

## CAPÍTULO 3



## ALFABETIZACIÓN EN MATEMÁTICAS Y CIENCIAS





Este capítulo presenta una visión general respecto de los marcos de referencia para la evaluación PISA 2000 en matemáticas y ciencias. Se inicia con una explicación sobre los conceptos básicos y una orientación sobre cuáles son las competencias y conocimientos matemáticos y científicos hacia los que apunta el proyecto PISA 2000. Se habla aquí también de alfabetización, tal como en lectura, porque para enfrentar el mundo moderno las personas necesitan una batería de conceptos matemáticos y científicos claves y un conjunto de habilidades y competencias que les permitan comprender materiales y textos escritos referidos a estas áreas y los procesos y fenómenos en los que ellas se centran. Se entregan también ejemplos de preguntas contenidas en la prueba, con el fin de ayudar a los profesores a realizar su labor pedagógica.

El proyecto PISA 2000 estuvo enfocado, fundamentalmente, a la medición de competencias lectoras, pero incluyó también algunas unidades para construir puntajes en las áreas de matemáticas y ciencias. A pesar de contar con un menor número de preguntas aplicadas en cada una de estas áreas, ellas eran suficientes y adecuadas para este fin. Para cada una de estas áreas se construyó un puntaje continuo que indica la habilidad de los estudiantes. El promedio es de 500 puntos para la OCDE, con una desviación estándar de 100 puntos.

A continuación de los marcos de referencia y preguntas de cada área, se entregan los resultados generales de los estudiantes en cada una de ellas, a través de los puntajes promedios a nivel internacional y nacional, y de la distribución de su rendimiento.

## I. Marco de evaluación de matemáticas

### 1. La alfabetización en matemáticas

PISA 2000 incorpora el concepto de alfabetización en un sentido más amplio que el que habitual e históricamente ha tenido, tanto socialmente como dentro de la institución escolar. Al medir la alfabetización en PISA 2000 se realiza “una focalización más explícita en los conocimientos, comprensión y habilidad requeridas para funcionar efectivamente en la vida diaria”<sup>1</sup>.

El papel creciente de las matemáticas, las ciencias y la tecnología en la vida moderna exige que las personas adultas -para su participación activa en la sociedad, su satisfacción personal y su desarrollo laboral- no solo sean capaces de leer y escribir sino que, además, tengan las competencias y conocimientos en las áreas mencionadas.

En el caso de las matemáticas, una persona alfabetizada es alguien que está familiarizado con un conjunto de conocimientos y habilidades referidos a identificar datos, realizar operaciones numéricas básicas, ser capaz de trabajar con dinero, poseer conocimientos fundamentales sobre espacio y formas, comprender el trabajo con mediciones y tener nociones de incertidumbre, de crecimiento y cambio. Requiere, también, desarrollar la habilidad de pensar y hacer matemáticas, comprender modelos y su formulación y, la resolución de problemas. Una persona alfabetizada matemáticamente es capaz de reconocer los límites y la extensión de los conceptos matemáticos, evaluar argumentos matemáticos, plantear problemas matemáticos, seleccionar entre diversas formas de representar situaciones y comunicarse respecto de cuestiones con contenido matemático. Podrá, del mismo modo, aplicar estos conocimientos, comprensiones y habilidades en variados y numerosos contextos, tanto personales como sociales y laborales.

Se elige el término alfabetización para enfatizar que el conocimiento y las habilidades matemáticas definidas en los currículos escolares tradicionales no constituyen

el foco principal de PISA 2000. En lugar de eso, el énfasis está puesto en el uso funcional del conocimiento matemático en una multitud de contextos diferentes y en una variedad de formas que requieren reflexión y un acercamiento específico. Por supuesto, para que un uso semejante sea posible y viable, se necesita una gran cantidad de conocimientos y habilidades matemáticas fundamentales, del tipo que normalmente se enseña en la escuela. En el sentido lingüístico, la alfabetización en lectura, aunque presupone un vocabulario amplio y un conocimiento sustantivo de las reglas gramaticales, fonéticas y ortográficas, no puede ser reducida solamente a ello. Tampoco la alfabetización matemática puede ser reducida al conocimiento de terminología, hechos y procedimientos matemáticos, y de habilidades para el desarrollo de ciertas operaciones o la aplicación de ciertos métodos, aunque los presupone.

En PISA 2000 el concepto de alfabetización en matemáticas se define como:

“la capacidad para identificar y comprender el papel que juegan las matemáticas en el mundo, plantear juicios matemáticos bien fundamentados e involucrarse en las matemáticas, según lo requiera una persona en su vida actual y futura como un ciudadano constructivo, preocupado, reflexivo”<sup>2</sup>.

El papel de las matemáticas en el mundo se refiere al contexto natural, social y cultural en el que la persona vive. Tal como lo afirmara Freudenthal, “nuestros conceptos, estructuras e ideas matemáticas han sido inventados como herramientas para organizar los fenómenos del mundo físico, social y mental”<sup>3</sup>. Involucrarse en la matemáticas no se aplica solo a acciones físicas o sociales en un sentido limitado (como calcular por ejemplo, cuánto dinero recibirá de vuelto en una tienda). Incluye también comunicar aspectos matemáticos, tener un punto de vista o manifestar una posición o apreciación hacia temas expresados matemáticamente (por ejemplo, tener una opinión acerca del presupuesto propuesto por el gobierno). De este modo, la definición de alfabetización matemática no debe verse

---

1 Los marcos de matemáticas y ciencias presentados en este capítulo están basados en: OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

---

2 OECD, 2000; op. cit.

3 OECD, 2000; op. cit.

limitada al uso funcional de las matemáticas, sino que también abarca aspectos estéticos y recreativos de la asignatura. La expresión vida actual y futura de un individuo incluye su vida privada, ocupacional y social, con sus pares y familiares, y también como ciudadano de una comunidad.

Una capacidad crucial implicada en esta noción de alfabetización matemática es la capacidad de proponer, formular y resolver problemas matemáticos dentro de una variedad de dominios y situaciones. Las situaciones van desde problemas estrictamente matemáticos hasta aquellos en los cuales no existe una estructura matemática explícita, donde, por ejemplo, la estructura matemática debe ser identificada primero por el que propone o resuelve el problema.

Es importante enfatizar también que la definición no sólo considera un conocimiento matemático a un nivel mínimo, sino también usar las matemáticas en todo tipo de situaciones.

Las actitudes y emociones, como la confianza, la curiosidad, el sentimiento de interés y relevancia, y el deseo de hacer o comprender cosas, por nombrar algunas, no son componentes de la definición de alfabetización matemática en PISA 2000, pero sin embargo, son importantes prerrequisitos para ella. En principio, es posible ser una persona alfabetizada matemáticamente sin tener estas actitudes y emociones al mismo tiempo. Sin embargo, en la práctica, no es probable que la alfabetización matemática, como ha sido definida, sea puesta en práctica por alguien que no tiene confianza o curiosidad, que no sienta interés o deseo de hacer o comprender cosas que tienen contenidos matemáticos.

PISA 2000 incorpora también la idea de que la adquisición de habilidades es un proceso que dura toda la vida y que no solo se lleva cabo en la escuela, sino que, además, a través de la interacción con los pares y la comunidad. No obstante, para continuar con su adquisición de conocimientos y habilidades, las personas no solo necesitan una base sólida de conocimientos en matemáticas; necesitan además comprender procesos y principios básicos, y contar con la flexibilidad necesaria para utilizarlos en diferentes situaciones. En consecuencia, en PISA 2000 se enfatiza la habilidad para enfrentar

procesos fundamentales en una gama de situaciones, apoyada en una amplia comprensión de conceptos claves en lugar de conocimientos específicos.

## 2. Dimensiones de la alfabetización en matemáticas

El marco de evaluación en matemáticas de PISA 2000 está estructurado en base a tres dimensiones que forman parte de la alfabetización en esta disciplina y que caracterizan las preguntas de la prueba. Ellas son: las habilidades para desarrollar procesos matemáticos, los contenidos matemáticos y los contextos en los cuales se usan las matemáticas.

Es importante considerar que, si bien estas dimensiones se describen por separado, PISA 2000 evalúa la alfabetización en matemáticas como un todo, en el que siempre se da una combinación de dichas dimensiones. Este enfoque es determinante en la definición de los componentes que se incluyen en cada dimensión, los cuales se describen a continuación.

### 2.1. Habilidades para desarrollar procesos matemáticos

La alfabetización matemática involucra las habilidades de los alumnos para analizar, razonar y comunicar ideas, y para plantear, formular y resolver problemas matemáticos. Se incluyen habilidades de pensamiento matemático (distinguir entre diferentes tipos de declaraciones matemáticas) y habilidades de argumentación (seguir y evaluar cadenas de argumentos matemáticos).

PISA 2000 define ocho habilidades matemáticas que se presentan y describen detalladamente en la tabla siguiente (ver la Tabla 3.1). Las preguntas de la prueba PISA 2000 están estructuradas en torno a tareas que abarcan el conjunto de estas habilidades.

#### 2.1.1. Tipos de competencias matemáticas

El proyecto PISA 2000 organiza las habilidades para desarrollar procesos matemáticos en tres tipos de competencias, de acuerdo a la destreza de pensamiento requerida.

Tabla 3.1: Habilidades para desarrollar procesos matemáticos

Habilidad	Descripción
1. Pensamiento matemático	Plantear preguntas matemáticas típicas (“¿existe...?”, “Si es así, entonces, ¿cómo encontramos...?”), conocer los tipos de respuestas que las matemáticas ofrecen a tales preguntas. Distinguir entre varios tipos de afirmaciones o declaraciones matemáticas (definiciones, teoremas, conjeturas, hipótesis, ejemplos, afirmaciones condicionales). Comprender y manejar la extensión y límites de los conceptos matemáticos.
2. Argumentación matemática	Saber qué son las demostraciones matemáticas y distinguirlas de los otros tipos de razonamiento matemático (por ejemplo, saber que no basta un ejemplo para demostrar una aseveración pero sí un contra ejemplo para demostrar lo contrario). Seguir y evaluar secuencias de los diferentes tipos de razonamientos matemáticos, tener un cierto sentido de la heurística (“qué puede – o no – ocurrir, y por qué”). Crear razonamientos matemáticos.
3. Formulación de modelos	Traducir la “realidad” en estructuras matemáticas. “Desmatematizar”, es decir, interpretar los modelos matemáticos en términos de la “realidad”. Trabajar con un modelo matemático, dar validez al modelo, reflexionar, analizar y aportar una crítica de un modelo y sus resultados. Intercambiar información acerca de un modelo y sus resultados (incluyendo las limitaciones de tales resultados). Seguir y controlar el proceso de modelización.
4. Planteamiento y resolución de problemas	Plantear, formular, y definir diferentes tipos de problemas matemáticos (“puros”, “aplicados”, “de preguntas abiertas” y “cerradas”). Resolver diferentes tipos de problemas matemáticos de distintas maneras.
5. Representación	Distinguir entre distintas formas de representar objetos y situaciones matemáticas, interpretarlas y comprender las interrelaciones entre ellas (gráficas, concretas, simbólicas). Elegir y cambiar entre distintas maneras de representar, según la situación y el propósito.
6. Interpretación de símbolos y habilidades técnicas	Decodificar e interpretar el lenguaje simbólico y formal, y comprender su relación con el lenguaje natural. Traducir desde un tipo de lenguaje al otro. Manejar las afirmaciones y expresiones que contengan símbolos y fórmulas. Emplear variables. Resolver ecuaciones y realizar cálculos.
7. Comunicación	La expresión personal, de diversas formas, en temas de contenido matemático, tanto oralmente como por escrito. La comprensión de afirmaciones orales o escritas hechas por otros acerca de esos temas.
8. Utilización de ayudas y herramientas	Saber y ser capaz de emplear variados recursos y herramientas (incluidos los de tecnología de la información) que puedan ayudar a la actividad matemática. Conocer las limitaciones de dichas ayudas y herramientas.

Fuente: OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

### Competencias de tipo 1: reproducción, definiciones y cálculos

Exige a los alumnos el conocimiento de hechos y de diferentes representaciones; reconocimiento de equivalencias diversas; retención memorística de objetos y propiedades matemáticas; desarrollo de procedimientos rutinarios; aplicación de algoritmos estándares y el uso de técnicas y herramientas (ver la pregunta N° 2 sobre “Velocidad de un auto de carrera” en la sección III del presente capítulo).

### Competencias de tipo 2: establecer conexiones e integrar para resolver problemas

Se espera de los estudiantes la capacidad de establecer conexiones entre las diferentes ramas o ejes de las matemáticas<sup>4</sup> e integrar información con el fin de

4 Generalmente las matemáticas en la escuela están organizadas en ramas o ejes curriculares que las dividen en compartimentos. Algunas de las ramas tradicionales de las matemáticas son números y operaciones, geometría, álgebra y funciones, cálculo y tratamiento de datos.

resolver problemas simples. Aunque los problemas son no-rutinarios, ellos requieren de grados más bien bajos de generalización matemática.

También se espera que los estudiantes manejen las diferentes formas de representación –tablas y gráficos o dibujos, entre otros–, de acuerdo a la situación y el objetivo de la situación. Para establecer conexiones deben ser capaces de distinguir y relacionar diferentes declaraciones tales como definiciones, afirmaciones, ejemplos, afirmaciones condicionales y demostraciones. Se espera que puedan decodificar e interpretar lenguaje simbólico y formal, y comprender la relación con el lenguaje natural (lengua materna). Los problemas son propuestos en un contexto y comprometen a los estudiantes a tomar decisiones matemáticas (ver la pregunta N° 1 sobre “Velocidad de un auto de carrera” en la sección III del presente capítulo).

**Competencias de tipo 3: reflexionar matemáticamente, conceptualización o pensamiento matemático y generalización**

Este tipo de competencia requiere que los alumnos conceptualicen situaciones, es decir, reconozcan y extraigan las matemáticas implícitas en la situación y las empleen para resolver el problema; también que analicen, interpreten y desarrollen sus propios modelos y estrategias para presentar argumentos matemáticos que incluyan demostraciones y generalizaciones.

Estas habilidades suponen el pensamiento crítico, el análisis y la reflexión. Los alumnos no solo deben ser capaces de resolver problemas, sino también de plantearlos, comunicar adecuadamente las soluciones y reconocer la naturaleza de las matemáticas como ciencia.

Todas estas habilidades se habrán desarrollado adecuadamente solo si los estudiantes son también capaces de expresarse en forma correcta de distintas maneras: oralmente, por escrito, visualmente (de manera gráfica), etc. Se trata de que los estudiantes sean capaces de expresar sus ideas matemáticas y también comprender las de los otros.

Este último tipo de competencia, que se dirige al corazón de las matemáticas y de la alfabetización

matemática en el sentido de PISA 2000, es, en general, difícil de evaluar. Las preguntas de respuesta abierta son las más apropiadas, pero su diseño y la calificación de las respuestas es compleja (ver la pregunta N° 8 sobre “Manzanos” en la sección III del presente capítulo).

Aunque estos tipos de competencias matemáticas van de menor a mayor dificultad, ello no significa que se deba dominar uno para pasar a otro. Es posible, por ejemplo, desarrollar el pensamiento matemático sin ser muy hábil en cálculo. Para medir cada una de estas competencias se usan preguntas de distinta dificultad.

**2.2 Contenidos matemáticos**

A principios del siglo veinte las matemáticas escolares estaban constituidas por doce ramas o ejes temáticos diferentes (aritmética, geometría, álgebra, entre otros). Actualmente se puede identificar entre sesenta y setenta ejes temáticos que provienen tanto de la división de algunos de ellos (del álgebra y de la topología, por ejemplo, en subramas) y por la incorporación de otros nuevos (como la teoría de sistemas dinámicos o la teoría de la complejidad).

Sin embargo, rara vez los problemas se originan en contextos puntuales y de manera tal que su comprensión y solución pueda llevarse a cabo aplicando los contenidos de una sola rama o eje temático particular de las matemáticas.

Las matemáticas, para ser relevantes, deben reflejar los modelos complejos del mundo real. Por esta razón, PISA 2000 adoptó un enfoque diferente y organizó sus contenidos en torno a “conceptos amplios” o “fenómenos”. Esto significa que el contenido se describe en relación con el fenómeno y con el tipo de problema para el cual fue creado.

