaldado por la comunidad escolar. El director puede defender, alimentar y sostener activamente una cultura escolar

positiva y un programa educativo conducente al aprendizaje de los estudiantes y al crecimiento profesional de los profesores. Las funciones primarias que cumple el director son una indicación útil de la estructura administrativa y educativa del centro.

**Recursos para apoyar el aprendizaje de las matemáticas y de las ciencias.** La aplicación del currículum se puede facilitar mediante la asignación de las instalaciones, materiales y equipamiento necesarios para lograr los objetivos de aprendizaje especificados. Los resultados de TIMSS indican que los estudiantes de los centros con buenos recursos generalmente obtienen un rendimiento mayor que aquellos que estudian en centros en los que la escasez de recursos afecta a la capacidad de aplicar el currículum. Hay dos tipos de recursos que influyen en la aplicación del currículum. Los recursos generales incluyen los materiales de enseñanza, el presupuesto para suministros, las instalaciones de los centros, los sistemas de calefacción o aire acondicionado e iluminación y el espacio en el aula. Los recursos específicos de una determinada materia pueden incluir ordenadores, software, calculadoras, equipos y materiales de laboratorio, material de biblioteca y recursos audiovisuales.

**Participación de los padres.** La investigación ha mostrado que las escuelas eficaces tienen un alto grado de congruencia entre las expectativas de los padres, de los estudiantes y del propio centro. La participación de los padres en las actividades escolares puede ser una importante fuente de apoyo en el trabajo de lograr los objetivos propios de los estudiantes y del centro mismo y para formar actitudes positivas en los estudiantes. Los datos de TIMSS revelan que los centros con un alto grado de participación de los padres, particularmente en las áreas de comprobar la realización de los deberes, prestarse como voluntarios para acompañar excursiones y recaudar fondos, generalmente tienen un rendimiento académico superior a aquellas en las que no se produce esa participación.

**Entorno escolar disciplinado.** Aunque un entorno escolar seguro y ordenado no garantiza por sí solo unos niveles altos de rendimiento, el aprendizaje de los estudiantes puede ser más difícil en los centros en los que la disciplina sea un problema, los estudiantes falten habitualmente o lleguen tarde a clase, o temen por su integridad o por la pérdida de sus bienes personales.

## Los profesores y su preparación

Los profesores son los agentes primarios de la aplicación del currículum. Independientemente del detalle con que esté especificado el currículum o de lo explícito que sea el libro de texto, son los actos del profesor en el aula lo que más afecta al aprendizaje de los estudiantes. Lo que conocen los profesores y son capaces de hacer es de importancia primordial. Una revisión reciente sugiere que, para garantizar la excelencia, los profesores deben tener elevadas destrezas académicas, enseñar en el campo en el que han recibido su formación, tener unos cuantos años de experiencia y tomar parte en programas de formación continua y desarrollo profesional de alta calidad.<sup>18</sup>

**Preparación académica y autorización.** Sabedores del papel clave del profesor en la aplicación del currículum, muchos países se centran en mejorar la formación de los aspirantes a profesores, particularmente en lo tocante a la formación específica en matemáticas y ciencias, tan necesarias para una enseñanza efectiva en estas materias.

Los métodos por los cuales los profesores son autorizados a ejercer varían mucho de un país a otro. Incluyen completar los cursos especificados, aprobar exámenes y pasar un período de prueba. En algunos países puede haber métodos alternativos para obtener la autorización, especialmente en materias que sufren escasez de profesores.

El énfasis relativo en el conocimiento de contenidos y en el enfoque pedagógico de los aspirantes de profesor y en cómo los programas de formación del profesorado se mantienen actualizados con los rápidos avances en la ciencia y la tecnología son rasgos importantes de estos programas. Los métodos empleados para permitir a los profesores obtener una formación amplia y ser educadores reflexivos y profesionales con una actitud positiva permanente hacia el aprendizaje también pueden ser una faceta importante de la formación inicial del profesorado. La colaboración entre las universidades y los centros educativos y el uso de estándares de competencia también puede contribuir a una buena preparación académica para la

profesión de enseñante. Las aproximaciones innovadoras a la formación de profesores que capitalizan las oportunidades brindadas por Internet y la moderna tecnología informática en general también pueden ser importantes en su preparación.

**Contratación de profesores.** El crecimiento de la tecnología en los últimos años significa que los sistemas educativos deben competir con la industria para conseguir los mejores candidatos en el campo de las matemáticas y las ciencias. El rápido avance de estas áreas de conocimiento exige que los futuros profesores sean capaces de mantener el paso en estos campos de rápida evolución. Esto exige atraer aspirantes del máximo nivel que sean capaces de adaptar lo que enseñan a las cambiantes demandas de la educación moderna. Los contratos de empleo, los incentivos como educación universitaria gratuita y otras prestaciones son algunos de los métodos empleados para contratar a candidatos aptos.

**Asignación de profesores.** TIMSS ha demostrado que hay una considerable variación de unos países a otros en el porcentaje de estudiantes a quienes enseñan matemáticas o ciencias profesores especialistas en esas materias. Aunque puede haber tanto problemas como beneficios asociados al hecho de que los profesores enseñen “fuera de su campo”, es interesante saber cómo los profesores adquieren el conocimiento específico necesario para enseñar la materia de manera eficaz.

**Iniciación de profesores.** La transición desde la universidad a un puesto docente puede ser difícil. En consecuencia, en muchos países un gran porcentaje de profesores noveles abandonan la profesión tras sólo unos pocos años dedicados a la enseñanza<sup>19</sup>. La medida en que los centros adoptan un papel activo en la aculturación y transición del nuevo profesor puede ser importante. El recurso a guías o mentores para modelar las buenas prácticas entre colegas, las actividades de desarrollo profesional y los programas de iniciación diseñados por profesores experimentados del centro de acogida pueden ser importantes para ayudar al profesor principiante.

18 Mayer, D.P., Mullens, J.E. y Moore, M.T.: *Monitoring School Quality: An Indicators Report*, NCES 2001-030, Washington, DC: National Center for Education Statistics, 2000.

19 Moskowitz, J. y Stephens, M. (editores): *From Students of Teaching to Teachers of Students: Teacher Induction Around the Pacific Rim*, Washington, DC: U.S. Department of Education, 1997.

**Experiencia de los profesores.** Hay estudios que sugieren que los estudiantes aprenden más cuando les enseñan profesores experimentados que cuando lo hacen profesores con sólo unos pocos años de experiencia. Sin embargo, la relación entre experiencia y rendimiento puede verse influida por muchos factores. Por ejemplo, las políticas de asignación de profesores en los centros puede dar como resultado que los profesores de mayor destreza se ocupen de clases específicas o que los profesores mayores reciban a las clases de los itinerarios más selectos. La necesidad de que los profesores con muchos años de dedicación se incorporen a un proceso de formación permanente, y la medida en que puedan hacerlo, puede también tener un impacto sobre su efectividad.

**Estilos didácticos.** Los investigadores han identificado varios estilos didácticos<sup>20</sup>. Recoger información sobre cómo asignan los profesores su tiempo a actividades tales como clases magistrales, trabajo de los estudiantes con la guía del profesor, reexponer y aclarar contenidos y procedimientos, trabajo en pequeños grupos y trabajo individual, por ejemplo, aporta elementos útiles acerca de los enfoques pedagógicos dominantes en el aula. Los informes de los estudiantes sobre cuánto tiempo se dedica a enseñarles a hacer matemáticas y ciencia, trabajar a partir de hojas de cálculo o libros de texto, trabajar en proyectos o comentar los deberes son también importantes indicadores del estilo de enseñanza.

Los informes internacionales TIMSS han mostrado que la utilización de la pizarra es un método de presentación muy común en las clases de matemáticas y de ciencia. Son menos frecuentes otros métodos de presentación, incluido el uso de un proyector o el uso de un ordenador por el profesor para exponer ideas y el uso de la pizarra o el uso de un proyector por los estudiantes.

**Desarrollo profesional.** Aunque la inversión en la formación inicial de los futuros profesores de matemáticas y de ciencias probablemente dé sus frutos a largo plazo, los esfuerzos para fortalecer los conocimientos y las destrezas de los profesores existentes deben basarse en oportunidades de desarrollo profesional. A menos que los profesores participen en actividades de formación continua, se arriesgan a estar desinformados acerca de desarrollos clave en el campo de la educación y de sus áreas de conocimiento que se han producido desde que recibieron su formación inicial. Hay una preocupación especial por el hecho de que, sin acceso a un desarrollo profesional de alta calidad, los profesores serán incapaces de beneficiarse de los avances de las nuevas tecnologías. En consecuencia, los profesores necesitan aprender a utilizar ordenadores e Internet en el aula para aprovechar lo bueno que tienen.

