



ISBN: 978-607-02-2345-7

Universidad Nacional Autónoma de México

Instituto de Investigaciones  
sobre la Universidad y la Educación

[www.iiue.unam.mx/libros](http://www.iiue.unam.mx/libros)

---

Graciela G. Pérez Villaseñor (2011)

“Análisis de los reactivos PISA 2006: una perspectiva desde el  
conocimiento del área de las ciencias”

en *La prueba PISA 2006. Un análisis de su visión  
sobre la ciencia,*

Ángel Díaz-Barriga (coord.),

IIUE-UNAM, México, pp. 121-147.

Esta obra se encuentra bajo una licencia Creative Commons  
Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional  
(CC BY-NC-ND 4.0)

## ANÁLISIS DE LOS REACTIVOS PISA 2006: UNA PERSPECTIVA DESDE EL CONOCIMIENTO DEL ÁREA DE LAS CIENCIAS

*Graciela G. Pérez Villaseñor\**

El objeto de este capítulo es analizar, desde el ámbito de las ciencias, la complejidad que subyace en cada uno de los reactivos de la prueba PISA liberados por el INEE, lo que significa analizar los conocimientos científicos que se requieren para poder resolver de manera correcta cada pregunta formulada. Así, estableceremos una lista de los contenidos del campo de las ciencias que el estudiante necesita conocer para ello.

Se trata de un análisis desde el campo de las ciencias implícitas en las preguntas PISA (física, química, biología, ecología, geografía, matemáticas y metodología científica), así como de los temas en cada área de las ciencias, de los reactivos que se conocen de esta prueba. No es un estudio de validez de los reactivos que utilice las técnicas que se desprenden de la teoría de la medición y de la teoría del test, sino un análisis detallado, desde el campo de las ciencias, en el que se busca discriminar los diversos contenidos científicos que subyacen en cada pregunta y la interrelación que existe entre ellos, así como proponer un factor que exprese el grado de complejidad que implica la respuesta a cada pregunta. Con ello se pretende impulsar una serie de preguntas, tanto sobre la forma como actualmente se presentan

\* Profesora-investigadora del Departamento de Atención a la Salud, Área de Ciencias Básicas, UAM-Xochimilco. Doctora en Ciencias Biológicas.

los contenidos científicos en los planes de estudio (forma que apunta al conocimiento fraccionado de éstos), como sobre los procesos de trabajo didáctico en el aula que se desarrollan en el sistema educativo mexicano.

En el fondo, las preguntas que orientan este capítulo son: ¿qué se tiene que hacer en la formulación de planes de estudio y en el trabajo docente en el aula si se desea que los estudiantes mexicanos tengan un mejor desempeño en este tipo de exámenes? ¿Cómo llevar a cabo el proceso que permita a los estudiantes estar en la escala media internacional de alfabetismo científico?

El capítulo se encuentra organizado en cuatro secciones: en primer término se presenta una información general que posibilite contextualizar los resultados obtenidos por los estudiantes mexicanos en la exploración que PISA hace de sus conocimientos científicos; la segunda estudia el significado en el que se basa la prueba PISA referido al conocimiento del fenómeno científico, buscando establecer lo que se entiende por ello en el ámbito de las ciencias; mientras que en la tercera sección se analiza el lenguaje científico que se encuentra en los reactivos objeto de análisis, para dar cuenta de hasta dónde dicho lenguaje responde al rigor con el que se expresa el conocimiento científico; finalmente, en la cuarta se realiza un análisis de los conocimientos científicos que subyacen en cada pregunta, así como la interrelación de esos conocimientos disciplinarios que implica la respuesta. Con estos elementos se construye una propuesta para caracterizar el grado de complejidad que subyace en cada uno de los reactivos.

## CONOCIMIENTO DE LAS CIENCIAS EN LOS ESTUDIANTES MEXICANOS

En diciembre de 2007 se dieron a conocer los resultados de la prueba PISA que aplica la OCDE en 57 países del mundo. En estos resultados se informaba que en ese ejercicio de evaluación el área explorada con mayor profundidad fue la del desarrollo de competencias científicas entre los jóvenes (de secundaria y bachillerato) que tenían 15 años de edad. Los resultados para el caso de los estudiantes mexicanos señalaron la necesidad de fortalecer la enseñanza de las

ciencias, así como la formación científica de los docentes, lo que ocasionó que varios sectores de la sociedad cuestionaran los logros de nuestro sistema educativo y solicitaran que se efectuaran cambios en él.