Para el propósito del proyecto PISA 2000 se ha hecho una selección de conceptos amplios o ideas que constituyen hilos conductores en matemáticas a lo largo de la escolaridad, que ofrecen la variedad y profundidad suficientes para poner en evidencia lo esencial de las matemáticas y, al mismo tiempo, tienen relación con las ramas tradicionales del currículo. Estas ideas o conceptos

claves son: cambio y crecimiento; espacio y forma; razonamiento cuantitativo; incerteza; dependencia y relaciones.

PISA 2000 se centra en los dos primeros: cambio y crecimiento, y espacio y forma.

### 2.2.1. Cambio y crecimiento

Todo fenómeno natural es una manifestación de cambio. Ejemplos son el crecimiento de los organismos, el ciclo de las estaciones, el movimiento de las mareas, los ciclos del empleo y los índices de la bolsa de valores. Algunos procesos de cambio pueden describirse o modelarse mediante funciones matemáticas sencillas: lineales, exponenciales, periódicas, logísticas, tanto discretas como continuas. Sin embargo, muchos de estos procesos pueden ser clasificados en diferentes categorías y el análisis de los datos es, a menudo, imprescindible para determinar el tipo de relación presente en ellos. Por esta razón, la observación de los modelos de cambio en la naturaleza y en las matemáticas no está restringida a partes concretas del currículo -como el álgebra-, sino que también incluyen, por ejemplo, algunos aspectos de la teoría de números y otros contenidos de las matemáticas (divisibilidad, equivalencias, inclusión).

En relación con el cambio y crecimiento, el proyecto PISA 2000 evalúa la capacidad de los alumnos para:

- representar cambios de una forma comprensible,
- comprender tipos fundamentales de cambio,
- reconocer tipos de cambios concretos cuando suceden,
- aplicar técnicas al mundo exterior y
- controlar un universo cambiante para nuestro máximo beneficio.

Los modelos de crecimiento pueden expresarse en formas algebraicas como también pueden ser representados gráficamente. Del mismo modo, se puede medir el crecimiento empíricamente y, al medirlo, pueden surgir preguntas sobre las inferencias que es posible hacer acerca de los datos del crecimiento, cómo se pueden

representar tales datos, etc. El análisis de datos y la estadística son las ramas curriculares pertinentes a este contenido (ver la pregunta N° 2 sobre “Velocidad de un auto de carrera” en la sección III del presente capítulo).

### 2.2.2. Espacio y forma

Los modelos se encuentran en cualquier sitio: las palabras habladas, la música, el video, el tráfico, las construcciones y el arte. Las formas pueden ser vistas como modelos: las casas, las iglesias, los puentes, las estrellas de mar, los copos de nieve, los planos de ciudades, las hojas de trébol, los cristales y las sombras. Los modelos geométricos pueden servir como modelos simples de diversos tipos de fenómenos y su estudio es posible y deseable en todos los niveles.

Para comprender el espacio y la forma, los estudiantes necesitan buscar semejanzas y diferencias analizando los componentes de las formas y reconocer diferentes tipos de representaciones y diferentes dimensiones.

En consecuencia, el proyecto PISA evalúa que los alumnos sean capaces de:

- entender la posición relativa de los objetos (ser conscientes de cómo ven las cosas y de por qué las ven así),
- aprender a moverse a través del espacio y a través de las construcciones y las formas,
- comprender las relaciones entre las formas y las imágenes o representaciones visuales (como las que existen entre una ciudad real y las fotografías y mapas de la misma),
- comprender cómo se puede representar en dos dimensiones los objetos tridimensionales,
- comprender cómo se forman e interpretan las sombras y qué se entiende por perspectiva y cómo funciona.

Así descrito, el estudio del espacio y de la forma tiene carácter abierto y dinámico, y se engarza bien con la alfabetización en matemáticas tal como se ha definido para este estudio (ver la pregunta N° 7 sobre “El Campo” en la sección III del presente capítulo).



### 2.3. Contextos en los cuales se usan las matemáticas

Un aspecto importante de la definición de alfabetización en matemáticas es usar y hacer matemáticas en contextos variados. En el proyecto PISA 2000 un aspecto central es evaluar la capacidad de los estudiantes para resolver los problemas matemáticos que se les presentan en situaciones reales de su vida cotidiana.

Las tareas se centran en contextos auténticos, es decir, en los que hacen referencia a experiencias y prácticas reales del mundo de los estudiantes, sin necesidad que estén siempre presentes en su entorno inmediato. Por ejemplo, calcular el rendimiento de unos ahorros guardados en un banco con un tipo de interés real puede ser un contexto auténtico, incluso estando fuera del entorno de las experiencias de los estudiantes.

Incorporar una variedad de contextos asegura el respeto a la diversidad cultural que caracteriza al total de los estudiantes y, además, considera los diversos papeles que desempeñan las matemáticas en la vida de los sujetos. Estos contextos se pueden obtener de materias distintas a la que se evalúa, de áreas de la práctica ocupacional o vocacional, de la vida cotidiana, de la vida en la sociedad, además de los contextos de tiempo libre, tales como los deportes y los juegos.

El marco de evaluación de PISA 2000 incorpora una variedad de cinco contextos para presentar las tareas de matemáticas: contexto personal, educacional, ocupacional,

público y científico. Estos distintos contextos varían en relación con la “distancia” de los estudiantes respecto de ellos. El más cercano es el contexto personal y el más distante es el contexto científico (ver la pregunta N° 2 sobre “Triángulos” en la sección III del presente capítulo).

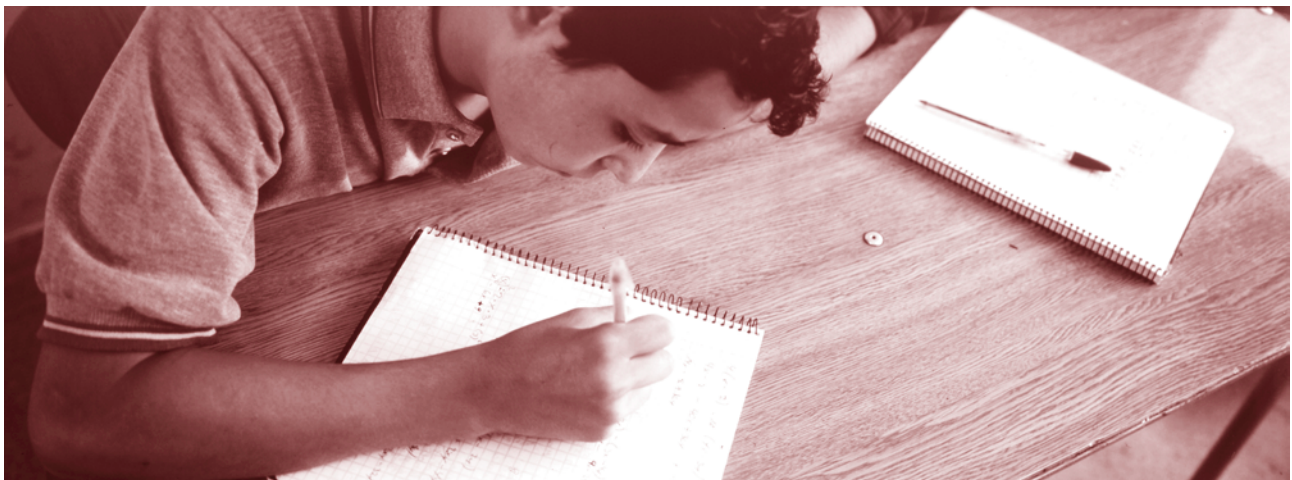
Si la alfabetización en matemáticas pretende que los estudiantes sean ciudadanos activos e informados, tiene que trabajar con contextos reales, tales como los problemas de polución, la seguridad vial y el crecimiento de la población. Esto no excluye contextos ficticios basados en representaciones esquemáticas de problemas, como una situación de tráfico en una ciudad inexistente, por ejemplo.

La elección de los métodos de resolución de problemas matemáticos y la presentación de los resultados a menudo dependen de la situación en que se presente la tarea. Así, la importancia de los contextos es fundamental y deberían permitir que los alumnos reflexionaran acerca de las prácticas que utilizan en cada tipo de contexto, y comprendan la posibilidad de transferirlas a situaciones reales.

### 3. Formato de las preguntas de matemáticas

Las preguntas de matemáticas evaluadas en PISA 2000 tienen diferentes formatos. Hay preguntas de selección múltiple, preguntas cerradas y preguntas abiertas.

Las preguntas de selección múltiple son pertinentes para evaluar procedimientos matemáticos simples, tales como cálculo y comprensión.



Por su parte, las preguntas cerradas se consideran las más adecuadas para evaluar competencias de Tipo 1 e incluyen tareas donde se requiere que los alumnos den una respuesta que sea fácil de juzgar.

Para evaluar procedimientos matemáticos de nivel más alto, se utilizó principalmente preguntas abiertas. Estas requieren respuestas más amplias, en las cuales los estudiantes muestren los pasos dados o expliquen cómo las alcanzaron. Además, este tipo de preguntas permite que los alumnos demuestren sus habilidades para proporcionar soluciones de mayor o menor grado de complejidad matemática.

El proyecto PISA 2000 empleó una modalidad de presentación de tareas en la cual varias preguntas estaban ligadas a un material de estímulo común, de la misma manera que en lectura. Este tipo de presentación proporciona a los estudiantes la oportunidad de involucrarse en un contexto o problema por medio de

preguntas de complejidad creciente, y es apropiado para la evaluación de todos los tipos de competencia. La complejidad creciente de las preguntas estaba relacionada con el tipo cerrado o abierto de las respuestas.

La Tabla 3.2 presenta la distribución de las treinta y tres preguntas de matemáticas que fueron aplicadas. Se clasifican de acuerdo a las dimensiones de la alfabetización en matemáticas y a la estructura o formato de las preguntas utilizadas.

Como se observa, la mayor cantidad de preguntas correspondieron al contenido matemático de espacio y forma. Asimismo, se incorporó el mismo número de preguntas que midieron las competencias tipo 1 y tipo 2 y un menor número de preguntas para medir las competencias de tipo 3. Las preguntas se refirieron principalmente a los contextos personal y científico, y se utilizaron en mayor medida preguntas de respuesta cerrada.

Tabla 3.2: Distribución de preguntas de alfabetización en matemáticas según sus dimensiones y formato de las preguntas

Dimensiones	Total de preguntas	Preguntas de selección múltiple	Preguntas de respuesta cerrada	Preguntas de respuesta abierta
<b>Competencias matemáticas</b>				
Tipo 1: reproducción, definiciones y cálculos	15	4	11	
Tipo 2: establecer conexiones e integrar para resolver problemas	15	5	6	4
Tipo 3: reflexionar matemáticamente, conceptualización o pensamiento matemático y generalización	3			3
Total	33	9	17	7
<b>Contenidos matemáticos</b>				
Cambio y crecimiento	13	5	4	4
Espacio y forma	20	4	13	3
Total	33	9	17	7
<b>Contextos</b>				
Personal	9	4	2	3
Educacional	5	1	4	
Ocupacional	2		2	
Público	8	1	4	3
Científico	9	3	5	1
Total	33	9	17	7

Fuente: OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

## II. Evaluación del desempeño en la alfabetización en matemáticas

Debido a que el foco del estudio PISA 2000 fue lectura, el número de preguntas evaluadas del área de matemáticas fue menor. Por lo tanto, los datos disponibles no posibilitaron la construcción de puntajes según tipo de competencia ni tampoco de niveles de desempeño, tal como se hizo en lectura. Sí fue posible construir un puntaje de alfabetización en matemáticas, al que se fijó un promedio de 500 puntos y una desviación estándar de 100.

También fue posible describir el desempeño general de los estudiantes en matemáticas, en términos de los conocimientos y habilidades que ellos muestran en ciertos puntos relevantes del puntaje construido. De esta forma, se establecieron tres puntos de corte alrededor de los cuales se puede ubicar a los estudiantes, representando cada uno de ellos un nivel de dificultad diferente. Los criterios que definieron esos niveles de dificultad son los siguientes:

- la cantidad y la complejidad de los pasos involucrados en los cálculos o procedimientos,
- las relaciones y la integración de elementos que se requiere establecer, y
- la representación e interpretación de elementos y reflexión sobre situaciones y métodos que se deben hacer.

La Tabla 3.3 muestra lo que los estudiantes logran hacer según el puntaje promedio que obtienen en matemáticas:

Tabla 3.3. Descripción de las habilidades y conocimientos de los alumnos según el puntaje alcanzado en matemáticas

Puntaje	Habilidades y conocimientos aplicados
Estudiantes que obtienen alrededor de 750 puntos en matemáticas	Asumen un rol activo y creativo en su manera de enfrentar problemas matemáticos. Interpretan y formulan problemas en términos matemáticos, manejan información compleja y deciden el número de pasos necesarios para encontrar una solución. Identifican y aplican herramientas y conocimientos relevantes (frecuentemente en un contexto no familiar), reflexionan sobre las fórmulas adecuadas para encontrar una solución y despliegan procesos cognitivos tales como la generalización, el encadenamiento de razonamientos y la argumentación para justificar y comunicar resultados.
Estudiantes que obtienen alrededor de 570 puntos en matemáticas	Interpretan, relacionan e integran diferentes representaciones de un problema o diferentes partes de una información. Usan y manipulan un modelo dado, el que puede incluir álgebra u otras representaciones simbólicas, y pueden verificar y chequear proposiciones o modelos dados. Trabajan con estrategias, modelos o proposiciones dadas (por ejemplo, reconocer y extrapolar desde un patrón), y seleccionan y aplican conocimientos matemáticos relevantes para resolver problemas que pueden involucrar un procedimiento de pocos pasos.
Estudiantes que obtienen alrededor de 380 puntos en matemáticas	Completan un procedimiento rutinario de solo un paso (reproducir procesos o hechos matemáticos básicos) o aplican habilidades simples de cálculo simple. Reconocen información diagramada o material de texto familiar y directo, en los cuales la formulación matemática está dada o es explícita. Cualquier interpretación o razonamiento implica el reconocimiento de un elemento familiar del problema.

Fuente: OECD, *Knowledge and Skill for Life. First Results from PISA 2000*, OECD, 2001.

### III. Presentación y análisis de preguntas

A continuación se presenta una serie de preguntas que fueron incluidas en la prueba PISA 2000 y posteriormente liberadas para su conocimiento público. El objetivo de incluirlas en este informe es mostrar de modo más claro cómo las definiciones expresadas en el marco conceptual de PISA 2000 se manifiestan a través de preguntas. Esta muestra permite conocer exactamente en qué consisten algunas de las preguntas de matemáticas que fueron contestadas por los estudiantes, el nivel de dificultad que implican, los contextos a que se refieren, así como los tipos de textos utilizados.

La intención de esta muestra de preguntas es que los profesores, y quienes están relacionados con la formación y educación de los niños y jóvenes, conozcan cuáles son las exigencias que, de acuerdo a la visión de los países desarrollados, hace y hará la sociedad del conocimiento a quienes forman parte de ella.

Para organizar sus preguntas, PISA 2000 utiliza un formato específico que denomina unidad. Cada unidad está compuesta en primer lugar por el estímulo, de forma y extensión variable, que presenta una información referida a un contexto determinado. Un segundo componente son las preguntas que el estudiante debe responder de acuerdo al estímulo.

Se presentan los estímulos reproducidos en forma íntegra, tal como aparecieron en la prueba, y luego se incluyen algunas de las preguntas. Las que se muestran se refieren a distintas tareas de matemáticas, tienen distinto grado de dificultad y utilizan distintos tipos de información como estímulo. Se espera que este material sea del interés de los profesores y les ayude en su quehacer cotidiano.