El desarrollo profesional de los profesores es de importancia capital en todo intento de cambio o reforma de un sistema educativo. Las actividades de desarrollo del profesorado incluyen la expansión de su repertorio individual de prácticas de aula a través de formación, observación de (o por) otros profesores, actividades de inmersión como ayudantes o becarios, grupos de trabajo de profesores, colaboraciones entre profesores, asociaciones dedicadas a una materia, colaboraciones dirigidas a iniciativas específicas e institutos y centros especiales<sup>21</sup>. La frecuencia y el tipo de actividades de desarrollo, el nivel de dedicación intelectual, social y emocional y el grado en que el programa está fundado en contextos más amplios de práctica escolar y de necesidades educativas de los estudiantes son indicadores importantes de programas logrados de desarrollo de profesores<sup>22</sup>.

---

20 Grasha, A.: *Teaching with Style*, Pittsburg, Pensilvania, Estados Unidos: Alliance Publishers, 1996.

21 Mullis, I.V.S. y otros: *Mathematics Benchmarking Report, TIMSS 1999 – Eighth Grade: Achievement for U.S. States and Districts in an International Context* (págs. 237-244), Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2001; Martin, M.O. y otros: *Science Benchmarking Report, TIMSS 1999 – Eighth Grade: Achievement for U.S. States and Districts in an International Context* (págs. 253-260), Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2001.

22 Little, J.W.: "Teachers' Professional Development in a Climate of Educational Reform" en *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 15(2), págs. 129-151, Washington, DC: American Educational Research Association, 1993.

## Las actividades y características del aula

Aunque el centro educativo proporciona el contexto general, es en el marco del aula y con la tutela del profesor donde se produce la mayor parte de la enseñanza y del aprendizaje. Por marco del aula hemos de entender también el trabajo asignado en el aula pero terminado en otra parte, por ejemplo deberes, encargos de biblioteca o trabajos de campo. Los aspectos del currículum aplicado que se estudian con más facilidad en el aula incluyen el temario efectivamente impartido, los enfoques pedagógicos empleados, los materiales y equipos disponibles y las condiciones en que tiene lugar el aprendizaje, incluido el tamaño y la composición de la clase y la cantidad de tiempo lectivo dedicada a la enseñanza de matemáticas y ciencias.

**Temas del currículum impartidos.** Un punto esencial del currículum impartido es la medida en que los temas de matemáticas y ciencias de los marcos TIMSS se imparten en el aula. TIMSS se ocupa de esta cuestión preguntándoles a los profesores de matemáticas y ciencias que dan clase a los estudiantes evaluados si cada uno de los temas sometidos a evaluación se había visto en clase, bien en el curso actual o bien en cursos anteriores, y cuantas clases se dedicaban al tema. TIMSS caracteriza la cobertura y el grado de rigor de los cursos de matemáticas y ciencias impartidos en los países participantes mediante la descripción del enfoque principal del trabajo en las clases evaluadas.

**Tiempo.** La cantidad de tiempo lectivo dedicado en el aula a las matemáticas y a las ciencias es un aspecto importante de la aplicación del currículum. TIMSS ha mostrado que el uso eficiente de ese tiempo y los efectos desorganizadores de las interrupciones externas son aspectos relacionados con una enseñanza eficaz.

**Deberes.** Las razones para mandar deberes, así como la cantidad y la clase de deberes que se mandan, son consideraciones pedagógicas importantes. Los debe-

res sirven para incrementar el tiempo dedicado a una materia. Se pueden emplear para reforzar y/o ampliar los conceptos desarrollados en una clase.

**Evaluaciones.** Los resultados de TIMSS muestran que los profesores dedican bastante tiempo a evaluar a los estudiantes, bien como medio de calibrar lo que han aprendido los estudiantes y así servir de guía en las actividades futuras de aprendizaje o bien como medio de proporcionar una realimentación a estudiantes, profesores y padres. La frecuencia de los diversos tipos de evaluación y la ponderación dada a cada uno son indicadores importantes de la enseñanza y pedagogía escolares. Los tipos de evaluación incluyen las pruebas externas normalizadas, las pruebas abiertas y las pruebas objetivas diseñadas por el profesor, los deberes asignados, los proyectos o ejercicios prácticos, las respuestas de los estudiantes en clase y la observación de los estudiantes.

**El clima de clase.** El clima de clase tiene que ver con el ambiente, el tono, la atmósfera y el *ethos* del aula.<sup>23</sup> Las percepciones que tienen los estudiantes y los profesores del clima del aula influyen en los comportamientos y los resultados del aprendizaje<sup>24</sup>. La medida en que los estudiantes participan activa y atentamente en clase, el grado en que se llevan bien con los demás e interactúan positivamente con ellos, la relación entre los estudiantes y el profesor y la claridad organizativa de la clase son facetas importantes del clima del aula.

**Nuevas tecnologías.** El ordenador está transformando rápidamente la enseñanza en la medida en que los estudiantes se preparan para incorporarse a una población tecnológicamente activa. La informática ahorra tiempo y, lo que es más importante, proporciona a los estudiantes acceso a nuevas y poderosas formas de explorar conceptos con una profundidad que no era posible en el pasado. Los ordenadores pueden desencadenar un nuevo entusiasmo y una nueva motivación para aprender, permiten a los estudiantes aprender a su propio ritmo

23 Fraser, B.J. y Walberg, H.J.: *Educational Environments: Evaluation, Antecedents and Consequences*, Nueva York: Pergamon Press, 1991.

24 Lorsch, A.W. y Jinks, J.L.: "Self-Efficacy Theory and Learning Environment Research", en *Learning Environments Research*, 2, págs. 157-167, Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers, 1999.

y les da acceso a ingentes fuentes de información a través de Internet.

Aunque los ordenadores sin duda están cambiando el paisaje educativo, los centros operan con recursos finitos; la asignación de dinero, espacio y tiempo a las nuevas tecnologías puede restar unos recursos escasos a otras prioridades, tales como los aumentos salariales del profesorado, su desarrollo profesional, la reducción del número de alumnos por profesor y la dotación de recursos necesarios en la enseñanza como equipos y salas de laboratorio. Además, el mantenimiento de los sistemas informáticos de los centros y la continuidad del personal de apoyo pueden ser tan importantes como la adquisición de los ordenadores.

El uso efectivo y eficiente de ordenadores exige una formación adecuada de los profesores, de los estudiantes y del personal del centro. Entre los factores que limitan la utilización de ordenadores están la falta de hardware y software apropiados, el software que no es congruente con el currículum, la falta de formación y apoyo a los profesores y la falta de fondos para la reparación y el mantenimiento de los ordenadores.

El rápido crecimiento en el acceso de parte de los estudiantes a los recursos informativos de Internet, tanto en el centro como en sus casas, tiene un potencial sin precedentes para revolucionar el aprendizaje de las matemáticas y de las ciencias. Hay pruebas evidentes de la importancia de que haya múltiples vías de acceso a Internet, por ejemplo en los centros educativos, en las bibliotecas y en los domicilios. En los países en que los estudiantes tienen un acceso fácil a Internet, es importante que se les enseñe a utilizar la información y a evaluar su veracidad y valía.

Aparte de darles a los estudiantes acceso a Internet, los ordenadores pueden servir para otros fines educativos. Aunque inicialmente estaban limitados a ejercicios y prácticas de aprendizaje, ahora se utilizan de formas diversas que incluyen clases prácticas, simulaciones, juegos y aplicaciones. Nuevos programas de ordenador permiten a los estudiantes plantear sus propios problemas y explorar y descubrir propiedades matemáticas y científicas por su cuenta. El software de ordenador para la modelización y visualización de ideas puede abrir un mundo totalmente nuevo a los estudiantes y ayudarles a conectar estas ideas a su lenguaje y a su sistema simbólico.

**Uso de calculadoras.** El uso de calculadoras varía mucho de un país a otro e incluso en diferentes zonas de un mismo país, pero por lo general va en aumento al dejar de ser su coste un impedimento y al evolucionar el currículum de matemáticas para tener en cuenta las calculadoras. Muchos países tienen normativas que regulan el acceso a las calculadoras y su uso, especialmente en los cursos más bajos. Cuáles sean esas normativas y cómo cambian a lo largo de los cursos puede ser importante para comprender el currículum.

Las calculadoras se pueden utilizar para explorar el reconocimiento de números, para contar y para los conceptos de mayor y menor. También pueden permitirles a los estudiantes resolver problemas numéricos más rápidamente al eliminar los cálculos tediosos y de ese modo permitirles participar más en el proceso de aprendizaje. Las calculadoras gráficas hacen posible pasar de ecuaciones a gráficos y al análisis de datos, permitiendo una aproximación visual o numérica a los problemas. Cómo hacer el mejor uso de las calculadoras y cuál debe ser su papel siguen siendo cuestiones importantes para los profesores y para los especialistas del currículum de matemáticas.

**Énfasis en las investigaciones.** El énfasis en la realización de proyectos e investigaciones varía mucho de unos países a otros. Una exploración de la frecuencia y la naturaleza de una tarea puede iluminar el aprendizaje en cuestión. En ciencias, las investigaciones prácticas son a menudo una parte integrante del proceso de aprendizaje. En qué medida estas actividades sean expuestas por el profesor y llevadas a cabo por los estudiantes también variará de unos países a otros.

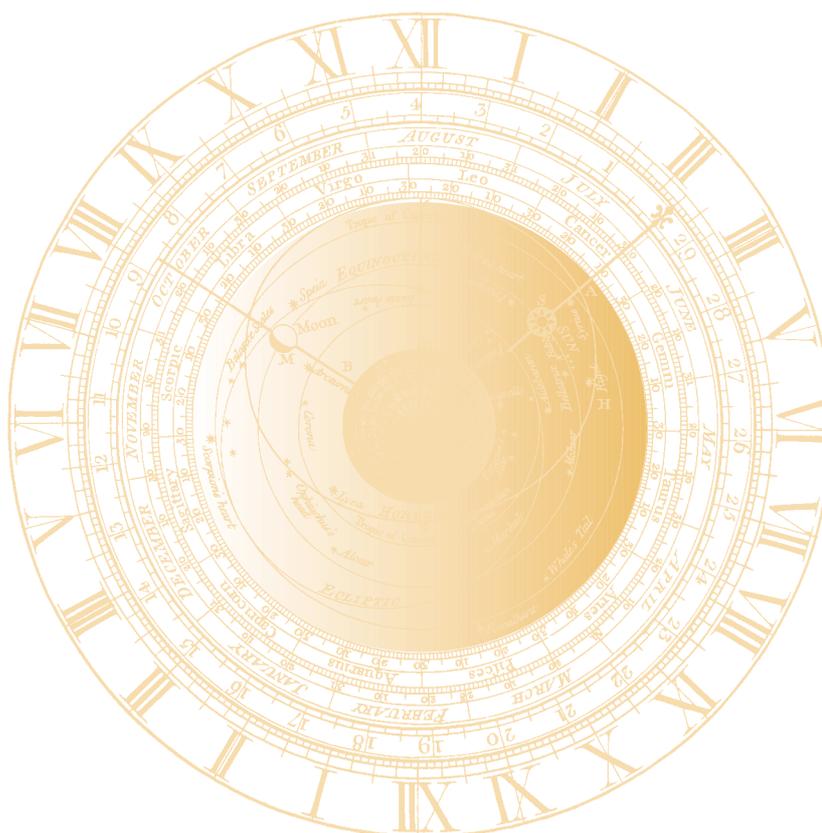
**Tamaño de la clase.** El tamaño de la clase puede servir de indicador económico; las clases reducidas pueden ser un indicador de mayor riqueza. Sin embargo, números más reducidos de estudiantes por clase pueden ser el resultado de políticas gubernamentales que fijan un tope al tamaño de la clase. Más aún, el tamaño de la clase puede ser reflejo de una asignación selectiva de recursos, por ejemplo, para necesidades especiales o clases prácticas. Sea cual sea la razón del tamaño de las clases, hay pocas dudas de que afecta a la manera en que los profesores aplican el currículum.

## Los estudiantes

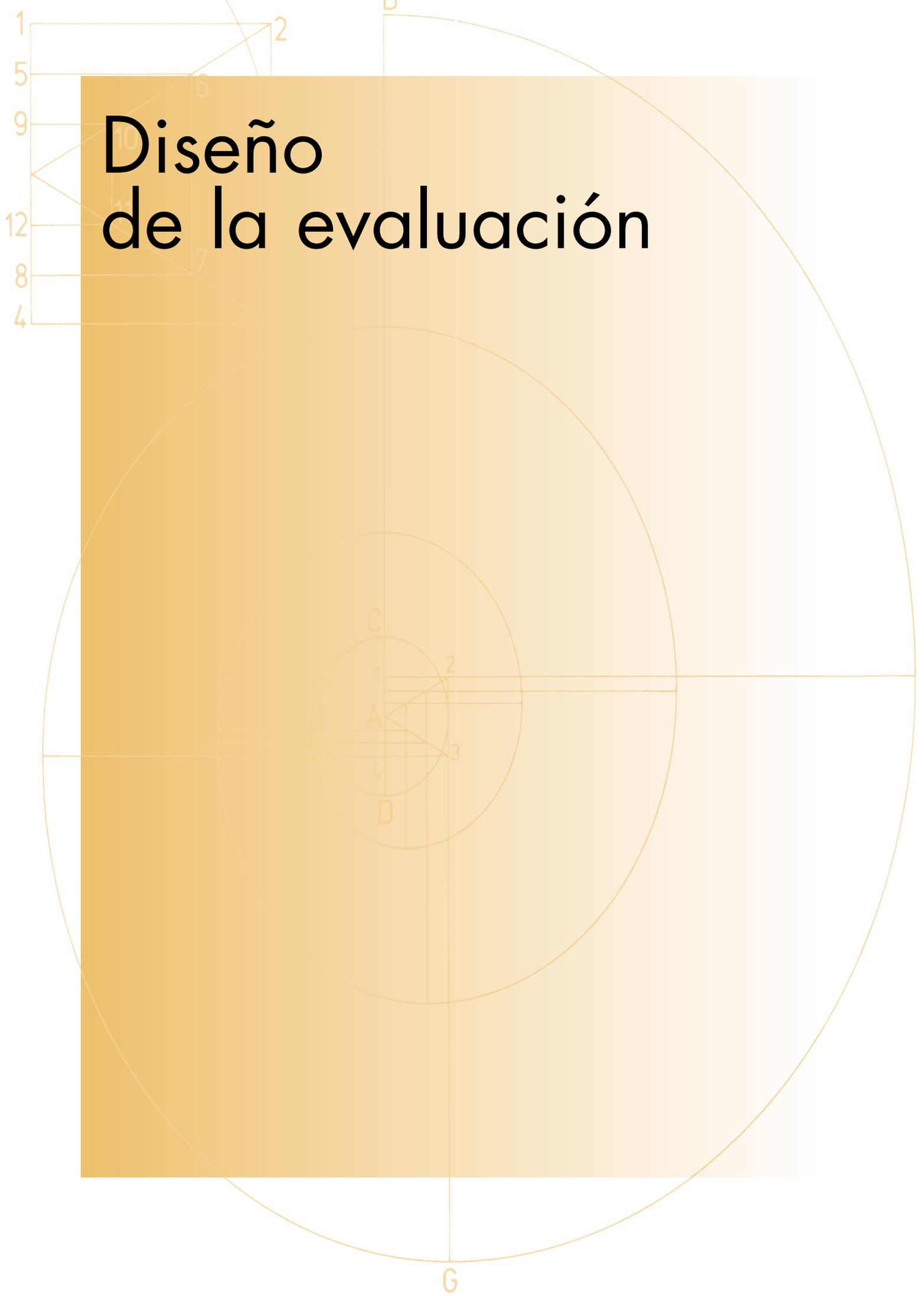
**Ambiente doméstico.** Los estudiantes llegan al centro escolar desde diferentes ambientes domésticos y con experiencias diferentes. El número de libros en una casa, la disponibilidad de una mesa de estudio, la presencia de un ordenador y el nivel educativo de los padres han demostrado ser importantes variables del ambiente doméstico, indicadoras del estatus socioeconómico de la familia y relacionadas con el rendimiento académico. Igualmente importantes son la actitud de los padres y su participación en la educación de su hijo. La proporción que las ocupaciones laborales, el deporte y las ocupaciones recreativas ocupan en el tiempo del estudiante también pueden influir en el aprendizaje.

**Experiencias anteriores.** Los estudiantes afrontan las matemáticas y las ciencias con un acervo de experiencias anteriores que afectan a su disposición para aprender. Estas incluyen el aprendizaje previo de la materia, las interacciones positivas o negativas con profesores anteriores y la dificultad o facilidad con que se aprendieron los contenidos de la materia.

**Actitudes.** Crear en los estudiantes una actitud positiva hacia las matemáticas y las ciencias es un objetivo importante del currículum en muchos países. La motivación para aprender puede verse influida por el hecho de que disfruten de la materia, la consideren valiosa y piensen que es importante para el presente y para sus futuras aspiraciones profesionales. Además, la motivación de los estudiantes puede verse afectada por el grado en que atribuyan el éxito o el fracaso en la materia a factores internos o externos.