Junto con cada pregunta se incluyen algunas características que permiten ubicarla de acuerdo a las categorías del marco de alfabetización en matemáticas, así como también observar la posición de la pregunta en el puntaje global, ubicándola en un determinado nivel de desempeño. Algunas preguntas con respuesta abierta son clasificadas en dos niveles simultáneamente. Esto sucede porque para ellas se ha distinguido entre puntaje completo

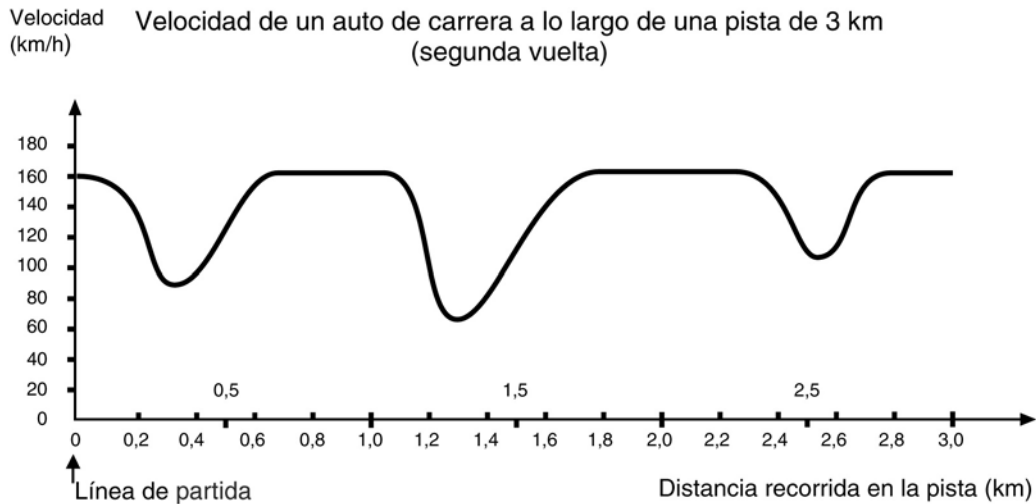


o parcial, lo que implica obviamente una dificultad diferente. Se incluye también el porcentaje de respuesta correcta de los alumnos de Chile y del promedio de estudiantes de la OCDE.

También se incluye un comentario a cada pregunta. En él se explican los distintos aspectos evaluados por la pregunta y las acciones que el alumno debe realizar para contestarla.

## VELOCIDAD DE UN AUTO DE CARRERA

Este gráfico muestra cómo varía la velocidad de un auto de carrera a lo largo de una pista plana de 3 km durante su segunda vuelta.



### Pregunta N° 1

¿Cuál es la distancia aproximada desde la línea de partida hasta el comienzo del tramo recto más largo de la pista?

- A 0,5 km
- B 1,5 km
- C 2,3 km
- D 2,6 km

Características de la pregunta	
Contexto	: Científico
Competencia	: Tipo 2 (Establecer conexiones e integrar para resolver problemas)
Contenido	: Cambio y crecimiento
Formato	: Selección múltiple
Puntaje PISA 2000	: 492 puntos, nivel medio
Clave	: B
Porcentaje respuesta correcta	
Chile	: 44,5%
Promedio OCDE	: 66,9%

Los alumnos que respondieron correctamente (opción B) interpretaron adecuadamente la información entregada en un gráfico que representa el movimiento de un cuerpo, relacionaron dicha información y la integraron de tal manera que fueron capaces de inferir nueva información que no se obtiene de una lectura directa de los datos. Los estudiantes que contestaron bien esta pregunta dedujeron que la velocidad disminuía en las curvas de la pista.

El gráfico presenta una relación poco habitual entre dos variables que, por lo general, se grafican separadamente. Esto es, muestra la relación entre la distancia y la velocidad de un auto que corre por una pista de forma desconocida,

mientras que, comúnmente, los gráficos que describen el movimiento de los cuerpos relacionan la distancia con el tiempo o la velocidad con el tiempo. Este tipo de relación exige a los alumnos idear nuevas estrategias para resolver el problema planteado, por lo que requiere ordenar y secuenciar sus razonamientos, diseñar un procedimiento de resolución y desmatematizar el modelo presentado para traducirlo en términos de la realidad.

Los alumnos debieron identificar la línea de partida como el referente desde el cual se mide la distancia y relacionar las curvas y variaciones del gráfico con la forma de la pista de carreras; ello se logra si se asocia, por ejemplo, la disminución de velocidad con el ingreso a una curva en la pista de carreras y el aumento o mantención de la velocidad con tramos rectos de ella. Finalmente, reconocieron que después del punto más bajo de la línea comienza el tramo más largo de la pista, dado que la distancia entre este punto y el siguiente es mayor que la distancia con el punto bajo anterior (es decir, entre 1,3 y 2,5 hay más distancia que entre 0,3 y 1,3 km), por lo que estimaron que al empezar a aumentar la velocidad en el punto 1,3 km, el auto estaría saliendo de la segunda curva, para entrar en el tramo recto más largo alrededor de los 1,5 km de distancia de la línea de partida.

Quienes seleccionaron la opción A, probablemente asociaron de manera correcta el aumento o mantención de la velocidad con un “tramo recto” de la pista, pero no consideraron el más largo y optaron por el primero que aparece, quizás porque vieron que las líneas horizontales del gráfico tienen una longitud similar.

Es posible que quienes eligieron la opción C, hayan comprendido parcialmente el problema, por lo que fueron capaces de reconocer el tramo más largo de la pista, pero no donde éste comienza y leyeron el punto donde termina.

Puede que los alumnos que escogieron la opción D, solo consideraran una parte literal del enunciado (“el tramo más largo de la pista”), por lo que marcaron la opción que presenta el número más grande, sin relacionar la información del gráfico con la situación real que modela. Esta estrategia es frecuente en los alumnos que no saben como abordar los problemas, por lo que buscan elementos literales de la pregunta para obtener pistas que le ayuden a responder.

## Pregunta N° 2

¿Dónde se registró la velocidad más baja durante la segunda vuelta?

- A En la línea de partida.
- B Aproximadamente en el km 0,8.
- C Aproximadamente en el km 1,3.
- D A mitad del recorrido.

### Características de la pregunta

Contexto	:	Científico
Competencia	:	Tipo 1 (Reproducción, definiciones y cálculos)
Contenido	:	Cambio y crecimiento
Formato	:	Selección múltiple
Puntaje PISA 2000	:	403 puntos, nivel bajo
Clave	:	C
Porcentaje respuesta correcta		
Chile	:	69,6%
Promedio OCDE	:	83,3%

Los alumnos que respondieron correctamente (opción C) interpretaron en forma adecuada la información que aparece directamente en el gráfico y fueron capaces de identificar y leer un dato puntual que se ubica en una coordenada implícita, es decir, que no está marcada en la escala del eje x sino que se encuentra entre los intervalos definidos. Para ello, los alumnos debieron comprender el significado de las variables que se grafican en cada eje y reconocer que el punto más bajo de la curva graficada corresponde a la menor velocidad registrada durante el trayecto de la segunda vuelta en la pista de carrera.

Este tipo de lectura directa de gráficos corresponde a la competencia tipo 1, ya que requiere conocer las reglas básicas de esta forma de representación de datos y la aplicación de procedimientos rutinarios para decodificar la información graficada.

Aquellos que respondieron la opción A probablemente no comprendieron el significado del punto de corte del gráfico con el eje y, ni que ese punto de partida se refiere a la velocidad con que el auto comienza la segunda vuelta de la carrera, por lo que interpretaron dicho punto como la velocidad con que el auto parte la carrera (0 km/hr), confundiendo la “línea de partida” indicada en el gráfico con el “punto de inicio” de la carrera, que correspondería a la velocidad más baja del recorrido.

Quienes escogieron la opción B probablemente confundieron la segunda curva del gráfico con la segunda

vuelta de la pista de carrera y, a partir de una comprensión parcial de la pregunta, interpretaron que la velocidad en la primera parte plana del gráfico corresponde a la “velocidad durante la segunda vuelta”, creyendo que la velocidad más baja en ese tramo se mantiene constante.

Puede que los alumnos que eligieron la opción D identificaran el punto donde la velocidad es menor. Sin embargo, al ver que los trazos generados por ese punto tienen longitudes similares, optaron por describir su ubicación estimando que se encuentra en la mitad del recorrido, sin verificar con los datos de distancia marcados en el gráfico. Este razonamiento pudo darse porque los alumnos se dejaron llevar más por la forma de las curvas graficadas que por la lectura de la información de los ejes de coordenadas.

### Pregunta N° 3

¿Qué se puede decir sobre la velocidad del auto entre el km 2,6 y el km 2,8?

- A La velocidad del auto permanece constante.
- B La velocidad del auto aumenta.
- C La velocidad del auto disminuye.
- D La velocidad del auto no se puede determinar a partir del gráfico.

Características de la pregunta	
Contexto	: Científico
Competencia	: Tipo 1 (Reproducción, definiciones y cálculos)
Contenido	: Cambio y crecimiento
Formato	: Selección múltiple
Puntaje PISA 2000	: 413 puntos, nivel bajo
Clave	: B
Porcentaje respuesta correcta	
Chile	: 57,1%
Promedio OCDE	: 82,5%

Quienes respondieron correctamente (opción B) debieron interpretar información del gráfico, al igual que en la pregunta anterior. En esta ocasión, los alumnos debieron interpretar una variación de los datos en un intervalo más que un dato puntual. De este modo, ellos requirieron comprender que una inclinación hacia arriba de la curva

(pendiente positiva) significa un aumento en la velocidad del auto.

Contrariamente, los alumnos que respondieron la opción C no establecieron estas relaciones e interpretaron exactamente al revés lo que ocurre, quizás porque asociaron la forma curva del gráfico en ese intervalo con una curva de la pista de carrera, por lo que el auto debiera disminuir su velocidad en ese tramo.

Puede que algunos de los alumnos que escogieron la opción A hayan interpretado que el auto se mantiene detenido en los tramos horizontales del gráfico y, en consecuencia, pensaron que en el intervalo dado la velocidad debería permanecer constante, ya que el auto avanza a una misma tasa. Esta interpretación pudo producirse al confundir el gráfico presentado con los gráficos de distancia versus tiempo.

Otros alumnos pueden haber escogido la opción A porque, al asociar directamente la forma del gráfico con la forma de la pista de carreras, no identificaron la información respecto a la velocidad y creyeron que el auto se mueve con la misma velocidad durante todo el trayecto dibujado.

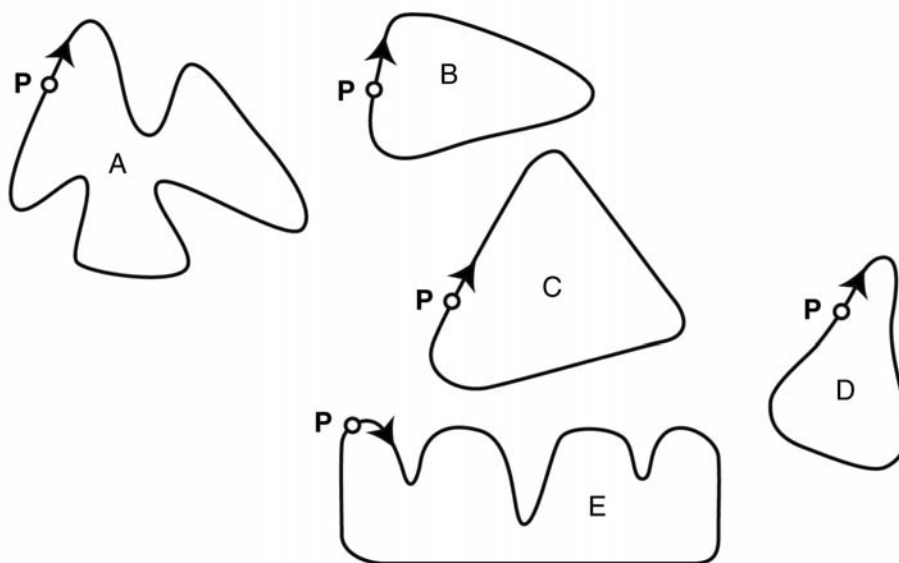
Asimismo, puede que un razonamiento similar llevara a los alumnos que marcaron la opción D a pensar que la

velocidad no se puede determinar, ya que creyeron que el gráfico solo informa respecto a la forma de la trayectoria recorrida por el auto. Pero, quizás también, algunos de los alumnos que eligieron esta opción lograron reconocer que la velocidad varía en ese tramo y por lo tanto pensaron que no se puede determinar una única velocidad para ese intervalo.

### Pregunta N° 4

Aquí hay cinco pistas dibujadas:

¿Sobre cuál de estas pistas se desplazó el auto para producir el gráfico de velocidad mostrado anteriormente?



**P: Línea de partida**

#### Características de la pregunta

Contexto	: Científico
Competencia	: Tipo 2 (Establecer conexiones e integrar para resolver problemas)
Contenido	: Cambio y crecimiento
Formato	: Selección múltiple
Puntaje PISA 2000	: 655 puntos, nivel medio
Clave	: B
Porcentaje respuesta correcta	
Chile	: 6,2%
Promedio OCDE	: 28,3%

Los alumnos que respondieron correctamente (opción B) fueron capaces de interpretar e integrar adecuadamente toda la información del gráfico, de manera que establecieron las interrelaciones necesarias entre dicha información y el tipo de representación usada en las opciones (dibujos que muestran la forma de la pista de carreras), para decodificar los elementos de realidad modelados. Así, los alumnos fueron capaces de inferir la forma real de la pista de carrera, a partir de las variaciones en la velocidad del auto durante el recorrido. Esto implica, por ejemplo, comprender que cuando la velocidad



comienza a disminuir es porque el auto se enfrenta a una curva en el camino.

Probablemente, quienes eligieron la opción A asociaron las tres formas curvas del gráfico (los mínimos) directamente con las curvas de la pista, identificando las partes cóncavas de ella como equivalentes a los tramos más bajos del gráfico. De manera similar, aquellos alumnos que escogieron la opción E, probablemente, no comprendieron que se les presentaban dos tipos distintos de representación y creyeron que el dibujo que genera la curva del gráfico unida con los ejes de coordenadas corresponde

a la forma de la pista de carrera. Esto pudo haber sucedido porque el 80% de los alumnos chilenos que escogieron estas opciones aún no distinguen cabalmente entre un modelo matemático de representación de datos y otras formas gráficas usadas para representar situaciones.

Quienes optaron por las otras dos respuestas, C y D, posiblemente establecieron la relación entre las representaciones asociando la disminución de la velocidad del auto con curvas de la pista, pero no evaluaron adecuadamente la longitud de los tramos entre cada curva y qué tan cerradas o abiertas son.

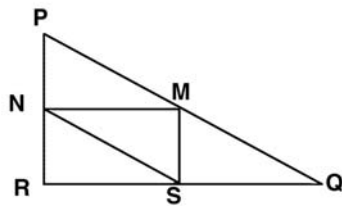
## TRIÁNGULOS

### Pregunta N° 5

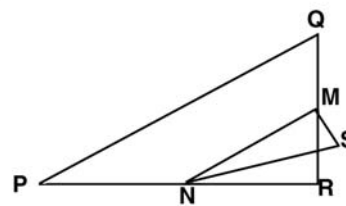
Encierra en un círculo la única figura que se ajusta a la siguiente descripción.

El triángulo PQR es un triángulo rectángulo con el ángulo recto en R. El lado RQ es menor que el lado PR. M es el punto medio del lado PQ y N es el punto medio del lado QR. S es un punto del interior del triángulo. El segmento MN es mayor que el segmento MS.

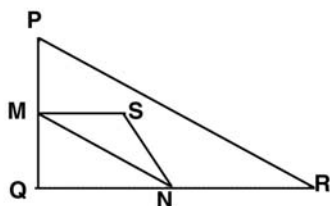
A



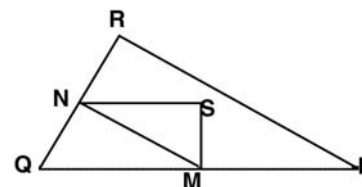
B



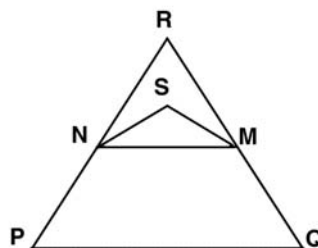
C



D



E



Características de la pregunta	
Contexto	: Científico
Competencia	: Tipo 1 (Reproducción, definiciones y cálculos)
Contenido	: Espacio y forma
Formato	: Selección múltiple
Puntaje PISA 2000:	: 537 puntos, nivel medio
Clave	: D
Porcentaje respuesta correcta	
Chile	: 38,4%
Promedio OCDE:	: 58,5%

Los alumnos que contestaron correctamente (opción D) fueron capaces de reconocer una figura geométrica compuesta, a partir de la descripción de sus características y de los elementos que la componen. Pudieron seguir sistemática y ordenadamente dicha descripción al asociar dos tipos de representación: simbólica (palabras y letras que representan puntos o lados) y gráfica (diagrama).