# Diseño de la evaluación





# Diseño de la evaluación

## Alcance de la evaluación

Para medir el rendimiento de los estudiantes en matemáticas y en ciencias en cuarto y octavo y recopilar información acerca de los contextos del rendimiento, la evaluación TIMSS 2003 incluye pruebas escritas de matemáticas y ciencias y una serie de cuestionarios centrados en los contextos del aprendizaje de esas materias. Este capítulo describe el diseño de la evaluación y las especificaciones para hacer operativos los componentes del estudio. Una de las características de TIMSS es que incluye tanto las matemáticas como las ciencias y todos los estudiantes responden a preguntas de ambas materias.

Los marcos teóricos de TIMSS tienen objetivos de cobertura amplios y en consecuencia el Grupo de Expertos de TIMSS vio que una evaluación válida de las matemáticas y de las ciencias descritas en los marcos teóricos requeriría un conjunto sustancial de preguntas o ítems y un tiempo de prueba extenso: al menos siete horas (para el conjunto de matemáticas y ciencias) en octavo y más de cinco horas y media en cuarto. Aunque el material de evaluación que se puede presentar en ese tiempo debería dar una buena cobertura de las matemáticas y de las ciencias que se encuentran los estudiantes en su vida escolar y cotidiana, no es razonable esperar que todos los estudiantes respondan a la totalidad de los ítems.

## División del conjunto de ítems

Puesto que el tiempo de prueba requerido para evaluar del conjunto de ítems completo excede ampliamente el tiempo disponible para evaluar a cada estudiante, TIMSS procede a distribuir el material de evaluación entre los distintos estudiantes. El enfoque de TIMSS, basado en técnicas de muestreo matricial, conlleva dividir el conjunto de ítems en

varios cuadernillos de modo que cada estudiante responderá a un solo cuadernillo. Los ítems se asignan a los cuadernillos de tal forma que se pueda obtener una visión exhaustiva del rendimiento de toda la población estudiantil a partir de las respuestas combinadas de estudiantes individuales a cuadernillos individuales.

Sobre la base de la experiencia pasada con TIMSS, los Coordinadores Nacionales de Investigación de los países participantes acordaron que el tiempo de prueba para cada estudiante no se debía verse incrementado con respecto a otras evaluaciones anteriores. Así, al igual que en el pasado, el tiempo para rellenar cada cuadernillo de estudiante tiene que ajustarse a unos 90 minutos para octavo y unos 65 minutos para cuarto. En cada curso están previstos unos 15-30 minutos adicionales para un cuestionario de estudiantes.

Para facilitar la creación de los cuadernillos, los ítems se agrupan previamente en grupos o bloques. Estos se convierten posteriormente en los elementos constructivos a partir de los cuales se montan los cuadernillos. En TIMSS 2003, el conjunto total de ítems en cada curso (siete horas de pruebas en octavo y más de cuatro horas y media en cuarto) se dividirá en 28 bloques, 14 de matemáticas y 14 de ciencias, como muestra la Figura 4. Cada bloque contendrá únicamente ítems de matemáticas o ítems de ciencias. Los bloques correspondientes a octavo contendrán 15 minutos de ítems y los de cuarto tendrán 12 minutos; aparte de esto, el diseño es idéntico en los dos niveles. Los bloques que contienen ítems de matemáticas llevarán una etiqueta de M1 a M14 y los bloques de ciencias irán del C1 al C14. Los bloques 13 y 14 tanto de matemáticas como de ciencias se presentarán juntos, permitiendo un bloque de extensión doble en cada materia que se puede utilizar para encajar tareas de resolución de problemas o investigaciones más largas.

**Figura 4.** Bloques de muestreo de matrices TIMSS 2003: Cursos cuarto y octavo

Origen o tipo de ítem	Bloques de matemáticas	Bloques de ciencias
Ítems de tendencia (TIMSS 1995 ó 1999)	M1	C1
Ítems de tendencia (TIMSS 1995 ó 1999)	M2	C2
Ítems de tendencia (TIMSS 1995 ó 1999)	M3	C3
Ítems de tendencia (TIMSS 1995 ó 1999)	M4	C4
Ítems de tendencia (TIMSS 1995 ó 1999)	M5	C5
Ítems de tendencia (TIMSS 1995 ó 1999)	M6	C6
Nuevos ítems sustitutivos	M7	C7
Nuevos ítems sustitutivos	M8	C8
Nuevos ítems sustitutivos	M9	C9
Nuevos ítems sustitutivos	M10	C10
Nuevos ítems sustitutivos	M11	C11
Nuevos ítems sustitutivos	M12	C12
Nuevos ítems sustitutivos	M13	C13
Nuevos ítems sustitutivos	M14	C14

Puesto que TIMSS en 2003 y en ciclos posteriores tiene previsto dar una valoración actualizada del rendimiento de los estudiantes en matemáticas y ciencias, al tiempo que mide tendencias en el rendimiento desde 1995 y 1999<sup>25</sup>, el diseño de TIMSS para 2003 incluye ítems de evaluaciones anteriores para poder medir tendencias, así como nuevos ítems innovadores de resolución de problemas y de investigación e ítems sustitutivos de aquellos que se hayan declarado de dominio público. De los 14 bloques de ítems en cada materia, seis (los bloques 1 a 6) contienen ítems protegidos de evaluaciones TIMSS anteriores para medir tendencias<sup>26</sup> y ocho (los bloques 7 a 14) contienen ítems nuevos o sustitutivos.

## Diseño de bloques para los cuadernillos

Al elegir cómo distribuir los bloques en los cuadernillos, el objetivo principal ha sido maximizar la cobertura del marco teórico al tiempo que se garantiza que cada estudiante responde a suficientes ítems

para proporcionar una medida fiable de tendencias tanto en matemáticas como en ciencias. Otro objetivo ha sido garantizar que las tendencias en las áreas de contenido de matemáticas y ciencias se puedan medir de manera fiable. Para permitir una vinculación entre cuadernillos, al menos algunos bloques se tienen que emparejar con otros. Como el número de cuadernillos puede crecer desmesuradamente si cada bloque tiene que ser emparejado con todos los demás, ha sido necesario elegir juiciosamente entre las posibles combinaciones de bloques para asegurar un número de cuadernillos razonable.

El cambio en la política de TIMSS sobre el uso de calculadoras en octavo también ha tenido impacto en el diseño de cuadernillos para 2003. Como las calculadoras no estaban permitidas en 1995 y 1999 pero sí lo estarán en 2003, ha sido necesario ordenar los bloques en los cuadernillos para que se pueda utilizar calculadoras en los nuevos ítems, pero no en los ítems de tendencia. A este respecto, los bloques de tendencia han sido colocados en la parte inicial de cada cuadernillo, que tiene que responderse sin calculadoras antes de la pausa de descanso.

25 TIMSS medirá tendencias en octavo a partir de los datos de 1995 y 1999, pero en cuarto sólo a partir de los de 1995, ya que la evaluación TIMSS 1999 sólo se realizó en octavo.

26 Aunque el diseño de evaluación para 2003 y futuros ciclos en cuarto curso dispone unos 72 minutos de ítems de tendencia tanto en matemáticas como en ciencias, sólo está disponible la mitad de esta cantidad para la evaluación de 2003. Esto se debe a que TIMSS no evaluó a estudiantes de cuarto en 1999 y por tanto sólo tiene ítems de tendencia de 1995 para este curso. En consecuencia, los seis bloques de tendencia en la evaluación de cuarto curso de 2003 constarán en parte de ítems de tendencia de 1995 y en parte de ítems nuevos. Los ítems usados por primera vez en 2003 estarán disponibles para medir tendencias a partir de 2007.

En el diseño TIMSS, los 28 bloques se distribuirán en 12 cuadernillos (véase la Figura 5). Se utilizará el mismo diseño de cuadernillo tanto en cuarto como en octavo, aunque los bloques de octavo contendrán 15 minutos de ítems y los bloques de cuarto tendrán 12. Cada cuadernillo constará de seis bloques de ítems. La mitad de los cuadernillos tendrá cuatro bloques de matemáticas y dos de ciencias, mientras que la otra mitad tendrá cuatro bloques de ciencias y dos de matemáticas. Todas los cuadernillos de los estudiantes contendrán al menos dos bloques de ítems de matemáticas y dos bloques de ítems de ciencias, de forma que todos los estudiantes respondan a suficientes ítems para proporcionar una medida fiable de las tendencias en ambas materias. Además, los estudiantes a los que se les sean asignados cuadernillos con cuatro bloques de matemáticas (la mitad de la muestra de estudiantes) proporcionarán suficientes datos para medir las tendencias en las áreas de contenido de matemáticas, mientras que los estudiantes a quienes se les asignen cuadernillos con cuatro bloques de ciencias proporcionarán datos de tendencia en las áreas de contenido de ciencias.

Como muestra la Figura 5, los estudiantes a quienes se les asigne el Cuadernillo 1 responderán a cuatro bloques de ítems de matemáticas, M1, M2, M7 y M10, y dos bloques de ciencias, C1 y C12. Los ítems de los bloques M1, M2 y C1 serán ítems de tendencia tomados de evaluaciones TIMSS anteriores, mientras que los incluidos en M7, M10 y C12 serán ítems nuevos. Los estudiantes a los que se les asigne los Cuadernillos 2, 3, 4, 5 ó 6 también tendrán cuatro bloques de matemáticas y dos de ciencias, aunque los bloques variarán de un cuadernillo a otro, como se ve en la Figura 5. Los estudiantes a los que se les asigne alguno de los Cuadernillos del 7 al 12 tendrán que responder a cuatro bloques de ítems de ciencias y dos de matemáticas. Para permitir la vinculación entre cuadernillos, todos los bloques aparecerán en al menos dos de los 12 cuadernillos; los bloques de tendencia y los bloques dobles aparecerán en tres cuadernillos. Los países que participan en TIMSS buscarán una muestra de al menos 4.500 estudiantes para garantizar que haya suficientes estudiantes que respondan a cada ítem.

**Figura 5.** Diseño de cuadernillos en TIMSS 2003: Cursos cuarto y octavo

<b>Cuadernillo</b>	<b>Bloques de preguntas</b>					
Cuadernillo 1	M1	M2	C1	C12	M7	M10
Cuadernillo 2	M2	M3	C2	C11	M13/14	
Cuadernillo 3	M3	M4	C3	C10	M8	M11
Cuadernillo 4	M4	M5	C4	C9	M13/14	
Cuadernillo 5	M5	M6	C5	C8	M9	M12
Cuadernillo 6	M6	M1	C6	C7	M13/14	
Cuadernillo 7	C1	C2	M1	M12	C7	C10
Cuadernillo 8	C2	C3	M2	M11	C13/14	
Cuadernillo 9	C3	C4	M3	M10	C8	C11
Cuadernillo 10	C4	C5	M4	M9	C13/14	
Cuadernillo 11	C5	C6	M5	M8	C9	C12
Cuadernillo 12	C6	C1	M6	M7	C13/14	

Como se resume en la Figura 6, cada estudiante rellenará sólo uno de los 12 cuadernillos y un cuestionario de contexto. La carga de respuesta por estudiante es similar a la de TIMSS 1995 y 1999, esto es, 72 minutos para la prueba y 30 minutos para el cuestionario en cuarto, mientras que en octavo son 90 minutos y 30 minutos, respectivamente.

No se permitirá el uso de calculadoras durante la primera parte de la prueba de octavo pero sí podrán usarse en la segunda parte, a discreción de cada país participante. No se permitirá el uso de calculadoras en las pruebas de cuarto. Los 12 cuadernillos se asignarán de forma rotatoria en cada clase, de manera que un número más o menos igual de estudiantes en cada clase respondan a cada cuadernillo.

**Figura 6.** Tiempo de prueba por estudiante en TIMSS 2003

Actividad	Cuarto curso	Octavo curso
Cuadernillo de estudiante		
Apartado 1 (no se permite el uso de calculadoras)	36 minutos	45 minutos
Descanso		
Cuadernillo de estudiante		
Apartado 2 (se permiten las calculadoras sólo en octavo)	36 minutos	45 minutos
Descanso		
Cuestionario de contexto	30 minutos	30 minutos

## Tipos de preguntas y procedimientos de puntuación

El conocimiento y la comprensión en matemáticas y ciencias por parte de los estudiantes se evaluará a través de varias preguntas en cada materia. Se utilizarán dos formatos de pregunta en la evaluación TIMSS: elección múltiple y respuesta construida. Cada pregunta de elección múltiple valdrá un punto. Las preguntas de respuesta construida generalmente valdrán uno, dos o tres puntos, dependiendo de la naturaleza de la tarea y de las destrezas necesarias para llevarla a cabo. No obstante, la resolución de problemas extensos y los ítems de investigación pueden exigir que los estudiantes trabajen con materiales y manipulados y que desarrollen una o más respuestas extensas. Estas pueden valer hasta cinco puntos, también aquí según la naturaleza de la tarea. Hasta dos terceras partes del número total de puntos representados por todas las preguntas corresponderán a preguntas de elección múltiple. Al elaborar las preguntas, la elección del formato de ítem dependerá de la rama de matemáticas o ciencias que se esté evaluando y del grado del rendimiento que deben mostrar los estudiantes.

*Preguntas de elección múltiple.* Las preguntas de elección múltiple ofrecen a los estudiantes cuatro o cinco opciones de respuesta, de las cuales sólo una es correcta. Estas preguntas se pueden usar para evaluar cualquiera de los rendimientos en los dominios cognitivos. Sin embargo, como no permiten explicaciones o enunciados de apoyo por parte de los estudiantes, las preguntas de elección múltiple quizá sean menos apropiadas para evaluar la capacidad de los estudiantes a la hora de hacer interpretaciones o evaluaciones más complejas.

En cuarto y octavo curso, es importante que las características lingüísticas de las preguntas sean adecuadas al desarrollo de los estudiantes. Por tanto, las preguntas están redactadas de manera clara y concisa. Las opciones de respuesta también están redactadas de manera sucinta a fin de minimizar la carga lectora de la pregunta. Las opciones incorrectas están redactadas para que sean plausibles, pero no para engañar. Para los estudiantes que no conozcan este formato de preguntas, las instrucciones que aparecen al inicio de la prueba incluyen unos ítems de elección múltiple de muestra para ejemplificar cómo seleccionar y especificar una respuesta.

*Preguntas de respuesta construida.* En este tipo de ítem se les pide a los estudiantes que redacten una respuesta por escrito en vez de seleccionar una respuesta de un conjunto de opciones. Las preguntas de respuesta construida son particularmente apropiadas para evaluar aspectos del conocimiento y de las destrezas requeridas cuando los estudiantes han de explicar fenómenos o interpretar datos sobre la base de su experiencia y conocimiento.

En la evaluación TIMSS, las preguntas de respuesta construida valdrán uno, dos, tres o más puntos, dependiendo de la naturaleza de la tarea y el alcance de la explicación que requiere la pregunta. En estas preguntas es importante proporcionar suficiente información para ayudarles a los estudiantes a entender claramente la naturaleza de la respuesta esperada.

Las guías de puntuación para cada pregunta de respuesta construida describen las características esenciales de las respuestas apropiadas y completas. Las guías se centran en la evidencia del tipo de comportamiento que la pregunta evalúa. Describen tipos de respuestas parcial o totalmente correctas. Además, contienen una muestra de respuestas en cada nivel de comprensión para proporcionar una pauta a quienes han de calificar las respuestas de los estudiantes. Al puntuar las respuestas construidas, se tiene en cuenta únicamente el rendimiento de los estudiantes con respecto al tema evaluado, no con respecto a su capacidad de redactar bien. No obstante, los estudiantes tienen que comunicarse de un modo que sea claro para quienes califiquen sus respuestas.

Además, las guías de puntuación están codificadas para permitir en cada ítem una identificación de diversas aproximaciones de éxito total, parcial o nulo. Uno de los objetivos importantes del estudio es diagnosticar las dificultades de aprendizaje comunes en matemáticas y ciencias puestas en evidencia por errores y conceptos equivocados.

Puesto que las preguntas de respuesta construida constituyen una parte importante de la evaluación y son una parte integrante de la medición de tendencias, es muy importante que se apliquen consistentemente las guías de puntuación en todos los países y en cada ciclo de recopilación de datos. Para garantizar una aplicación consistente de las guías de puntuación para los ítems de 1999 en la evaluación de 2003<sup>27</sup>, la IEA ha archivado muestras de respuestas dadas por estudiantes de cada país; estas se usarán para formar a los encargados de puntuar en 2003 y para controlar que su aplicación sea consistente.

*Puntuación.* Al desarrollar la evaluación, el objetivo ha sido crear bloques de ítems que den, en media, unos 15 puntos en octavo y unos 12 puntos en cuarto. Por ejemplo, en octavo los bloques 1 a 12 de cada materia podrían constar de aproximadamente 8 ítems de elección múltiple (1 punto cada uno), 2 ó 3 ítems de respuesta construida breve (1 ó 2 puntos cada uno) y un ítem de respuesta construida extensa (3 puntos). El número exacto de puntos y la distribución de los tipos de pregunta por bloque puede variar ligeramente. Los bloques emparejados (13 y 14) podrán contener series más largas de resolución de problemas y de tareas de investigación, lo que requiere una combinación de respuestas construidas breves y extensas, diseñadas para sumar unos 30 puntos (juntos son aproximadamente el doble de extensos que los demás bloques). Algunos de los bloques más cortos también podrán contener ítems de resolución de problemas e investigación. Como los bloques para la evaluación de cuarto curso están diseñados para sumar 12-24 en vez de 15-30 puntos, habrá menos ítems pero las proporciones relativas de los diferentes tipos de ítems serán aproximadamente las mismas.