Estas tareas corresponden a la competencia tipo 1, ya que se requiere que los alumnos recurran a definiciones conocidas de elementos matemáticos (ángulo, triángulo, punto medio, etc.) y a procedimientos rutinarios de reconocimiento y asociación de variada información en un texto con representaciones estándares de figuras geométricas.

Si bien los alumnos que respondieron la opción A reconocieron el ángulo recto del triángulo y uno de los puntos medios, no relacionaron la longitud de los lados RQ y PR, y, probablemente, tampoco comprendieron el concepto de punto interior del triángulo. Esto pudo ocurrir porque los alumnos, al manejar varios datos y hacer varias relaciones, se confundieron en la medida que sus razonamientos no fueron lo suficientemente ordenados, o porque no conocían las definiciones de todos los elementos involucrados.

Probablemente algo similar ocurrió con quienes eligieron la opción B, ya que, si bien reconocieron el ángulo recto del triángulo y relacionaron la longitud de los lados, no pudieron ubicar el punto medio de los lados ni el punto exterior al triángulo.

Quienes eligieron la opción C probablemente identificaron prácticamente todas las características descritas (triángulo rectángulo, longitud de los lados, puntos medios e interior), sin embargo, omitieron una de las informaciones dadas en el enunciado: la ubicación del ángulo recto en el triángulo. Cabe notar que aproximadamente la cuarta parte de los alumnos que contestaron esta pregunta omitieron la información descrita, quizás por considerarla irrelevante; no obstante, esa consideración marca la diferencia entre quienes contestaron correctamente y quienes no.

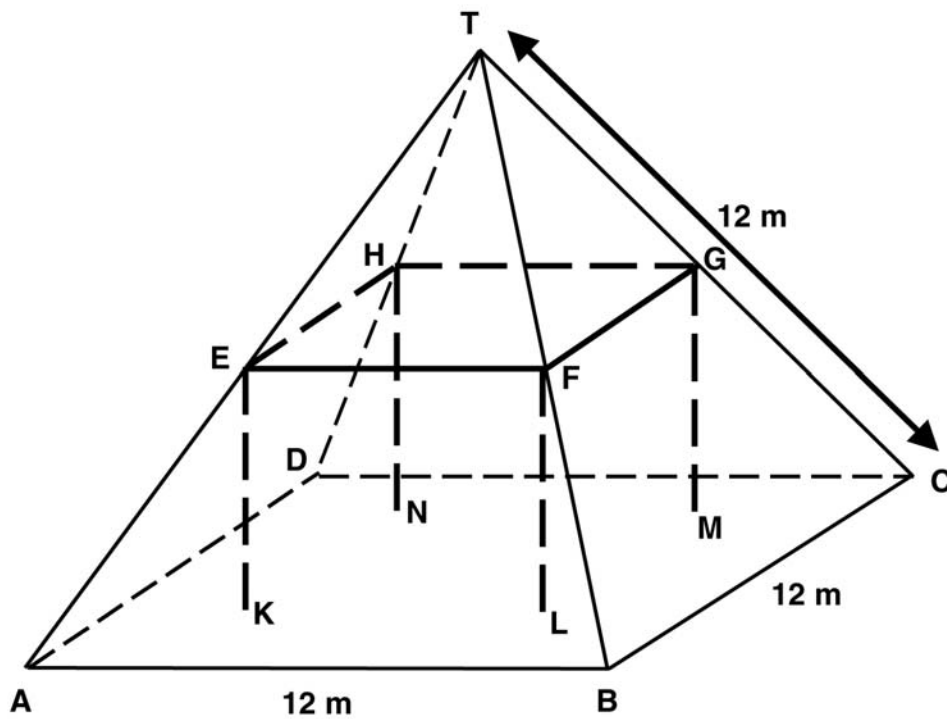
Es posible que los alumnos que optaron por responder E no fueron capaces de identificar, en el diagrama, gran parte de la información entregada: el triángulo rectángulo, las relaciones entre sus lados y la ubicación de los puntos medios, aunque sí reconocieron que hay un punto interior en el triángulo PQR. Esto pudo haber ocurrido debido a que los alumnos no conocían la mayoría de los conceptos involucrados.

## EL CAMPO

Aquí ves una fotografía de una casa de campo con el techo en forma de pirámide.



Debajo hay un modelo matemático del **techo** de la casa de campo con las medidas correspondientes.



El piso del entretecho, ABCD en el modelo, es un cuadrado. Las vigas que sostienen el techo son las aristas de un bloque (prisma rectangular) EFGHKL. E es el punto medio de  $\overline{AT}$ , F es el punto medio de  $\overline{BT}$ , G es el punto medio de  $\overline{CT}$  y H es el punto medio de  $\overline{DT}$ . Todas las aristas de la pirámide del modelo tienen 12 m de largo.

### Pregunta N° 6

Calcula el área del piso del entretecho ABCD.

El área del piso del entretecho ABCD = \_\_\_\_\_ m<sup>2</sup>

#### Características de la pregunta

Contexto	:	Ocupacional
Competencia	:	Tipo 1 (Reproducción, definiciones y cálculos)
Contenido	:	Espacio y forma
Formato	:	Respuesta cerrada
Puntaje PISA 2000	:	492 puntos, nivel medio
Porcentaje respuesta correcta		
Chile	:	16,1%
Promedio OCDE	:	61%

Los alumnos que respondieron correctamente (144m<sup>2</sup>) fueron capaces de aplicar procedimientos rutinarios para calcular el área de una figura geométrica en una situación

de la vida real. Para ello debieron comprender la información que se entrega mediante tres representaciones distintas: primero, la fotografía de una casa, luego, un modelo matemático (diagrama) que ilustra la estructura interna del techo de la casa (vigas) y, finalmente, una descripción de los elementos matemáticos (cuadrado, prisma, etc.) que constituyen el modelo y que representan objetos de la realidad. Es decir, pudieron vincular los elementos de la descripción con los elementos del diagrama bidimensional y estos, a su vez, con los de la realidad (tridimensional) e identificar los datos necesarios para realizar los cálculos requeridos (medida de los lados del cuadrado ABCD) aplicando una fórmula conocida (procedimiento estándar).

### Pregunta N° 7

Calcula el largo de  $\overline{EF}$ , una de las aristas horizontales del bloque.

El largo de  $\overline{EF}$  = \_\_\_\_\_ m

#### Características de la pregunta

Contexto	:	Ocupacional
Competencia	:	Tipo 2 (Establecer conexiones e integrar para resolver problemas)
Contenido	:	Espacio y forma
Formato	:	Respuesta cerrada
Puntaje PISA 2000	:	524 puntos, nivel medio
Porcentaje respuesta correcta		
Chile	:	34,4%
Promedio OCDE	:	55,2%

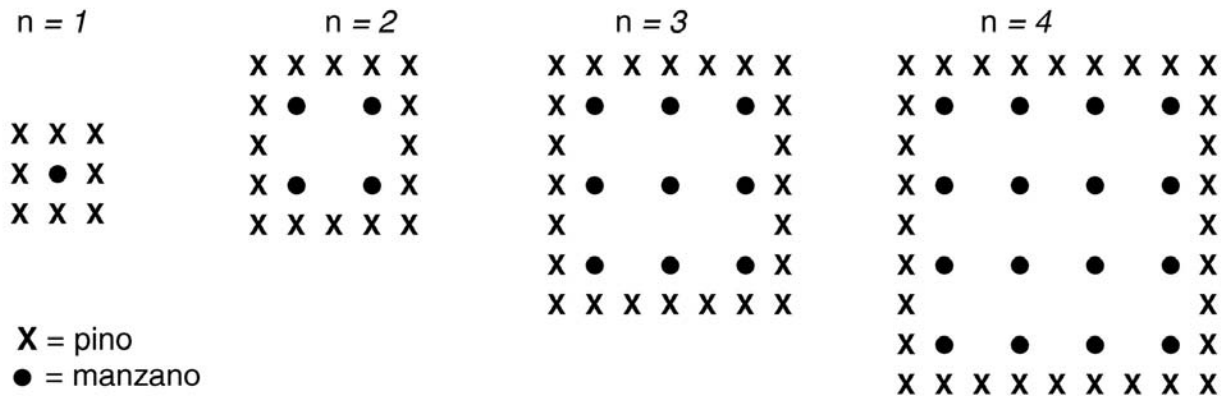
Quienes respondieron correctamente (6m) fueron capaces de resolver un problema que requería la búsqueda de una estrategia (establecer relaciones entre trazos, por ejemplo) y de herramientas matemáticas (proporción entre lados de

dos triángulos semejantes) para encontrar la solución. Del mismo modo que en la pregunta anterior, en este caso los alumnos debieron interpretar y vincular el diagrama de un objeto real (modelo matemático) con la información que se entrega por escrito. Luego, debieron identificar, en el modelo, dos figuras semejante (triángulos ABT y EFT) que no se ven en la realidad (fotografía) y que les permiten establecer las relaciones necesarias para determinar la medida del trazo pedido (viga EF) al calcular la proporción entre los lados correspondientes de los triángulos semejantes (por ejemplo, ET es a EF como AT es a AB).

# MANZANOS

Un agricultor planta manzanos en un esquema cuadrado. Para proteger los árboles del viento él planta pinos alrededor de todo el huerto.

Aquí ves un diagrama de esta situación donde se presentan los cuadrados de manzanos y de pinos para cualquier número (n) de filas de manzanos:



**Pregunta N° 8**

Supongamos que el agricultor quiere hacer un huerto mucho más grande, con muchas filas de árboles. A medida que el agricultor agranda el huerto, ¿qué aumentará más rápidamente: el número de manzanos o el número de pinos? Explica como encontraste tu respuesta.

.....

.....

.....

.....

Características de la pregunta	
Contexto	: Educativa
Competencia	: Tipo 3 (Reflexionar matemáticamente, conceptualización o pensamiento matemático y generalización)
Contenido	: Cambio y crecimiento
Formato	: Respuesta abierta
Puntaje PISA 2000:	: 723 puntos, nivel alto

Respecto a la unidad de Manzanos, no se cuenta con información sobre los resultados de Chile puesto que no fue incluida en la prueba definitiva de PISA 2000, sino solo en la aplicación experimental. No obstante, su clasificación en cuanto al nivel de dificultad es similar al de otras preguntas correspondientes al tipo 3 de competencia. Se presenta este ejemplo puesto que otras preguntas de dicha competencia no fueron liberadas para su conocimiento público.

Para realizar adecuadamente esta tarea (respondiendo que los manzanos aumentan más rápidamente que los pinos) los estudiantes deben ser capaces de determinar las funciones matemáticas que permiten comparar dos tipos de crecimiento (una función lineal con el de una función cuadrática) y comprender cabalmente sus características. Se requiere, además, que redacten una descripción verbal de un patrón generalizado y que creen un argumento mediante el uso del álgebra.

Es necesario que comprendan y utilicen expresiones algebraicas para describir un patrón de manera general y las relaciones funcionales subyacentes, de tal forma que puedan detectar y explicar la generalización de estas relaciones en un contexto no familiar. Se requiere una cadena de razonamiento y la comunicación de ésta en una explicación escrita.

## IV. Resultados de alfabetización en matemáticas

El desempeño de los estudiantes en matemáticas está representado por un puntaje que, al igual que lectura, tiene un promedio de 500 puntos para la OCDE y una desviación estándar de 100.

### 1. Resultados Internacionales

El Gráfico 3.1 muestra los resultados generales de los cuarenta y un países para los que se calcularon puntajes en matemáticas en la prueba PISA. A excepción de Hong-Kong China, país con el más alto puntaje entre todos los participantes en PISA, y Liechtenstein, ningún país no-OCDE alcanzó el promedio de 500 puntos (ver la Tabla 3.1 en el Anexo B).

Una conclusión general de PISA 2000<sup>5</sup> es que, en general, los países donde los estudiantes logran un desempeño promedio en matemáticas significativamente superior al que obtienen en promedio los estudiantes de la OCDE tienen, a su vez, distribuciones más homogéneas de sus puntajes<sup>6</sup>, es decir, la diferencia entre los estudiantes que logran un bajo desempeño y los que logran un alto desempeño es menor.

En cinco de los siete países más homogéneos participantes en PISA 2000, Canadá, Finlandia, Islandia, Japón y Corea, los estudiantes alcanzaron puntajes significativamente superiores al promedio OCDE. Los países con las distribuciones menos homogéneas, Albania, Argentina, Bulgaria, Grecia e Israel, obtienen puntajes promedio significativamente inferiores al promedio OCDE. De los diez países menos homogéneos en el puntaje de matemáticas, siete son países no miembros de la OCDE<sup>7</sup>.

En cuanto a las diferencias entre mujeres y hombres, en quince países los hombres obtienen puntajes

significativamente más altos que las mujeres, y solo en un país, Albania, las mujeres obtienen puntajes significativamente más altos. En los veintiséis países restantes, no se observan diferencias significativas entre hombres y mujeres. Entre ellos están Chile, Argentina, México y Perú, mientras que en Brasil los hombres tienen un mayor puntaje que las mujeres (ver la Tabla 3.6 en el Anexo B).

### 2. El desempeño de Chile y de los países comparados en matemáticas

El promedio de los países latinoamericanos participantes es de 358 puntos en matemáticas, significativamente inferior a los 500 puntos que logran en promedio los estudiantes de los países miembros de la OCDE y también a los puntajes promedios de Finlandia, Portugal y Estados Unidos (ver el Gráfico 3.2).

En Chile, los estudiantes muestran menos competencias matemáticas que el promedio de estudiantes OCDE, Portugal, Estados Unidos y Finlandia, pero más competencias que el promedio de los estudiantes de los países latinoamericanos participantes.

El puntaje promedio de los estudiantes chilenos está asociado al nivel de tareas más básicas del marco de matemáticas de PISA 2000. Según éste, los estudiantes en ese nivel son capaces de completar un procedimiento de solo un paso, como reproducir procesos o hechos matemáticos básicos, o aplicar procedimientos de cálculo simple. Además, pueden reconocer información diagramada o material de texto familiar y directo y en los cuales la formulación matemática está dada o es explícita. Ellos no pueden resolver tareas de nivel de dificultad mayor en las cuales es necesario, esencialmente, usar y manipular modelos matemáticos dados o explicitar modelos que no estén dados, y definir o elegir procedimientos para encontrar una solución a un problema, ya sean de pocos o de varios pasos.