---

27 No hay preguntas de respuesta construida entre los ítems de tendencia de 1995, y por ello la consistencia en la puntuación no es un problema para estos ítems.

## Escalas de resultados

TIMSS informará de tendencias en el rendimiento de los estudiantes tanto en las áreas generales de matemáticas y ciencias como en los principales dominios de contenido de las materias. Como cada estudiante sólo responderá a una parte de la evaluación global, estas partes se tienen que combinar para obtener una visión general de los resultados para cada país. Usando métodos de la teoría de respuesta de ítems (IRT)<sup>28</sup>, las respuestas de estudiantes individuales a los ítems de matemáticas y ciencias se pondrán en escalas comunes que enlazan con los resultados de TIMSS 1995 y 1999. En octavo, habrá una escala general de matemáticas que permitirá a los países que participaron en TIMSS en 1995 y 1999 hacer un seguimiento de su progreso en el rendimiento matemático desde entonces; una escala similar les dará la misma información respecto de las ciencias. En cuarto, las escalas generales de matemáticas y ciencias estarán enlazadas solamente con 1995, ya que la evaluación TIMSS 1999 no incluía ese curso. Todos los estudiantes tendrán una puntuación global en matemáticas y ciencias.

Todas las respuestas de los estudiantes contribuirán a la medida del rendimiento en cada una de las áreas de contenido de matemáticas y ciencias. Además, aquellos estudiantes a los que se les asignen cuadernillos con cuatro bloques de ítems de matemáticas (la mitad de la muestra de estudiantes) proporcionarán datos para la medida de tendencias en las áreas de contenido de matemáticas, mientras que quienes reciban cuadernillos con cuatro bloques de ítems de ciencias (la otra mitad) proporcionarán datos sobre tendencias en las áreas de contenido de ciencias.

En las matemáticas, en cuarto curso, habrá cinco categorías de resultados en 2003:

- Números
- Álgebra
- Medición
- Geometría
- Datos

En cuarto curso habrá también cinco categorías de resultados en matemáticas:

- Números
- Patrones, ecuaciones y relaciones
- Medición
- Geometría
- Datos

Las ciencias de octavo tendrán cinco categorías de resultados:

- Ciencias de la vida
- Química
- Física
- Ciencias de la Tierra
- Ciencias medioambientales

En cuarto, las ciencias sólo tendrán tres categorías de resultados:

- Ciencias de la vida
- Física y química
- Ciencias de la Tierra

Además de las escalas IRT que se utilizarán para resumir el rendimiento en las áreas de contenido de matemáticas y ciencias y en el conjunto de estas materias, TIMSS ofrecerá información sobre el rendimiento en cada uno de los dominios cognitivos en términos del porcentaje medio de estudiantes que responden correctamente a los ítems de cada dominio. Este enfoque también se utilizará para informar sobre el rendimiento de los estudiantes en investigación científica y en cada uno de los componentes de esta modalidad de evaluación en ciencias.

---

28 Hay una descripción de las técnicas de escala de TIMSS según se aplicaron a los datos de 1999 en Yamamoto, K. y Kulick, E.: "Scaling Methods and Procedures for the TIMSS Mathematics and Science Scales" en M.O. Martin, K.D. Gregory y S.E. Stemler (editores): TIMSS 1999 Technical Report, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.

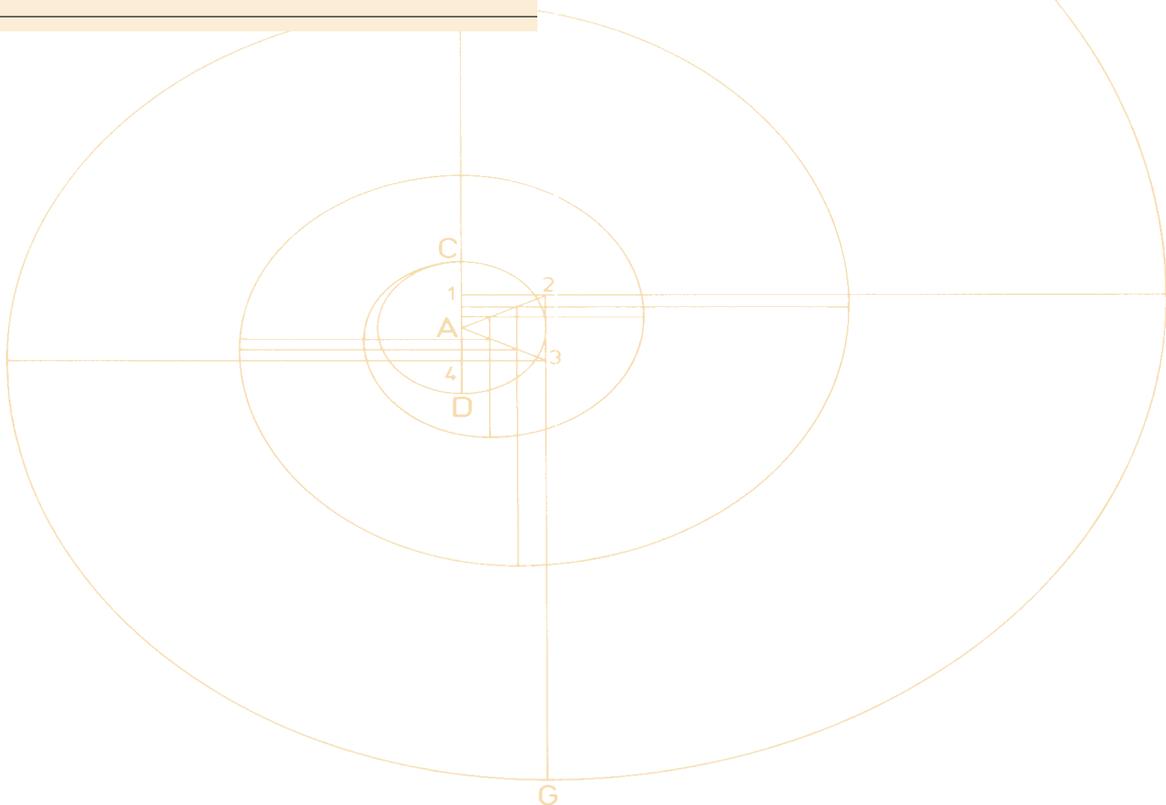
## Divulgación pública de los materiales de evaluación

La recopilación de datos de 2003 será el tercero de los ciclos regulares TIMSS efectuados cada cuatro años y proporcionará datos sobre tendencias en el rendimiento en matemáticas y en ciencias desde 1995 y 1999. TIMSS se volverá a realizar otra vez en 2007, 2011 y así sucesivamente en el futuro. El diseño contempla la divulgación pública de muchos ítems según se vayan publicando los informes internacionales, al tiempo que se mantendrán a buen recaudo una proporción sustancial de ítems para proteger los datos de tendencia. Según se vayan haciendo públicos determinados ítems, se elaborarán ítems nuevos para ocupar su lugar. En la Figura 7 se presenta el calendario de TIMSS para divulgar públicamente bloques de preguntas.

De acuerdo con el diseño de TIMSS, ocho de los catorce bloques de cada materia se divulgarán cuando se publiquen los resultados de 2003, mientras que los otros seis se mantendrán protegidos para su uso en ciclos posteriores. Los bloques divulgados serán reemplazados por ítems nuevos antes del siguiente ciclo del estudio, en 2007. Este plan facilita al público más de la mitad de los ítems de las pruebas, mientras que mantiene el resto a buen recaudo para permitir la medición de tendencias. Para la evaluación de 2007, los bloques 1, 2, 3 y 5, que se habrán divulgado en 2003, serán reemplazados por los bloques 4, 6, 8 y 9 de 2003; los bloques 4 y 6 serán reemplazados por los bloques 11 y 12 de 2003. Se desarrollarán nuevos ítems para estos bloques de reemplazo, así como para los demás bloques divulgados en 2003, esto es, los bloques 7, 10, 13 y 14. Tras la recopilación de datos de 2007, se volverán a divulgar y reemplazar ocho bloques, y así sucesivamente. El total de los ítems habrá sido reemplazado con material nuevo en el transcurso de tres ciclos.