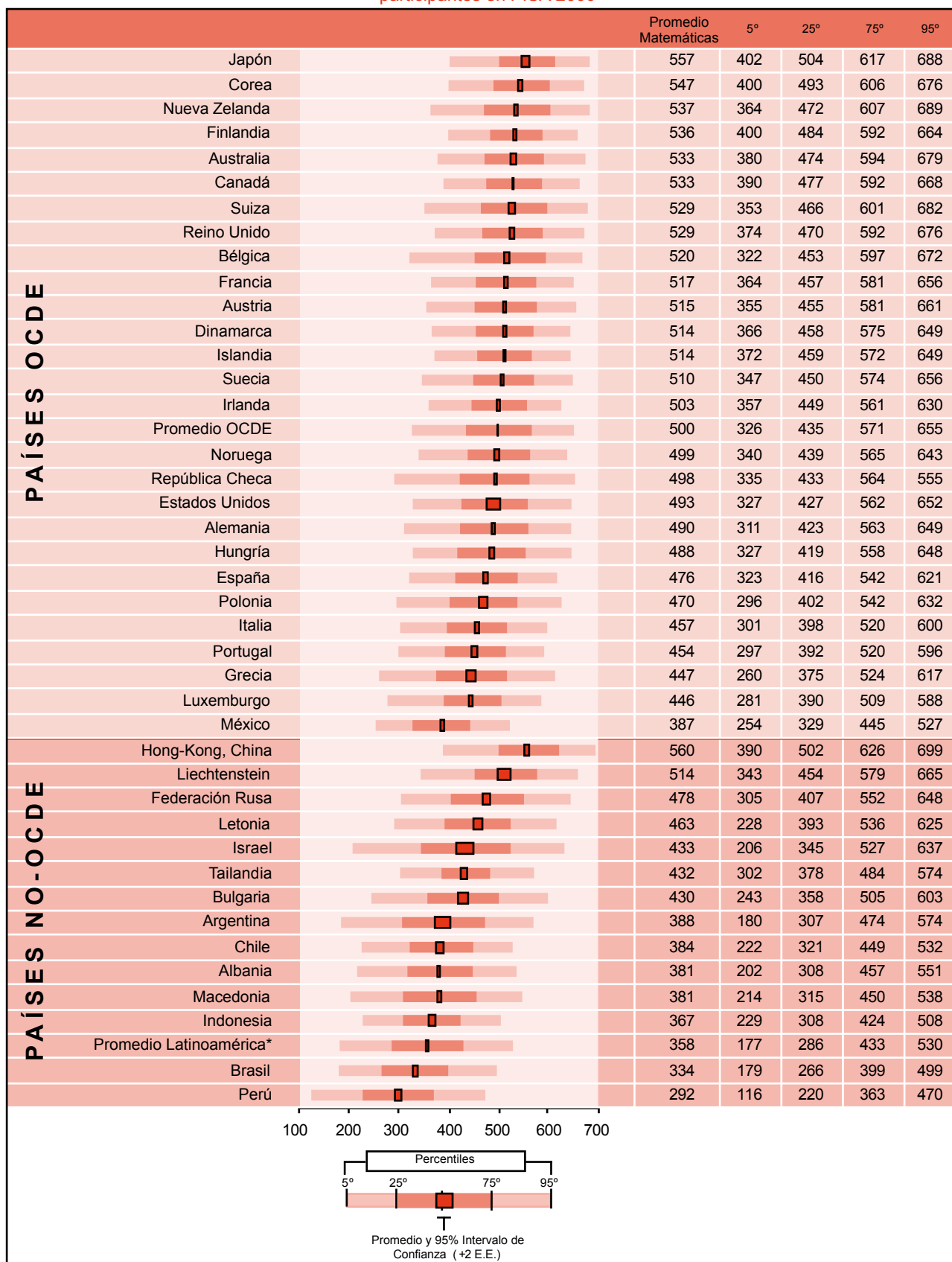
Comparados con los estudiantes de los países latinoamericanos participantes, los estudiantes chilenos muestran más competencias matemáticas que los de Brasil y Perú, y tienen un nivel similar de competencias matemáticas que los de Argentina y México.

5 OECD, *Knowledge and Skills for Life. First Results from PISA 2000*, OECD, 2001.

6 Países homogéneos: con las menores diferencias entre el percentil 25 y 75 del puntaje de matemáticas.

7 OECD y UNESCO-UIS, *Literacy Skills for the World of Tomorrow. Further results from PISA 2000*, OCDE/UNESCO-UIS, 2003.

Gráfico 3.1: Promedios y distribución de los puntajes de alfabetización en matemáticas para todos los países participantes en PISA 2000

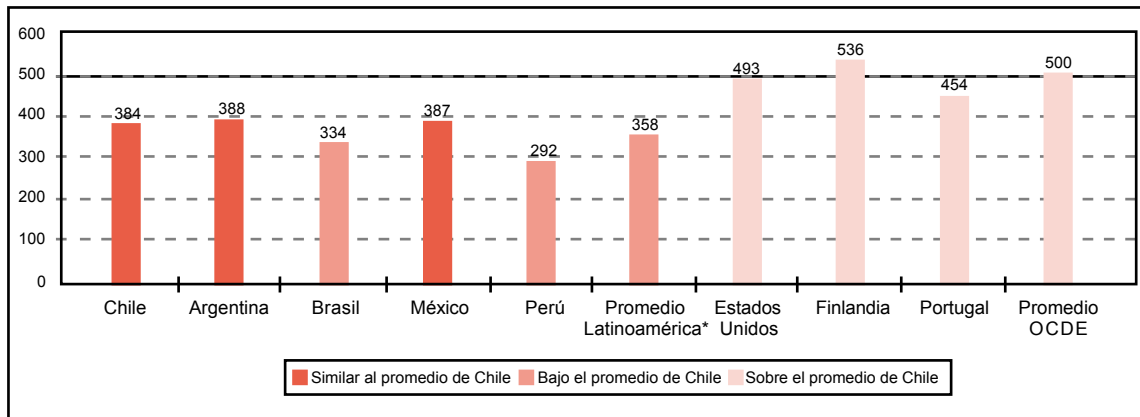


\* Promedio referido a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, donde se incluye a México, país también considerado en el promedio OCDE.

Fuente: Base de datos PISA OCDE, 2003. Tabla 3.2 en el Anexo B.



Gráfico 3.2: Puntajes promedio y diferencias significativas entre Chile y los países comparados en alfabetización en matemáticas



\* Promedio referido a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, donde se incluye a México, país también considerado en el promedio OCDE.

Fuente: Base de datos PISA OCDE, 2003. Tabla 3.2 en el Anexo B.

### 3. Distribución de los puntajes de Chile y los países comparados en matemáticas

Además de comparar los puntajes promedios alcanzados por todos los estudiantes, es importante conocer la variación del desempeño expresada en esos puntajes y así identificar como se distribuyen los aprendizajes entre los estudiantes.

El Gráfico 3.3 muestra la distribución de los puntajes de matemáticas para Chile y los países comparados. En ella se puede observar la variación y amplitud del rango de puntajes que alcanzan los estudiantes de los distintos países en esta área.

El percentil 25 de los estudiantes chilenos, que indica el valor bajo el cual se ubica el 25% de los estudiantes con más bajos puntajes, corresponde a 321 puntos en matemáticas. Esto es 114 puntos más bajo que el promedio OCDE, 71 puntos menor al de Portugal y 163 puntos más bajo que el que alcanza Finlandia. Considerando solo los países latinoamericanos participantes, el puntaje del percentil 25 para los estudiantes chilenos solamente es inferior al obtenido por los estudiantes mexicanos (ver el Gráfico 3.3).

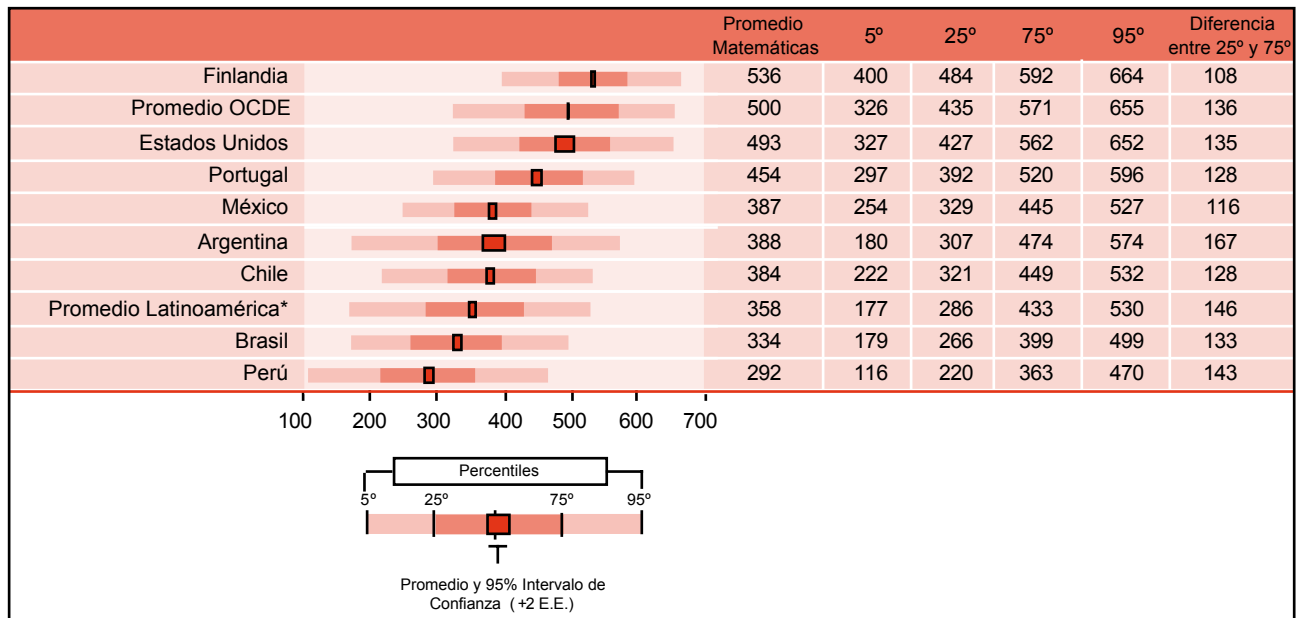
Por otro lado, el 25% de los estudiantes chilenos con mejor desempeño en esta área (percentil 75), se ubica en 449 puntos. Esto muestra que el puntaje sobre el cual

está el 25% de mejor rendimiento en Chile, no alcanza al puntaje promedio de la OCDE. En relación con los países latinoamericanos participantes, este puntaje es solo menor que el alcanzado por Argentina, donde la cuarta parte de los estudiantes con mejores resultados se ubica sobre los 474 puntos.

Entre los países comparados, y considerando la diferencia existente entre el percentil 25 y 75, Chile tiene una distribución más homogénea que la de Estados Unidos, que el promedio OCDE y que Argentina, Brasil y Perú. Tiene una distribución similar a la de Portugal, y menos homogénea que México y Finlandia. La diferencia en relación con Finlandia no sorprende porque este es uno de los países con rendimientos más homogéneos a nivel internacional, tampoco México dada su cobertura.

Argentina es el país con mayor dispersión de puntajes entre los países latinoamericanos participantes y, sin embargo, logra el promedio más alto entre todos ellos. El percentil 75 muestra un puntaje 86 puntos más alto que el puntaje promedio de la población total de ese país. En Chile esta diferencia es menos pronunciada (65 puntos de diferencia), lo que demuestra que en Argentina existe una elite de estudiantes capaz de alcanzar puntajes más altos en matemáticas en comparación a los estudiantes chilenos y, a consecuencia de esto, capaz de arrastrar hacia arriba el promedio nacional en este dominio.

Gráfico 3.3: Distribución de los puntajes de Chile y los países comparados en alfabetización en matemáticas



\* Promedio referido a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, donde se incluye a México, país también considerado en el promedio OCDE.

Fuente: Base de datos PISA OCDE, 2003. Tabla 3.2 en el Anexo B.

Estos datos indican que en Chile no existen puntajes tan extremos. Es decir, hay menos estudiantes con escasas competencias en matemáticas que los que existen en otros países latinoamericanos participantes en PISA 2000, pero asimismo hay menos estudiantes con competencias matemáticas altamente desarrolladas.

## V. Marco de evaluación de ciencias

### 1. La alfabetización en ciencias

En el marco de PISA 2000, la alfabetización en ciencias se considera un objetivo fundamental en la educación de los estudiantes de quince años, independiente de si éstos continuarán estudiando o no estas disciplinas, pues la capacidad de pensar científicamente es importante para todas las personas. Hasta hace poco, se aceptaba que solo las habilidades y destrezas en lectura y matemáticas eran importantes para el desenvolvimiento de las personas en diferentes situaciones de su vida adulta. Sin embargo, la relevancia que las problemáticas de la ciencia y la tecnología han adquirido en la actualidad le han otorgado a la alfabetización científica una mayor importancia para la participación y aprendizaje de los individuos en la sociedad.

Es indispensable para la vida de los jóvenes tener la capacidad de obtener conclusiones apropiadas, coherentes y basadas en evidencia, de criticar afirmaciones hechas por otros utilizando argumentos fundados en pruebas y de distinguir entre una opinión y una afirmación sustentada en información. La ciencia tiene un papel importante en el desarrollo de estas habilidades.

El hecho de que algunas ideas se hayan establecido en un momento determinado ha dependido históricamente de su aceptación social en dicho momento, de manera que el desarrollo del conocimiento científico no solo depende de la creatividad individual sino también de la cultura en que se proponen las ideas. Una vez que se ha dado el salto creativo y se ha articulado un nuevo marco teórico de conocimiento, debe hacerse una comprobación cuidadosa a partir de la realidad. Las teorías científicas deben describir una amplia gama de observaciones a partir de un modelo y con pocos elementos arbitrarios, deben permitir predecir resultados de observaciones futuras y poder ser sometidas a comprobación.

La concepción actual referente a los resultados deseados en la educación científica para todos los ciudadanos, se centra en el desarrollo de una comprensión general de conceptos importantes y de marcos explicativos de la ciencia. Igualmente, enfatiza la comprensión del método científico para obtener evidencias, así como el desarrollo

de la capacidad de reconocer los alcances y las limitaciones de la ciencia. También valora la capacidad de aplicar esta comprensión a las situaciones reales relacionadas con la ciencia, en las que se debe evaluar información y tomar decisiones basadas en ésta. Por lo tanto, la educación científica debe tener como resultado el que todos los estudiantes sean capaces de evaluar evidencias, distinguir entre teorías y observaciones y determinar el nivel de certeza que se le puede atribuir a nuevas afirmaciones.

Considerando estos aspectos, PISA 2000 establece que el resultado fundamental de la educación científica, y por lo tanto el centro del proyecto, es que los alumnos logren una alfabetización en ciencias, definida como:

“...la capacidad de utilizar el conocimiento científico para identificar preguntas y sacar conclusiones basadas en evidencia, con el fin de comprender y ayudar a tomar decisiones acerca del mundo natural y de los cambios que la actividad humana produce en él<sup>8</sup>”.

La alfabetización en ciencias considera esenciales tanto el conocimiento científico, como los procesos mediante los cuales éste se obtiene. La visión de alfabetización en ciencias adoptada por PISA 2000 considera la combinación de las maneras de pensar acerca de los aspectos científicos del mundo y la comprensión de éstos.

El conocimiento científico abarca mucho más que el aprendizaje de hechos, nombres y términos. Incluye la comprensión de los conceptos científicos fundamentales, las limitaciones del conocimiento científico y la naturaleza de la ciencia como actividad humana. Las preguntas que deben ser identificadas son aquellas que pueden responderse mediante la investigación. Para obtener conclusiones basadas en evidencia se necesita conocer y aplicar procesos de selección y evaluación de información y de datos. Además, es necesario reconocer que, generalmente, no se dispone de la información suficiente para obtener conclusiones definitivas, lo que implica especular de manera consciente y cuidadosa acerca de la información disponible.

---

8 OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

La comprensión del mundo natural es considerada como un objetivo en sí misma, además de ser necesaria para tomar decisiones. Las decisiones prácticas siempre se toman en situaciones que comprenden dimensiones sociales, políticas y/o económicas, y el conocimiento científico se usa en el contexto de los valores humanos relacionados con estas dimensiones. Cuando existe un acuerdo acerca de los valores para tomar en cuenta en una situación determinada, el uso de la evidencia científica no genera controversia, pero si los valores difieren, la selección y el uso de esta evidencia pueden generar polémica.

La expresión “mundo natural” se entiende como el medio físico, los seres vivos y las relaciones entre ellos. Las decisiones acerca del mundo natural incluyen aquellas que involucran a la ciencia en relación con aspectos personales, familiares, comunitarios y globales. Los cambios que la actividad humana produce en él corresponden a aquellas modificaciones del mundo natural, planificadas o no, que el hombre realiza con determinados propósitos y sus consecuencias.

## 2. Dimensiones de la alfabetización en ciencias

El marco de evaluación de ciencias de PISA 2000 está estructurado en base a tres dimensiones que forman parte de la alfabetización en ciencias y que caracterizan a las preguntas de la prueba. Estas dimensiones son los procesos, conceptos y contextos científicos.

Es importante considerar que, si bien estas dimensiones se describen por separado, PISA 2000 evalúa la alfabetización en ciencias como un todo, en el que siempre se da una combinación de las dimensiones antes señaladas. Este enfoque es determinante en la definición de los componentes que se incluyen en cada dimensión, los cuales se describen a continuación.

### 2.1. Procesos científicos

Son procesos mentales que están involucrados en la resolución de una tarea y se centran en las habilidades necesarias para adquirir e interpretar evidencia y actuar basándose en ella. En el estudio PISA 2000 se enfatiza la capacidad de aplicar los conocimientos científicos y manejar conocimientos acerca de las ciencias. La

evaluación de estas habilidades permitirá comprender hasta qué punto la educación en ciencias está preparando a los futuros ciudadanos para su participación activa en una sociedad cada vez más influida por los avances científicos y tecnológicos. Los alumnos deben comprender la naturaleza de las ciencias, sus métodos, fortalezas y limitaciones, así como los tipos de preguntas a las que puede dar o no respuestas. También, los alumnos deben reconocer el tipo de evidencias que se requiere para llevar a cabo una investigación científica y hasta qué punto pueden establecerse conclusiones válidas, a partir de los resultados de una investigación. En síntesis, se considera esencial que argumenten y comuniquen eficazmente sus ideas a diversas audiencias porque, de otro modo, no tendrán posibilidades de opinar con fundamentos respecto de los temas que se discutan en la sociedad.

Es posible que gran parte de estas habilidades puedan desarrollarse directamente a través de la experiencia de hacer ciencia o de realizar investigaciones y experimentos en la escuela. Sin embargo, en el estudio PISA 2000 no hay interés por comprobar si los alumnos son capaces de llevar a cabo una investigación científica. El interés está en conocer si su experiencia escolar ha tenido como resultado una comprensión y manejo adecuado de los conceptos, habilidades y destrezas científicas que les permitan “tomar decisiones acerca del mundo natural y de los cambios que la actividad humana produce en él”.

De acuerdo a lo anterior, PISA 2000 da prioridad a los procesos acerca de la ciencia y no a aquellos propios del quehacer científico. Los cinco procesos o habilidades definidos en el marco de evaluación de PISA 2000 se describen en la siguiente Tabla 3.4.

### 2.2. Conceptos científicos

Los conceptos científicos son aquellos que permiten dar sentido a distintos aspectos de nuestro entorno. Existen diferentes maneras de agrupar los conceptos científicos y PISA 2000 lo expresa en términos de grandes ideas integradoras o grandes temas. En la prueba PISA 2000 no se pretende evaluar todos los conceptos que podrían estar asociados a estas grandes ideas integradoras, porque sería imposible considerando las limitaciones de espacio y de tiempo.

Tabla 3.4: Descripción de los procesos científicos

Proceso científico	Descripción
1. Reconocimiento de preguntas a las que se puede responder mediante una investigación científica	Identificar preguntas o ideas que fueron (o pueden haber sido) evaluadas en una investigación. Distinguir las preguntas que pueden ser respondidas mediante una investigación científica de aquellas que no. Sugerir las preguntas que podrían ser investigadas científicamente en una situación dada.
2. Identificación de la información necesaria para probar una idea de manera científicamente válida	Identificar o reconocer los elementos que se deben comparar en una investigación. Reconocer las variables que se deben cambiar o controlar en una investigación. Reconocer la información adicional que se necesita para llevar a cabo una investigación. Reconocer los procedimientos que se deben realizar para obtener datos relevantes a partir de una investigación.
3. Elaboración o evaluación de conclusiones	Elaborar conclusiones coherentes con la evidencia o datos científicos presentados. Reconocer la conclusión que se ajusta a los datos y explicar en qué medida es coherente con ellos. Evaluar conclusiones, argumentando a favor o en contra, sobre la base de la evidencia presentada. Identificar los supuestos que se debe hacer para llegar a una conclusión.
4. Comunicación de conclusiones válidas	Expresar de forma clara a una determinada audiencia conclusiones válidas a partir de la evidencia disponible. Elaborar argumentos basados en evidencia para apoyar una conclusión o recomendación y comunicarlos de manera apropiada a una audiencia determinada.
5. Demostración de comprensión de conceptos científicos	Explicar las relaciones y las posibles causas de determinados cambios, aplicando los conceptos apropiados. Predecir efectos de determinados acontecimientos, sobre la base de conceptos o ideas científicas. Identificar los factores que influyen en un resultado, aplicando conceptos o ideas científicas adecuadas.

Fuente: OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

PISA 2000 usa cuatro criterios para determinar la selección de los conceptos científicos que serán evaluados:

El primer criterio es la relevancia de la aplicación de los conceptos en situaciones cotidianas. Los conceptos difieren en el grado de utilidad que tienen para la vida diaria. Por ejemplo, aunque la teoría de la relatividad da una descripción más exacta de las relaciones entre longitud, masa, tiempo y velocidad, las leyes de Newton son más útiles para comprender las fuerzas y movimientos que se experimentan y observan en el día a día.

El segundo criterio es que los conceptos y contenidos seleccionados deben tener una relevancia para la vida que perdure en la próxima década. PISA 2000 se centra en los conceptos que probablemente mantengan su importancia para la ciencia y para las políticas públicas por bastantes años.

El tercer aspecto a considerar para la selección de los conceptos científicos es la relevancia de las situaciones en que la alfabetización en ciencias es necesaria.

El cuarto criterio consiste en la necesidad de que los conceptos sean combinados con los procesos científicos seleccionados y no correspondan a definiciones o clasificaciones que solo deben ser recordadas.

Basándose en los criterios antes mencionados, PISA 2000 agrupa los conceptos para ser evaluados en trece temas científicos principales. En la Tabla 3.5 se señalan estos temas y se muestran ejemplos de algunos conceptos relacionados con ellos. Es importante señalar que solo se busca ejemplificar el significado de cada tema y que no se pretende dar un listado detallado de todos los conceptos que pueden relacionarse con cada uno de ellos. Si bien el aprendizaje de los conceptos surge a partir del estudio de fenómenos y acontecimientos específicos, PISA 2000 se centra en la evaluación de los conceptos en un sentido amplio, que es el que permite comprender el mundo natural y dar sentido a las nuevas experiencias.

Tabla 3.5: Principales temas científicos y ejemplos de conceptos relacionados

Temas científicos	Ejemplos de conceptos relacionados
1. Estructura y propiedades de la materia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conductividad térmica</li> <li>• Conductividad eléctrica</li> </ul>
2. Cambios atmosféricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Radiación</li> <li>• Transmisión</li> <li>• Presión</li> </ul>
3. Cambios físicos y químicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estados de la materia</li> <li>• Índices de reacción</li> <li>• Descomposición</li> </ul>
4. Transformaciones de la energía	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conservación de la energía</li> <li>• Degradación de la energía</li> <li>• Fotosíntesis</li> </ul>
5. Fuerzas y movimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerzas en equilibrio y en desequilibrio</li> <li>• Velocidad</li> <li>• Aceleración</li> <li>• Momentum</li> </ul>
6. Estructura y función	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Célula</li> <li>• Esqueleto</li> <li>• Adaptación</li> </ul>
7. Biología humana	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Salud</li> <li>• Higiene</li> <li>• Nutrición</li> </ul>
8. Biodiversidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especies</li> <li>• Pool genético</li> <li>• Evolución</li> </ul>
9. Control genético	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominancia</li> <li>• Herencia</li> </ul>
10. Ecosistemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cadenas alimenticias</li> <li>• Desarrollo sustentable</li> </ul>
11. La Tierra y su lugar en el universo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema solar</li> <li>• Cambios diurnos y estacionales</li> </ul>
12. Cambio geológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Deriva continental</li> <li>• Cambio climático</li> </ul>

Fuente: OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

### 2.3. Contextos científicos

Además de los procesos y conceptos que se evalúan, otra característica que afecta el desempeño de los alumnos es el contexto en que se plantean las tareas que deben resolver. PISA 2000 no busca reportar resultados acerca de los desempeños en contextos particulares, pero los define con el fin de asegurar que las preguntas que forman parte de la evaluación se planteen en una variedad de situaciones consideradas relevantes.

La definición de alfabetización en ciencias, al igual que la alfabetización en lectura y en matemáticas, enfatiza la aplicación de conceptos y habilidades en el contexto de situaciones del mundo real. Por lo tanto, las preguntas de

la evaluación se plantean en el contexto de situaciones de la vida en general y no en aquellas que se limitan a la experiencia de los alumnos dentro de los establecimientos educacionales.

Se entiende como contexto científico un fenómeno del mundo real en el cual se puede aplicar la ciencia. PISA 2000 ocupa los mismos criterios utilizados en la selección de los temas científicos para definir tres grandes áreas de aplicación de la ciencia:

- Ciencia en la vida y en la salud.
- Ciencia en la Tierra y en el medioambiente.
- Ciencia en la tecnología.

Tabla 3.6: Áreas de aplicación de la ciencia y su relevancia

Relevancia	Áreas de aplicación		
Personal Comunitaria Global Histórica	Ciencia en la vida y en la salud	Ciencia en la Tierra y en el medio ambiente	Ciencia en la tecnología
	Salud, enfermedades y nutrición.	Contaminación.	Biotecnología.
	Preservación y manejo sustentable de especies.	Producción y erosión de suelos.	Uso de materiales y manejo de desechos.
	Interdependencia de los sistemas físicos y biológicos.	Tiempo atmosférico y clima.	Uso de la energía. Transporte.

Fuente: OECD, *Measuring student knowledge and skills. A new framework for assessment*, OECD, 2000.

Estas áreas incorporan aspectos que los ciudadanos del mundo actual y del mañana necesitan comprender y acerca de los cuales tienen y tendrán que tomar decisiones. Las problemáticas relacionadas con las áreas de aplicación de la ciencia pueden afectar a las personas como individuos (por ejemplo, la alimentación), como miembros de una comunidad local (por ejemplo, el tratamiento del suministro de agua) o como ciudadanos del mundo (por ejemplo, el calentamiento global). Además, en algunas áreas en las que la ciencia se aplica hace mucho tiempo, el aspecto histórico puede permitir evaluar la comprensión de los avances y evolución del conocimiento científico. PISA 2000 incluye en su evaluación contextos científicos que tienen relevancia:

- Personal.
- Comunitaria.
- Global.
- Histórica.

En la Tabla 3.6 se describen las áreas de aplicación de la ciencia, las que pueden tener relevancia en cada uno de los niveles descritos.

### 3. Formato de las preguntas de ciencias

Tal como sucede en las otras áreas, PISA 2000 mide alfabetización en ciencias a través de una combinación de formatos de preguntas. Algunas tareas fueron evaluadas a través de preguntas de respuesta múltiple

simple o compleja, las que generalmente se asocian con procesos científicos más sencillos. En las preguntas de respuesta múltiple simple, los estudiantes debían escoger una entre varias alternativas propuestas. Las preguntas de respuesta múltiple compleja corresponden a series de alternativas (“Verdadero” o “Falso”, o “Sí” o “No”) que se eligen para cada elemento de la serie.

Las preguntas abiertas, en las que el estudiante debía producir un texto o mostrar procedimientos que más tarde fueron corregidos mediante una pauta, fueron preferidas para evaluar procesos científicos de un orden superior. Entre éstas había algunas en las cuales los estudiantes podían obtener puntaje completo, si sus respuestas cumplían con todos los requerimientos, o puntaje parcial si al menos parte de su respuesta podía considerarse correcta.

La Tabla 3.7 presenta la distribución de las 35 preguntas de ciencias aplicadas a los estudiantes participantes en PISA 2000. Muestra el número de preguntas clasificadas de acuerdo a las tres dimensiones de la formación científica y según el formato de las preguntas utilizadas.

Como se observa, la mayor cantidad de preguntas correspondieron al proceso científico de demostrar comprensión de conceptos científicos. Los conceptos científicos evaluados a través de un mayor número de preguntas son la Tierra y su lugar en el universo y la estructura y propiedades de la materia. Las tres áreas de aplicación de la ciencia fueron evaluadas con un número similar de preguntas.

Tabla 3.7: Distribución de preguntas de alfabetización en ciencias según sus dimensiones y formato de las preguntas

Dimensiones	Total de preguntas	Preguntas de selección múltiple	Preguntas de selección múltiple	Preguntas de respuesta abierta compleja
<b>Procesos científicos</b>				
Reconocimiento de preguntas a las que se puede responder mediante investigación científica	3	1	2	0
Identificación de la información necesaria para probar una idea de manera científicamente válida	5	3	1	1
Elaboración o evaluación de conclusiones	7	1	2	4
Comunicación de conclusiones válidas	2			2
Demostración de comprensión de conceptos científicos	18	9	3	6
Total	35	14	8	13
<b>Conceptos científicos</b>				
Estructura y propiedades de la materia	6	4	2	
Cambios atmosféricos	3			3
Cambios físicos y químicos	1			1
Transformaciones de la energía	4		2	2
Fuerzas y movimiento	1	1		
Estructura y función	1	1		
Biología humana	4	2		2
Biodiversidad	1	1		
Control genético	2	1	1	
Ecosistemas	4	2		2
La Tierra y su lugar en el universo	7	2	3	2
Cambio geológico	1			1
Total	35	14	8	13
<b>Áreas de aplicación de la ciencia</b>				
La ciencia en la vida y en la salud	12	7	1	4
La ciencia en la Tierra y en el medioambiente	12	2	3	7
La ciencia en la tecnología	11	5	4	2
Total	35	14	8	13

Fuente: OECD, *Literacy Skills for the World of Tomorrow. Further results from PISA 2000*, OECD/UNESCO-UIS, 2003.





## VI. Evaluación del desempeño en la alfabetización en ciencias

Debido a que el foco del estudio PISA 2000 fue lectura, el número de preguntas evaluadas del área de ciencias fue menor. Por lo tanto, los datos disponibles no posibilitaron la construcción de puntajes según procesos científicos ni tampoco de niveles de desempeño, tal como se hizo en lectura. Sí fue posible construir un puntaje de alfabetización en ciencias, al que se fijó un promedio de 500 de puntos y una desviación estándar de 100.

También fue posible describir el desempeño general de los estudiantes en ciencias, en términos de los conocimientos y habilidades que ellos muestran en ciertos puntos del puntaje construido. De esta forma, se establecieron tres puntos de corte alrededor de los cuales

se puede ubicar a los estudiantes, representando cada uno de ellos un nivel de dificultad diferente. Los criterios que definen esos niveles de dificultad son los siguientes:

- la complejidad de los conceptos,
- la cantidad de datos entregados,
- las cadena de razonamientos requerida, y
- la precisión requerida en la comunicación.

Además, el nivel de dificultad es influenciado por el contexto en que se presenta la información y el formato de las preguntas.

La Tabla 3.8 muestra lo que los estudiantes logran hacer según el puntaje promedio que obtienen en ciencias:

Tabla 3.8: Descripción de las habilidades y conocimientos de los alumnos según el puntaje alcanzado en ciencias

Puntaje	Habilidades y conocimientos aplicados
Estudiantes que obtienen alrededor de 690 puntos en ciencias	<p>Crean o usan modelos conceptuales para hacer predicciones o dar explicaciones.</p> <p>Analizan información científica para determinar, por ejemplo, el diseño de un experimento o identificar la idea que se quiere poner a prueba.</p> <p>Comparan datos para evaluar puntos de vista alternativos o diferentes perspectivas.</p> <p>Comunican argumentos científicos y/o descripciones con detalle y precisión.</p>
Estudiantes que obtienen alrededor de 550 puntos en ciencias	<p>Usan conceptos científicos para hacer predicciones o dar explicaciones.</p> <p>Reconocen preguntas que se pueden responder mediante una investigación científica.</p> <p>Identifican detalles de los aspectos involucrados en una investigación científica.</p> <p>Seleccionan información relevante entre datos en competencia o cadenas de razonamiento que se usan para obtener o evaluar conclusiones.</p>
Estudiantes que obtienen alrededor de 400 puntos en ciencias	<p>Recuerdan conocimientos científicos simples (por ejemplo: nombres, hechos, terminología, leyes simples).</p> <p>Usan conocimiento científico común para elaborar o evaluar conclusiones.</p>

Fuente: OECD, *Knowledge and Skill for Life. First Results from PISA 2000*, OECD, 2001.