**Figura 7:** Calendario de divulgación de bloques de TIMSS: Matemáticas y ciencias, cuarto y octavo curso

Ciclo de evaluación	Bloques divulgados	Bloques protegidos
2003	1, 2, 3, 5, 7, 10, 13, 14	4, 6, 8, 9, 11, 12
2007	1, 2, 4, 6, 8, 11, 13, 14	3, 5, 7, 9, 10, 12
2011	1, 2, 3, 5, 9, 12, 13, 14	4, 6, 7, 8, 10, 11



## Cuestionarios de contexto

Una finalidad importante de TIMSS es estudiar el contexto educativo en el que los estudiantes aprenden matemáticas y ciencias. A este fin, TIMSS administrará cuestionarios a especialistas en currículum, así como a estudiantes de los centros participantes, a sus profesores de matemáticas y de ciencias y a los directores de los centros. Las preguntas están diseñadas para medir elementos clave del currículum pretendido, del aplicado y del aprendido.

**Cuestionarios de currículum.** Los cuestionarios sobre el currículum, uno para matemáticas y uno para ciencias, están diseñados para recopilar información básica acerca de la organización del currículum matemático y científico en cada país, así como sobre el contenido que se pretende cubrir de estas materias hasta cuarto curso inclusive y de cuarto a octavo. El Coordinador Nacional de Investigación de cada país será el responsable de rellenar los cuestionarios, con el apoyo, si es necesario, del conocimiento y la experiencia de educadores y de especialistas en el currículum.

**Cuestionario del estudiante.** Este cuestionario será rellenado por todos los estudiantes que tomen parte en la evaluación TIMSS. Contiene preguntas sobre aspectos de la vida familiar y escolar de los estudiantes, como sus experiencias en el aula, su autopercepción y sus actitudes hacia las matemáticas y las ciencias, los deberes y las actividades extraescolares, el uso de ordenadores, el apoyo educativo en casa y otra información demográfica básica. Se tardan de 15 a 30 minutos en rellenar este cuestionario.

**Cuestionarios del profesor.** En cada centro educativo participante, se tomará como muestra una sola clase de matemáticas para participar en las pruebas TIMSS. Se le pedirá al profesor de matemáticas de la clase en cuestión que rellene un cuestionario específico que proporcionará información sobre la formación del profesor, sus creencias, actitudes, preparación educativa y carga de trabajo, así como detalles del enfoque pedagógico utilizado en la clase. El profesor (o los profesores) de ciencias de los estudiantes de esa clase rellenarán otro cuestionario específico para profesores de ciencias, que en muchos aspectos será paralelo al cuestionario de matemáticas. Ambos cuestionarios indagaran sobre características de la clase evaluada en TIMSS; tiempo de instrucción, materiales y actividades para la enseñanza de matemáticas y ciencias y para promover el interés de los estudiantes por la materia; utilización de ordenadores e Internet; prácticas de evaluación y relaciones entre familia y centro. También se les pregunta a los profesores su opinión sobre sus oportunidades de colaboración con otros profesores y de desarrollo profesional, así como determinados datos acerca de ellos mismos y de su formación general y profesional. Estos cuestionarios requieren en torno a 30 minutos de tiempo.

**Cuestionario del centro.** Al director de cada centro escolar evaluado en TIMSS se le pedirá que responda a un cuestionario. Incluye preguntas sobre matriculación y personal; recursos disponibles para apoyar la enseñanza de las matemáticas y de las ciencias, tales como la disponibilidad de materiales y personal educativos; objetivos del centro y el papel del director; tiempo de instrucción; relaciones entre las familias y el centro; y clima escolar. Está pensado para ocupar unos 30 minutos.

# Notas finales

A continuación se ofrece una lista de obras consultadas en la preparación de los marcos teóricos de matemáticas, de ciencias y de contexto. Aunque no se hayan citado, también se han consultado otros materiales curriculares facilitados por varios países participantes en TIMSS 1999.

## Matemáticas

- Beaton, A., Mullis, I.V.S., Martin, M.O., González, E.J., Kelly, D.L. y Smith, T.A.: *Mathematics Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 1996.
- Confrey, J.: "A Review of the Research on Student Conceptions in Mathematics, Science, and Programming" en C.B. Cazden (editor): *Review of Research in Education 16*, Washington, DC: American Educational Research Association, 1990.
- Hiebert, J. y Carpenter, T.P.: "Learning and Teaching with Understanding" en D.A. Grouws (editor): *Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning*, Nueva York: MacMillan Publishing Company, 1992.
- Howard, P.J.: *The Owner's Manual for the Brain: Everyday Applications of Mind-Brain Research* (2ª edición), Austin, Texas: Bard Press, 2000.
- Kulm, G. (editor): *Assessing Higher Order Thinking in Mathematics*, Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 1990.
- Ministry of Education: *Mathematics in the New Zealand Curriculum*, Wellington, Nueva Zelanda: Learning Media, 1992.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., González, E.J., Gregory, K.D., Garden, R.A., O'Connor, K.M., Chrostowski, S.J. y Smith, T.A.: *TIMSS 1999 International Mathematics Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., González, E.J., O'Connor, K.M., Chrostowski, S.J., Gregory, K.D., Garden, R.A. y Smith, T.A.: *Mathematics Benchmarking Report, TIMSS 1999 – Eighth Grade: Achievement for U.S. States and Districts in an International Context*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2001.
- NAEP Mathematics Assessment Project: *Mathematics Framework for the 1996 National Assessment of Educational Progress*, Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996.
- National Council of Teachers of Mathematics: *Principles and Standards for School Mathematics*, Reston, Virginia, Estados Unidos: NCTM, 2000.
- Nickersen, R.S.: "On Improving Thinking through Instruction" en E.Z. Rothkopf (editor): *Review of Research in Education 15*, Washington, DC: American Education Research Association.
- OECD Programme for International Student Assessment: *Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment*, París: Organisation for Economic Co-operation and Development, 1999.

- Putnam, R.T., Lampert, M. y Peterson, P.L.: "Alternative Perspectives on Knowing Mathematics in Elementary Schools" en C.B. Cazden (editor): *Review of Research in Education 16*, Washington, DC: American Educational Research Association, 1990.
- Robitaille, D.F., McKnight, C.C., Schmidt, W.H., Britton, E., Raizen, S. y Nicol, C.: *TIMSS Monograph No. 1: Curriculum Frameworks for Mathematics and Science*, Vancouver, Canadá: Pacific Educational Press, 1993.

## Ciencias

- American Association for the Advancement of Science: *Benchmarks for Science Literacy*, Oxford, Reino Unido: Oxford University Press, 1993.
- Beaton, A., Martin, M.O., Mullis, I.V.S., González, E.J., Smith, T.A. y Kelly, D.L.: *Science Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 1996.
- Champagne, A.B., Kouba, V.L. y Hurley, M.: "Assessing Inquiry" en J. Minstrell y E.H. Van Zee (editores): *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science* (págs. 447-470), Washington, DC: American Association for the Advancement of Science, 2000.
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement: *The IEA Study of Science III, Changes in Science Education and Achievement: 1970 to 1984*, J.P. Keeves (editor): Oxford, Reino Unido: Pergamon Press, 1992.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., González, E.J., Gregory, K.D., Smith, T.A., Chrostowski, S.J., Garden, R.A. y O'Connor, K.M.: *TIMSS 1999 International Science Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.
- Martin, M.O., Mullis, I.V.S., González, E.J., O'Connor, K.M., Chrostowski, S.J., Gregory, K.D., Garden, R.A. y Smith, T.A.: *Science Benchmarking Report, TIMSS 1999 – Eighth Grade: Achievement for U.S. States and Districts in an International Context*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2001.
- NAEP Science Consensus Project: *Science Framework for the 1996 National Assessment of Educational Progress*, Washington, DC: National Assessment Governing Board, U.S. Department of Education, 1996.
- NAEP Science Consensus Project: *Science Assessment and Exercise Specifications for the 1994 National Assessment of Educational Progress*, Washington, DC: National Assessment Governing Board, U.S. Department of Education, 1994.
- National Center on Education and the Economy: *New Standards: Performance Standards in English Language, Arts, Mathematics, Science, Applied Learning, Volume 2, Middle School*, Pittsburgo, Pensilvania, Estados Unidos: University of Pittsburgh, 1995.
- National Research Council: *National Science Education Standards*, Washington, DC: National Academy Press, 1995.
- National Research Council: *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*, Washington, DC: National Academy Press, 2000.
- National Science Foundation: *Innovating and Evaluating Science Education: NSF Evaluation Forums 1992-94*, Arlington, Virginia, Estados Unidos: National Science Foundation, 1995.

National Science Teachers Association: *Pathways to the Science Standards: Guidelines for Moving the Vision into Practice* (elementary school edition), Arlington, Virginia, Estados Unidos: NSTA Press, 1997.

National Science Teachers Association: *Pathways to the Science Standards: Guidelines for Moving the Vision into Practice* (middle school edition), Arlington, Virginia, Estados Unidos: NSTA Press, 1998.