## VII. Presentación y análisis de preguntas

A continuación se presenta una serie de preguntas que fueron incluidas en la prueba PISA 2000 y posteriormente liberadas para su conocimiento público. El objetivo de incluirlas en este informe es mostrar de modo más claro cómo las definiciones expresadas en el marco conceptual de PISA 2000 se manifiestan a través de preguntas. Esta muestra permite conocer exactamente en qué consisten algunas de las preguntas de ciencias que fueron contestadas por los estudiantes, el nivel de dificultad que implican, los contextos a que se refieren, así como los tipos de estímulos utilizados.

La intención de esta muestra de preguntas es que los profesores, y quienes están relacionados con la formación y educación de los niños y jóvenes, conozcan cuáles son las exigencias que, de acuerdo a la visión de los países desarrollados, hace y hará la sociedad del conocimiento a quienes forman parte de ella.

Para organizar sus preguntas, PISA 2000 utiliza un formato específico que denomina unidad. Cada unidad está compuesta en primer lugar por el estímulo, de forma y extensión variable, que presenta una información referida a un contexto determinado. Un segundo componente son las preguntas que el estudiante debe responder de acuerdo al estímulo.

Se presentan los estímulos reproducidos en forma íntegra, tal como aparecieron en la prueba, y luego se incluyen algunas de las preguntas. Las que se muestran se refieren a distintas tareas de ciencias, tienen distinto grado de dificultad y utilizan distintos tipos de información como estímulo. Se espera que este material sea del interés de los profesores y les ayude en su quehacer cotidiano.

Junto con cada pregunta se incluyen algunas características que permiten ubicarla de acuerdo a las categorías del marco de alfabetización en ciencias, así como también observar el comportamiento de la pregunta en el puntaje, ubicándola en un determinado nivel de desempeño. Algunas preguntas con respuesta abierta son clasificadas en dos niveles simultáneamente. Esto sucede porque para ellas se ha distinguido entre puntaje completo o parcial, lo que implica obviamente una dificultad diferente. Se incluye también el porcentaje de respuesta correcta de los alumnos de Chile y del promedio de estudiantes de la OCDE.

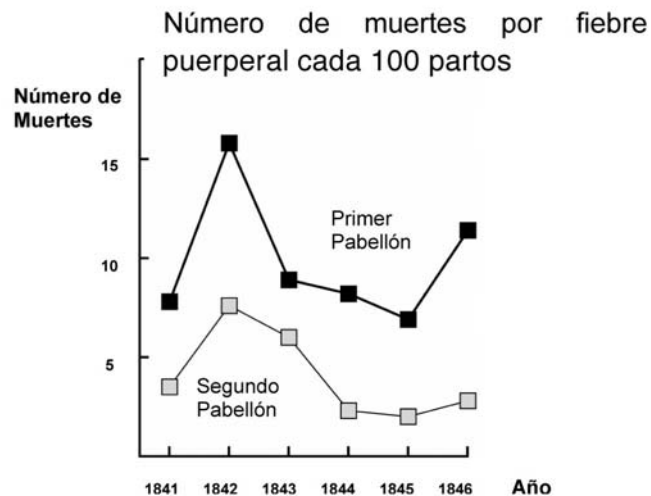
También se incluye un comentario a cada pregunta. En él se explican los distintos aspectos evaluados por la pregunta y las acciones que el alumno debe realizar para contestarla. Finalmente, en el caso de las preguntas de respuesta abierta, se incluyen ejemplos de respuestas dadas por estudiantes chilenos.



## DIARIO DE SEMMELWEIS (1)

*“Julio de 1846. La próxima semana ocuparé el puesto de Director del Primer Pabellón de la maternidad en el Hospital General de Viena. Me alarmé cuando me enteré del porcentaje de pacientes que mueren en esa maternidad. En este mes, han muerto allí al menos 36 de las 208 madres, todas de fiebre puerperal. Dar a luz un niño es tan peligroso como una neumonía de primer grado”.*

Estas líneas del diario del Dr. Ignaz Semmelweis (1818 -1865) dan una idea de los efectos devastadores de la fiebre puerperal, una enfermedad contagiosa que provocó la muerte de muchas mujeres después del parto. Semmelweis recopiló datos sobre el número de muertes por fiebre puerperal en el Primer y Segundo Pabellón de la maternidad del Hospital (ver el gráfico).



Los médicos, entre ellos Semmelweis, desconocían completamente la causa de la fiebre puerperal. El diario de Semmelweis decía:

*“Diciembre de 1846. ¿Por qué mueren tantas mujeres de esta fiebre después de dar a luz sin ningún problema? Durante siglos la ciencia nos ha dicho que es una epidemia invisible que mata a las madres. Las causas pueden ser cambios en el aire o alguna influencia extraterrestre o un movimiento de la misma tierra, un terremoto.”*

Hoy en día, poca gente consideraría una influencia extraterrestre o un terremoto como posible causa de la fiebre. Ahora sabemos que ésta se relaciona con las condiciones higiénicas. Pero en la época en que vivió Semmelweis, mucha gente, ¡incluso científicos!, lo creía. Semmelweis sabía que era poco probable que la fiebre fuera causada por una influencia extraterrestre o por un terremoto. Llamó la atención sobre los datos que había recogido (ver el gráfico) y los utilizó para intentar convencer a sus colegas.

### Pregunta N° 1

Imagina que tú eres Semmelweis. Basado en los datos recogidos por Semmelweis, da una razón que justifique por qué es poco probable que la fiebre puerperal sea causada por terremotos.

.....

.....

.....

.....

#### Características de la pregunta

Proceso científico evaluado	:	Elaboración o evaluación de conclusiones
Concepto científico evaluado	:	Biología humana
Contexto científico	:	La ciencia en la vida y salud
Relevancia del contexto	:	Histórica
Puntaje completo PISA 2000	:	666, nivel alto
Puntaje parcial PISA 2000	:	638, nivel alto
Porcentaje puntaje completo		
Chile	:	7,3
OCDE	:	21,3
Porcentaje puntaje parcial		
Chile	:	11,5
Promedio OCDE	:	7,3

La pregunta requiere que los alumnos utilicen evidencia científica para elaborar argumentos que apoyen una conclusión.

Las respuestas correctas, a las que se asignó el puntaje más alto, corresponden a los alumnos que fueron capaces de leer la información del gráfico comparando el número de muertes por fiebre puerperal por cada cien partos en ambos pabellones. A partir de esta comparación, es probable que relacionaran el número de muertes con el pabellón en que se encontraban las madres, lo que les permitía concluir que es poco probable que la fiebre puerperal fuera causada por los terremotos. Además, los alumnos fueron capaces de inferir que si los terremotos fueran la causa de la fiebre puerperal, se esperaba que hubieran tenido el mismo efecto en las madres de ambos pabellones.

Las respuestas parciales corresponden a alumnos que fueron capaces de utilizar la información presente en el texto, para fundamentar la idea de que es poco probable que la fiebre puerperal fuera causada por terremotos. Los alumnos concluyeron que si la fiebre puerperal fuera causada por los terremotos, esta enfermedad afectaría no solo a las mujeres de los pabellones del hospital, sino a todas las mujeres y hombres del lugar donde ocurra un terremoto. Otro tipo de respuestas parciales corresponde a alumnos que señalaron que los terremotos son poco frecuentes, por lo tanto no es probable que ocurran todos los años y no es posible que ocurra uno cada vez que hay un parto. Probablemente, estos alumnos son capaces de obtener información del gráfico, reconociendo que mueren mujeres de fiebre puerperal a lo largo de todos los años mostrados.

Las respuestas incorrectas, a las que no se les asignó puntaje, corresponden a alumnos que no presentaron ningún argumento que apoyara la conclusión de que es poco probable que los terremotos sean la causa de la fiebre puerperal, limitándose generalmente a afirmar que los terremotos no causan la fiebre, o bien que la fiebre tiene otra causa.

Ejemplos de respuestas de los alumnos

Puntaje completo:

Porque si fuera por terremotos ocurriría en los dos pabellones por igual. En cambio hay más muertes en el primer pabellón que en el segundo.

Puntaje parcial:

Porque esta fiebre atacaba principalmente a las mujeres después de un parto, y los terremotos no eligen a las personas.

Sin puntaje:

Porque de producirse un terremoto no afecta a las madres embarazadas, ya esto afecta solo a la naturaleza (Además esta enfermedad se relaciona con la higiene)

## DIARIO DE SEMMELWEIS (2)

La autopsia era una parte de la investigación que se llevaba a cabo en ese hospital. El cadáver de una persona era abierto para encontrar la causa de su muerte. Semmelweis se dio cuenta de que los estudiantes que trabajaban en el Primer Pabellón participaban habitualmente en las autopsias de mujeres que habían muerto el día anterior, antes de examinar a las mujeres que acababan de dar a luz. Ellos no se preocupaban mucho de lavarse después de las autopsias. ¡Algunos, incluso estaban orgullosos de que, por su olor, se pudiera decir que habían estado trabajando en la morgue, ya que eso demostraba lo trabajadores que eran!

Uno de los amigos de Semmelweis murió después de haberse cortado durante una de esas autopsias. La autopsia de su cuerpo mostró que tenía los mismos síntomas que las madres que habían muerto de la fiebre puerperal. Esto le dio a Semmelweis una nueva idea.

### Pregunta N° 2

La nueva idea de Semmelweis tenía que ver con el alto porcentaje de mujeres que morían en los pabellones de la maternidad y con el comportamiento de los estudiantes.

¿Cuál era esta idea?

- A Hacer que los estudiantes se laven después de las autopsias debería conducir a una disminución de los casos de fiebre puerperal.
- B Los estudiantes no deberían participar en las autopsias porque pueden cortarse.
- C Los estudiantes huelen mal porque no se lavan después de una autopsia.
- D Los estudiantes quieren demostrar que son trabajadores, lo que hace que sean descuidados cuando examinan a las mujeres.

#### Características de la pregunta

Proceso científico evaluado	:	Reconocimiento de preguntas a las que se puede responder mediante una investigación científica
Concepto científico evaluado	:	Biología humana
Contexto científico	:	La ciencia en la vida y salud
Relevancia del contexto	:	Histórica
Puntaje PISA 2000	:	493, nivel medio
Clave	:	A
Porcentaje respuesta correcta		
Chile	:	55,2
Promedio OCDE	:	63,3

La pregunta requiere que los alumnos sean capaces de reconocer una hipótesis que puede ser propuesta a partir de información dada. Los alumnos que respondieron correctamente (opción A) fueron capaces de relacionar la información del texto (el comportamiento de los

estudiantes y la muerte de un amigo de Semmelweis por fiebre puerperal después de una autopsia), que permite plantear una idea referida al posible vínculo entre la frecuencia de muertes en uno de los pabellones y el comportamiento de los estudiantes.

Quienes eligieron las opciones B, C o D seleccionaron conclusiones o afirmaciones que es posible realizar a partir de la información dada, sin considerar que no permiten establecer ninguna relación del comportamiento de los alumnos con las muertes de las mujeres por fiebre puerperal.

Quienes seleccionaron la opción D, probablemente confundieron la causa del comportamiento de los alumnos, es decir, la intención de demostrar lo trabajadores que eran, con el papel que juega su comportamiento en las muertes de las mujeres.

### Pregunta N° 3

Semmelweis tuvo éxito en sus intentos por reducir el número de muertes a causa de la fiebre puerperal. Pero incluso hoy, la fiebre puerperal sigue siendo una enfermedad extremadamente difícil de eliminar.

Las fiebres difíciles de curar son todavía un problema en los hospitales. Muchas medidas de rutina sirven para controlar este problema. Una de estas medidas consiste en lavar las sábanas a temperaturas muy elevadas.

Explica por qué lavar las sábanas a temperaturas elevadas ayuda a reducir el riesgo de que los pacientes contraigan la fiebre.

.....

.....

.....

.....

Características de la pregunta	
Proceso científico evaluado	: Demostración de comprensión de conceptos científicos
Concepto científico evaluado	: Biología humana
Contexto científico	: La ciencia en la vida y salud
Relevancia del contexto	: Histórica
Puntaje PISA 2000	: 467, nivel bajo
Porcentaje puntaje completo	
Chile	: 52,3
Promedio OCDE	: 67,3

Esta pregunta requiere que los alumnos apliquen conocimientos científicos acerca del efecto que tiene el calor sobre los microorganismos, a fin de describir por qué este procedimiento es efectivo para reducir el riesgo de contraer enfermedades contagiosas.

Las respuestas correctas corresponden a alumnos que se refirieron a la eliminación o disminución de la cantidad de microorganismos (bacterias, gérmenes o virus), o bien a la esterilización de las sábanas.

Las respuestas incorrectas, en general, solo señalaron que la temperatura permite eliminar la enfermedad, sin mencionar su efecto sobre los microorganismos. Otro tipo de respuesta incorrecta estuvo referido solo al hecho de lavar las sábanas, sin considerar el efecto de la temperatura.

Ejemplos de respuestas de los alumnos

Puntaje completo:

Porque las temperaturas elevadas matan a los agentes externos como bacterias o virus y reducen el riesgo de infecciones.

Puntaje completo:

Por que así las sábanas quedan con menos microbios y un poco mas esterilizadas.

Sin puntaje:

Porque mata todo tipo de contagio.



### Pregunta N° 4

Muchas enfermedades pueden curarse utilizando antibióticos. Sin embargo, el éxito de algunos antibióticos contra la fiebre puerperal ha disminuido en los últimos años.

¿Cuál es la razón de este hecho?

- A Una vez fabricados, los antibióticos pierden gradualmente su actividad.
- B Las bacterias se hacen resistentes a los antibióticos.
- C Estos antibióticos sólo ayudan contra la fiebre puerperal, pero no contra otras enfermedades.
- D La necesidad de estos antibióticos se ha reducido porque las condiciones de la salud pública han mejorado considerablemente en los últimos años.

Características de la pregunta	
Proceso científico evaluado	: Demostración de comprensión de conceptos científicos
Concepto científico evaluado	: Biología humana
Contexto científico	: La ciencia en la vida y salud
Relevancia del contexto	: Histórica
Puntaje PISA 2000	: 508, nivel medio
Clave	: B
Porcentaje respuesta correcta	
Chile	: 37,3
Promedio OCDE	: 59,9

Los alumnos que eligieron las opciones C o D probablemente no comprendieron que se les preguntaba por la disminución del éxito de los antibióticos para curar la enfermedad y no por la disminución en el uso de ellos. Además, ellos seleccionaron explicaciones para las cuales no cuentan con información que las apoye. Quienes seleccionaron la opción C no tienen como confirmar si los antibióticos que han perdido su efectividad se usan solo contra la fiebre puerperal, o bien se pueden usar para curar otras enfermedades. Por otra parte, quienes eligieron la opción D no tienen información que permita establecer una relación entre las mejores condiciones de salud de la actualidad y la menor necesidad de los antibióticos contra la fiebre puerperal.

La pregunta requiere que los alumnos sean capaces de aplicar conocimientos científicos para reconocer la explicación a un fenómeno. Quienes respondieron correctamente (opción B) utilizaron conocimientos acerca de la manera en que responden las bacterias a la acción de los antibióticos usados frecuentemente o por períodos prolongados de tiempo. Ellos deben saber que la pérdida de la efectividad de los antibióticos en el tiempo es una consecuencia de que se seleccionen y multipliquen aquellas bacterias que son resistentes a sus efectos letales.

Quienes respondieron A reconocieron una característica de los antibióticos, pero no consideraron que ésta es común a todos los tipos de antibióticos, independientemente si es primera vez que se usan para combatir una enfermedad o si llevan siendo utilizados mucho tiempo.

## VIII. Resultados de alfabetización en ciencias

El desempeño de los estudiantes en ciencias, al igual que en lectura y matemáticas está representado en un puntaje continuo con un promedio de 500 puntos para la OCDE y una desviación estándar de 100 puntos.

### 1. Resultados internacionales

Tal como lo muestra el Gráfico 3.4, entre los países no miembros de la OCDE, solo los estudiantes de Hong - Kong China mostraron un nivel de competencias científicas mayor al promedio de los estudiantes de la OCDE, mientras que los estudiantes de otros países no-OCDE muestran tener menos competencias que los de la OCDE (ver la Tabla 3.3 en el Anexo B).

Similar a lo que sucede en matemáticas, el promedio de estudiantes de los países latinoamericanos participantes en PISA 2000 tienen menos competencias científicas (389 puntos) que los del promedio OCDE.

Para ciencias, son pertinentes las conclusiones generales del estudio PISA 2000 que se destacaron en matemáticas a nivel internacional: los países donde los estudiantes muestran un mayor nivel de competencias científicas tienen, a su vez, distribuciones de puntajes más homogéneas entre su población<sup>9</sup>. Por ejemplo, los cuatro países con más altos promedios en ciencias (Corea, Japón, Hong - Kong China y Finlandia), se encuentran entre los ocho países donde la variación entre los percentiles 25 y 75 es de las más bajas (ver el Gráfico 3.4).

En treinta y tres países participantes en PISA 2000, incluyendo a todos los países latinoamericanos participantes en el estudio, hombres y mujeres tienen un desempeño similar. Solo en tres países los hombres muestran mayores competencias que las mujeres y en seis las mujeres aventajan significativamente a los hombres (ver la Tabla 3.6 en el Anexo B).

### 2. El desempeño de Chile y de los países comparados en ciencias

Los estudiantes chilenos cuentan, en promedio, con menos competencias científicas que el promedio de estudiantes de la OCDE y que los de los países comparados pertenecientes a ella, y con mayores competencias que el promedio de estudiantes del conjunto de países latinoamericanos participantes en PISA 2000 (ver el Gráfico 3.5).

En comparación a los países latinoamericanos participantes, los estudiantes chilenos cuentan con un similar nivel de competencias científicas que los de Argentina y México, y con un mayor nivel de competencias que los estudiantes de Brasil y de Perú.

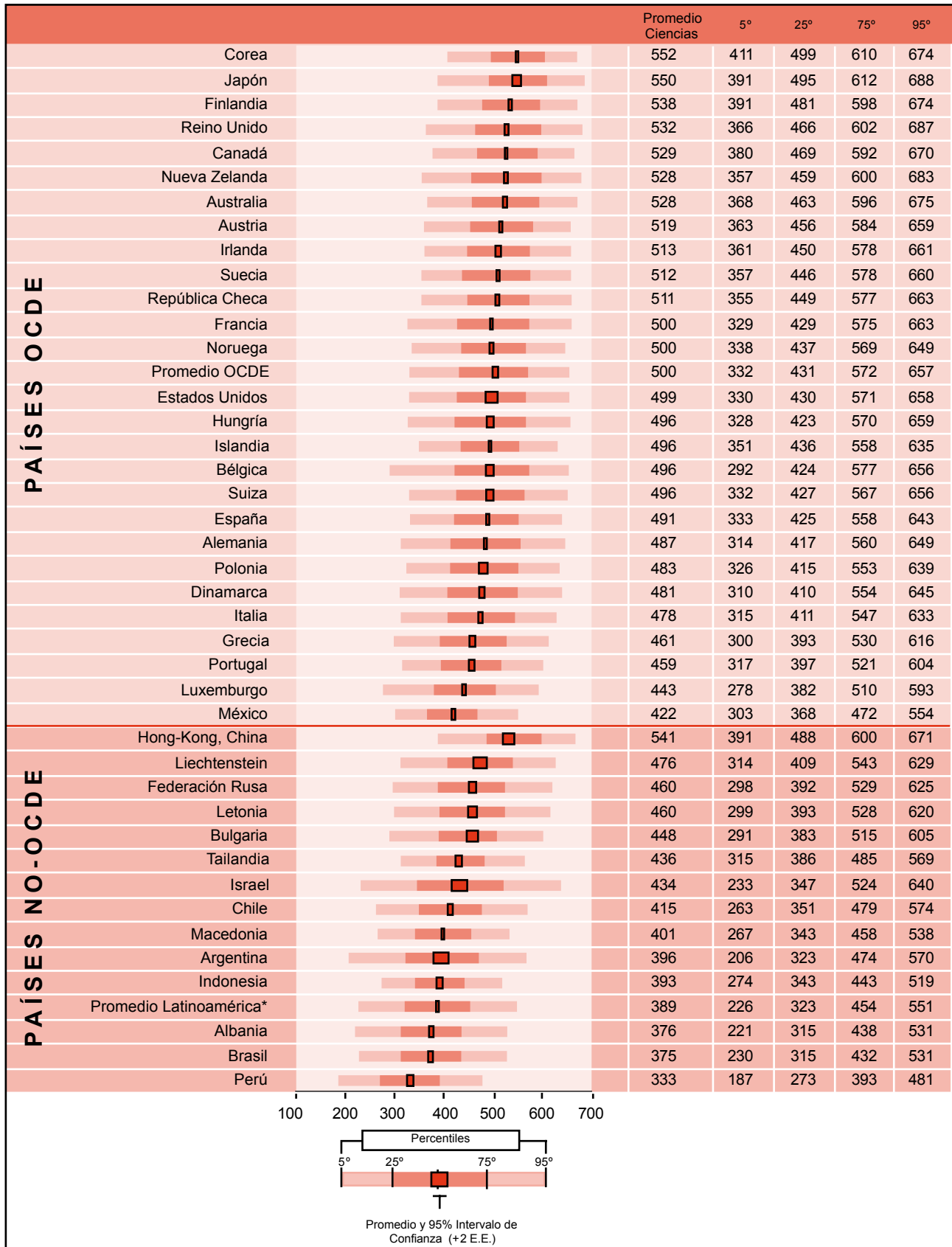
El desempeño promedio de los estudiantes chilenos de quince años está asociado al nivel de tareas más básicas de ciencias en el marco de PISA 2000. Según éste, los estudiantes usualmente son capaces de recordar conocimientos científicos simples como, por ejemplo, nombres, hechos, terminología o leyes simples. Pueden además usar conocimiento científico común para elaborar o evaluar conclusiones. Por el contrario, ellos no pueden usar conceptos científicos ni tampoco crear modelos conceptuales para hacer predicciones o dar explicaciones. Tampoco pueden identificar detalles de los aspectos relacionados con una investigación científica, ni seleccionar información de cadenas de razonamiento que sean útiles para obtener y evaluar conclusiones.

### 3. Distribución de los puntajes de Chile y de los países comparados en ciencias

Al comparar el desempeño de los países de acuerdo a los percentiles que muestra la Tabla 3.12, se observa que en Chile el 25% de los estudiantes de menores puntajes se ubican bajo los 351 puntos, puntaje que es de 431 puntos para el promedio de países OCDE. Además, este valor en Chile es 130 puntos más bajo que el de Finlandia y 46 puntos menor al de Portugal. Sin embargo, en comparación a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, Chile muestra un desempeño mejor que ellos, salvo México cuyo percentil 25 corresponde a 368 puntos, 17 más que el chileno (ver el Gráfico 3.6).

<sup>9</sup> OECD y UNESCO-UIS, *Literacy Skills for the World of Tomorrow. Further results from PISA 2000*, OCDE/UNESCO-UIS, 2003.

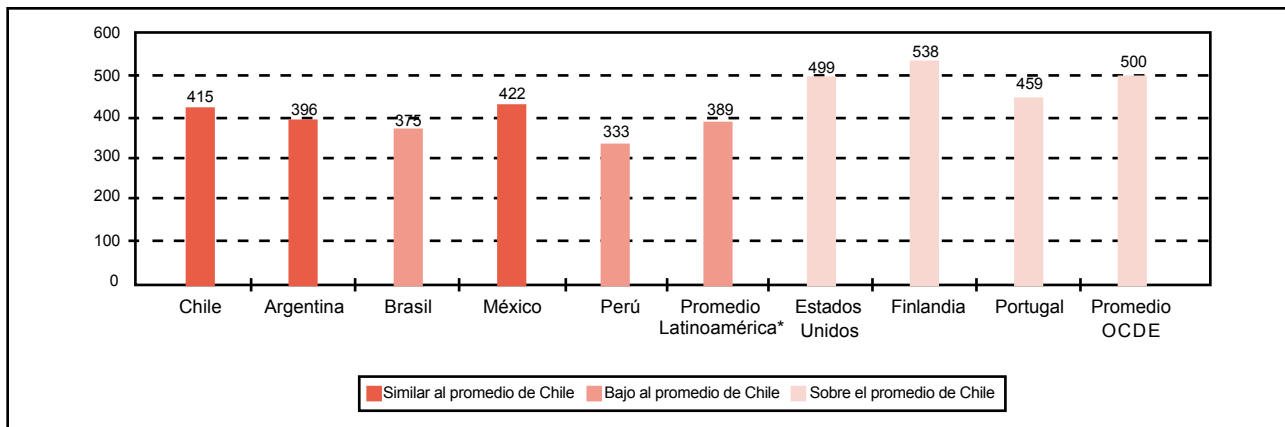
Gráfico 3.4: Promedios y distribución de los puntajes de alfabetización en ciencias para todos los países participantes en PISA 2000



\* Promedio referido a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, donde se incluye a México, país también considerado en el promedio OCDE.

Fuente: Base de datos PISA OCDE, 2003. Tabla 2.2 en el Anexo B.

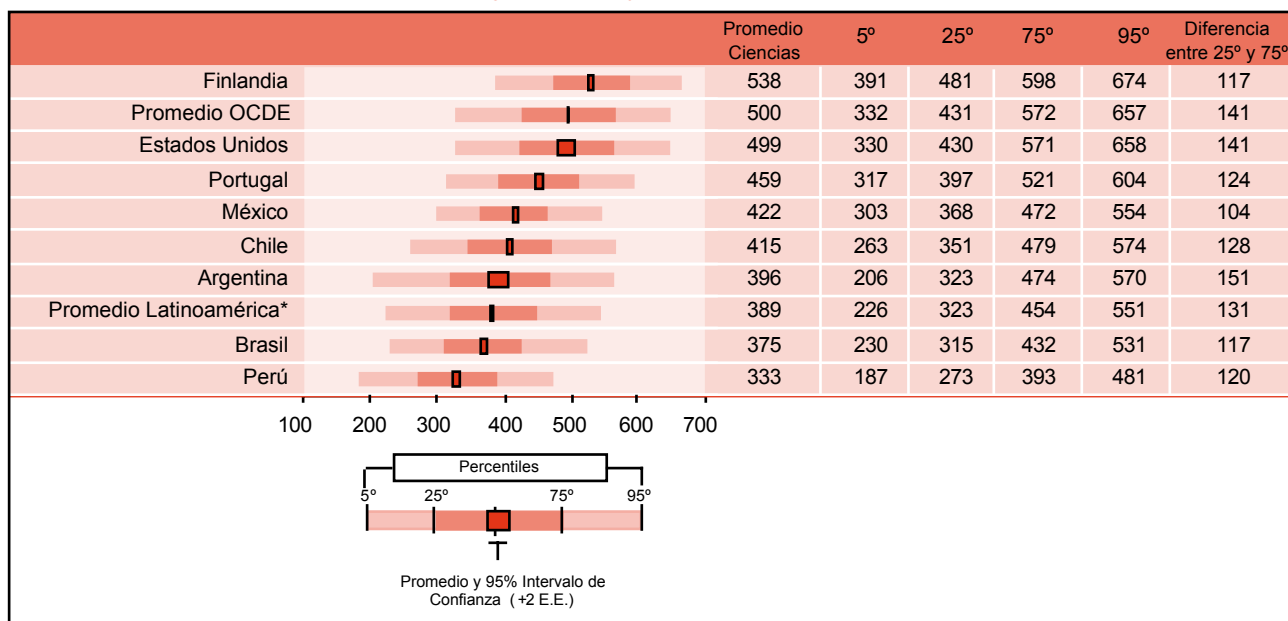
Gráfico 3.5: Puntajes promedio y diferencias significativas entre Chile y los países comparados en alfabetización en ciencias



\* Promedio referido a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, donde se incluye a México, país también considerado en el promedio OCDE.

Fuente: Base de datos PISA OCDE, 2003. Tabla 3.5 en el Anexo B.

Gráfico 3.6: Distribución de los puntajes de Chile y los países comparados en alfabetización en ciencias



\* Promedio referido a los países latinoamericanos participantes en PISA 2000, donde se incluye a México, país también considerado en el promedio OCDE.

Fuente: Base de datos PISA OCDE, 2003. Tabla 2.2 en el Anexo B.

En el otro extremo de la distribución, el 25% de estudiantes chilenos que alcanza mejores desempeños en ciencias se ubican por sobre los 479 puntos. Este valor es 93 puntos más bajo que el obtenido por el promedio OCDE, también más bajo que el de Finlandia y Portugal; pero es el mayor entre los países latinoamericanos participantes en PISA 2000.

El Gráfico 3.12 muestra que Chile tiene una distribución menos homogénea que la existente en el resto de los países latinoamericanos participantes, excepto Argentina que tiene 151 puntos de diferencia entre el percentil 75

y 25, uno de los más altos de todos los países comparados.

México muestra la tercera distribución más homogénea entre todos los países participantes en el estudio, con un total de variación de 104 puntos entre los percentiles 75 y 25; pero, como se dijo anteriormente, debido a la selección natural o motivada por aspectos económicos o de rendimiento -que ya se ha producido en la población mexicana que continúa en la educación secundaria-, no es de extrañar que muestre resultados más bien homogéneos.



## IX. Conclusiones

El nivel de alfabetización en matemáticas y ciencias de los estudiantes chilenos y latinoamericanos participantes en PISA 2000 no alcanza el del promedio de estudiantes de la OCDE. En las dos áreas, Chile tiene un nivel similar a México y Argentina, y mayor a Brasil, Perú y al promedio de los países latinoamericanos que participaron en PISA 2000.

Según el marco de PISA 2000, un alumno chileno promedio solo logra realizar las tareas más básicas de matemáticas y ciencias. En matemáticas, los estudiantes que se ubican en ese nivel de habilidad y conocimiento pueden generalmente completar procedimientos de un solo paso, como reproducir procesos matemáticos básicos o hacer cálculos simples. Asimismo, ellos pueden reconocer información de un texto familiar y directo en el cual la formulación matemática es explícita. Lo que no pueden hacer es, principalmente, usar y manipular modelos matemáticos dados o explicitar modelos que no estén dados, ni definir o elegir procedimientos para encontrar solución a un problema, ya sean de pocos o de varios pasos.

En ciencias, un alumno promedio de quince años en Chile puede recordar conocimientos científicos simples como, por ejemplo, nombres, hechos, terminología o leyes simples, así como también puede usar conocimiento científico común para elaborar o evaluar conclusiones. La mayoría de ellos no es capaz de usar conceptos científicos ni crear modelos conceptuales para hacer predicciones o dar explicaciones, ni tampoco identificar detalles de los aspectos relacionados con una investigación científica, ni seleccionar información de cadenas de razonamiento que sean útiles para obtener y evaluar conclusiones, entre otras tareas.

Ciencias es el área en que los estudiantes chilenos obtienen mejores resultados. La diferencia entre su desempeño promedio en ciencias y el de los estudiantes de la OCDE es la más baja (85 puntos) en comparación a los promedios que obtienen en matemáticas y en lectura.

La diferencia entre el percentil 25 y el 75 en los puntajes de los estudiantes chilenos es la misma para matemáticas y ciencias. Sin embargo, en relación a los

países comparados, hay menos dispersión en matemáticas que en ciencias. Al analizar la distribución de matemáticas, esa diferencia es menor en Chile que en el promedio OCDE, que en Estados Unidos y que en todos los países latinoamericanos participantes, con excepción de México.

Por otra parte, entre los países comparados, Chile es el tercero con mayores diferencias entre los estudiantes de alto y bajo rendimiento en ciencias, ya que su dispersión es mayor a la de México, Finlandia, Brasil, Perú y Portugal, mientras que solo es menor que Estados Unidos y Argentina. La diferencia entre los extremos del rendimiento de los estudiantes chilenos está dada principalmente por los altos promedios que alcanza el 25% de los estudiantes con puntajes más altos.

Resulta destacable que en matemáticas y ciencias, así como en lectura, el 25% de los estudiantes con más bajos rendimientos de Chile alcanzan puntajes más altos que esos mismos estudiantes en los otros países latinoamericanos participantes en PISA 2000, salvo México.

En cuanto a las diferencias de rendimiento entre hombres y mujeres en matemáticas, en Chile así como en los otros latinoamericanos participantes, no hay diferencias significativas entre hombres y mujeres. En ciencias tampoco hay diferencias por género, salvo en Brasil, donde los hombres muestran mayores competencias científicas que las mujeres.