Orpwood, G. y Garden, R.A.: *TIMSS Monograph No. 4: Assessing Mathematics and Science Literacy*, Vancouver, Canadá: Pacific Educational Press, 1999.

Robitaille, D.F., McKnight, C.C., Schmidt, W.H., Britton, E., Raizen, S. y Nicol, C.: *TIMSS Monograph No. 1: Curriculum Frameworks for Mathematics and Science*, Vancouver, Canadá: Pacific Educational Press, 1993.

Schmidt, W.H., Raizen, S.A., Britton, E.D., Bianchi, L.J. y Wolfe, R.G.: *Many Visions, Many Aims, Volume 2: A Cross-National Investigation of Curricular Intentions in School Science*, Dordrecht, Países Bajos: Kluwer Academic Publishers, 1997.

## Marco contextual

Fraser, B.J. y Walberg, H.J.: *Educational Environments: Evaluation, Antecedents and Consequents*, Nueva York: Pergamon Press, 1991.

Grasha, A.: *Teaching with Style*, Pittsburgo, Pensilvania, Estados Unidos: Alliance Publishers, 1996.

Little, J.W.: "Teachers' Professional Development in a Climate of Educational Reform" en *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 15(2), págs. 129-151, Washington, DC: American Educational Research Association, 1993.

Lorsbac, A.W. y Jinks, J.L.: "Self-Efficacy Theory and Learning Environment Research" en *Learning Environments Research*, 2, págs. 157-167, Boston, Massachusetts, Estados Unidos: Kluwer Academic Publishers, 1999.

Martin, M.O., Mullis, I.V.S., González, E.J., Gregory, K.D., Smith, T.A., Chrostowski, S.J., Garden, R.A. y O'Connor, K.M.: *TIMSS 1999 International Science Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.

Martin, M.O., Mullis, I.V.S., Gregory, K.D., Hoyle, C. y Shen, C.: *Effective Schools in Science and Mathematics*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.

Mayer, D.P., Mullens, J.E. y Moore, M.T.: *Monitoring School Quality: An Indicators Report*, NCES 2001-030, Washington, DC: National Center for Education Statistics, 2000.

Moskowitz, J. y Stephens, M. (editores): *From Students of Teaching to Teachers of Students: Teacher Induction Around the Pacific Rim*, Washington, DC: U.S. Department of Education, 1997.

Mullis, I.V.S., Martin, M.O., González, E.J., Gregory, K.D., Garden, R.A., O'Connor, K.M., Chrostowski, S.J. y Smith, T.A.: *TIMSS 1999 International Mathematics Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*, Chestnut Hill, Massachusetts, Estados Unidos: Boston College, 2000.

# Apéndice

## Coordinadores Nacionales de Investigación

### Arabia Saudí

Ali Alhakami  
*Ministerio de Educación*

### Argentina

Silvia Montoya  
Verónica Parreño  
*Ministerio de Educación*

Carlos Alfredo Rondón Cardoso  
*Universidad del Valle*

### Armenia

Arsen Baghdasaryan  
*Universidad Estatal de Yerevan*

### Australia

Susan Zammit  
*Australian Council for Education Research*

### Bélgica (flamenca)

Jan Van Damme  
Ann Van Den Broeck  
*Katholieke Universiteit Leuven*

Christiane Bruselmans-Dehairs  
*Vakgroep Onderwijskunde Universiteit Gent*

### Botsuana

Cyprian Ismael Cele  
Dorcas K. Morake  
Othusitse M. Siele  
*Ministry of Education*

### Bulgaria

Kiril Bankov  
*Universidad de Sofia*

### Canadá

Alan Taylor  
Michael Marshall  
*University of British Columbia*

Louis-Philippe Gaudreault  
Meq. Direction de la Sanction d'Etudes  
Francine Jacques  
*Ontario Ministry of Education*

### Chile

Leonor Cariola Huerta  
*Ministerio de Educación*

### Corea, República de

Gwisoo Na  
*Instituto Coreano de Currículum y Evaluación*

### Dinamarca

Peter Allerup  
*Universidad Danesa de Educación*

### Escocia

Brian Semple  
*Scottish Office Education and Industry Department*

### Eslovaquia, República

Maria Berova  
*SPU-Instituto Nacional para la Educación*

### Eslovenia

Barbara Japelj  
*Instituto de Investigación Educativa*

### España

Ramón Pajares Box  
*INCE-Instituto Nacional de Calidad y Evaluación*

### Estados Unidos de América

Patrick Gonzales  
*National Center for Education Statistics*

### Estonia

Kristi Mere  
*Ministerio de Educación de Estonia*

### Filipinas

Vivien Taliasayon  
*University of the Philippines*

### Ghana

Aba Mansa Folsom  
*Ghana Education Service*

### Grecia

Georgia Polydorides  
*Universidad de Atenas*

### Hong Kong

Frederick Leung  
*Universidad de Hong Kong*

### Hungría

Peter Vari  
*Instituto Nacional de Educación Pública*

### Indonesia

Jahja Umar  
*Ministerio de Educación Nacional*

### Inglaterra

Graham Ruddock  
*National Foundation for Educational Research*

### Israel

Ruth Zuzovsky  
*Universidad de Tel Aviv*

### Italia

Anna Maria Caputo  
*Istituto Nazionale per la Valutazione del Sistema dell'Istruzione*

### Jordania

Tayseer Al-Nahr  
*Centro Nacional para el Desarrollo de los Recursos Humanos*

### Letonia

Abdrejs Geske  
*Universidad de Letonia*

### Lituania

Algirdas Zabulionis  
*Centro Nacional de Evaluaciones*

### Macedonia, República de

Anica Aleksova  
*Ministerio de Educación y Ciencia*

### Malasia

Azmi Zakaria  
*Ministry of Education and Science*

### Marruecos

Mohammed Sassi  
*Direction de l'Evaluation du Systeme Educatif*

### Moldavia

Ilie Nasu  
*Ministerio de Educación y Ciencia*

### Noruega

Svein Lie  
*Universidad de Oslo*

### Nueva Zelanda

Megan Chamberlain  
*Ministry of Education*

### Países Bajos

Klaas Bos  
*Universidad de Twente*

### Pakistán

Hafiz Mamad Iqbal  
*University of the Punjab*

### Rumanía

Gabriela Noveanu  
*Instituto para las Ciencias de la Educación*

### Rusia

Galina Kovalyova  
*Instituto para la Educación Secundaria General*

### Singapur

Seau-Fah Foo  
*Ministry of Education*

### Suecia

Jan-Olof Lindström  
Widar Henriksson  
*Universidad de Umea*

Anita Wester  
*Agencia Nacional para la Educación*

### Sudáfrica, República de

Anil Kanjee  
*Human Sciences Research Council*

### Taiwán

Chu-Nan Chang  
Mei-Hung Chiu  
Tein-Ying Lee  
Pi-Jen Lin  
Hak-Ping Tam  
Po-Son Dennis Tsao  
*Universidad Normal Nacional de Taiwán*

### Túnez

Ktari Moceen  
*Ministere de l'Education*

### Yugoslavia

Djordje Kadijevich  
*Instituto de Investigación Educativa*



## Comité técnico del estudio TIMSS en España

Ramón Pajares Box  
*INCE*

Consolación Casado González  
*Andalucía*

Matías Jesús Torcal Esteras  
*Aragón*

Arturo Pérez Collera  
*Asturias*

Joan Borrás Seguí  
*Baleares*

José Sarabia Medel  
*Canarias*

Juan González Ruiz  
*Cantabria*

Raúl Rivilla Bastante  
*Castilla-La Mancha*

José Gregorio Martín Moreno  
*Castilla y León*

Josefina Grané Mas  
*Cataluña*

Juan Chamorro González  
*Extremadura*

Faustino José Salgado López  
*Galicia*

Ignacio Sobrón García  
*La Rioja*

María Dolores de Prada Vicente  
*Madrid*

José María Olmos Nicolás  
*Murcia*

Luis Iza Dorronsoro  
*Navarra*

Raimundo Rubio Carcedo  
*País Vasco*

Vicente Doménech Querol  
*Valencia*

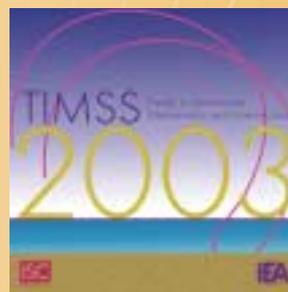
IEA  
Asociación Internacional para la  
Evaluación del Rendimiento Educativo



BOSTON COLLEGE ISC  
The International Study Center  
Lynch School of Education



TIMSS  
Estudio Internacional de Tendencias  
en Matemáticas y Ciencias



MINISTERIO  
DE EDUCACIÓN,  
CULTURA Y DEPORTE

instituto nacional  
**ince**  
de calidad y evaluación