Las argumentaciones sobre los rendimientos de los estudiantes de 15 años están orientadas a sus conocimientos en el área científica en dos tipos de contenidos: conocimiento *de las ciencias*, que incluye la comprensión de conceptos y teorías científicas fundamentales, y conocimiento *sobre las ciencias*, que incluye la comprensión de la naturaleza de las ciencias.<sup>1</sup>

#### CUADRO 1

Puntajes obtenidos en PISA 2006 por los estudiantes mexicanos de 15 años en conocimientos científicos

	Rendimiento/puntaje mayor	Rendimiento puntaje en México	Preguntas liberadas INEE
Rendimiento medio	573	410	
Conocimientos en sistemas terrestres	15.1	1.9	2
Conocimiento en sistemas vivos	12.2	-7.7	3
Conocimientos en sistemas físicos	29.2	4.6	1
Conocimiento en sistemas tecnológicos	Sin datos	Sin datos	1
Conocimiento sobre las ciencias	12.2	3.3	1

Fuente: Informe PISA 2006, *Competencias científicas para el mundo del mañana*, pp. 43-69.

El conocimiento de las ciencias contempla cuatro áreas: sistemas físicos, sistemas vivos, sistemas de la tierra y del espacio, y sistemas tecnológicos, o sea, el conocimiento del mundo natural a través de las principales disciplinas,<sup>2</sup> cuyos resultados se presentan en el cuadro 1. Éstos corresponden a una comparación entre el ma-

1 OCDE, *Informe PISA 2006*, pp. 41-42.

2 *Ibid.*, p. 19.

por puntaje mundial que fue obtenido y el puntaje de los alumnos mexicanos. Al mismo tiempo, se añade el número de preguntas que liberó el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEE) en cada uno de los contenidos objeto de evaluación, y que son valores que comparan los puntajes mayores y los de México.

En los términos de PISA, se entiende por conocimientos sobre la ciencia aquellos saberes que hacen referencia al conocimiento de los medios (investigación científica) y las metas (explicaciones científicas) de la ciencia,<sup>3</sup> así como el dominio de los procesos de la investigación científica.<sup>4</sup>

## CUADRO 2

Puntaje obtenido en PISA 2006 por los estudiantes mexicanos de 15 años en conocimientos sobre la ciencia

	Rendimiento/puntuación mayor	Rendimiento puntuación en México
Identificar cuestiones científicas	14.4	11.7
Explicar fenómenos de manera científica	15.7	-3.4
Utilizar pruebas científicas	16.3	-7.4

Tomado de: *Informe PISA 2006, Competencias científicas para el mundo del mañana*, p. 69.

Por otra parte, se señalan como competencias científicas de los estudiantes la capacidad de identificar cuestiones científicas y explicar fenómenos de manera científica, utilizando pruebas científicas.<sup>5</sup> De los reactivos PISA, 57 por ciento están referidos a la medición de esas competencias científicas, mientras que para el campo de las matemáticas se estableció 26 por ciento, y 15 por ciento a la lectura. La prueba PISA 2006, que comprende competencias científicas para el mundo del mañana, está integrada por siete módulos, que comprenden un total de 108 reactivos.<sup>6</sup> El INEE ha liberado ocho preguntas multi-ítem que suman un total de 30 ítems.

3 M. A. Díaz Gutiérrez et al., *PISA 2006 en México*, p. 19.

4 *Ibid.*, p. 42.

5 *Loc. cit.*

6 *Ibid.*, p. 17.

Una vez que los estudiantes que conformaron la muestra PISA resolvieron el examen y que éste fue calificado, se procedió a asignar los puntajes en las diversas preguntas con las que se exploró el grado de manejo de su conocimiento científico. Al mismo tiempo, a través del INEE, institución que aplica, procesa y elabora el informe para México, se hicieron de dominio público una serie de preguntas (ítem o reactivo) que fueron utilizadas en esa prueba. Esas preguntas, si bien pocas, permiten visualizar la manera como el programa en el que se basa la prueba PISA utiliza sus conceptos de aprendizaje de conocimientos científicos, bajo el lema “dominio de habilidades y destrezas para la vida”.

La mayor parte de la información que se encuentra en el informe PISA 2006 en México<sup>7</sup> se centra en explicar brevemente algunos aspectos de la prueba y en comparar los resultados de los estudiantes mexicanos en diversas agrupaciones: así, se presentan comparaciones contra el desempeño de estudiantes de países de alto y/o bajo resultado; entre estudiantes de secundaria y bachillerato; entre escuelas públicas y privadas, y entre diversos estados de la república. No existe, desde nuestra perspectiva, un análisis en relación con los contenidos científicos que están implícitos en cada pregunta del examen ni se conceptualiza el porqué de las competencias científicas en los estudiantes de 15 años. También podemos afirmar que se presentan de manera confusa o equívoca algunos conceptos, como es el caso de la traducción del concepto *literacy*.

## EL CONCEPTO *LITERACY* Y SUS ACEPCIONES

Ejemplificaré esto con citas textuales de algunos documentos relacionados con alfabetismo científico y competencias científicas.

En el resumen ejecutivo para la definición y selección de competencias clave (proyecto DeSeCo) de la OCDE, traducido en 1999 con fondos de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID por sus siglas en inglés), se establece que “una competencia en sí puede ser aprendida dentro de un ambiente favorable

7 M. A. Díaz Gutiérrez et al., 2007.

para el aprendizaje [...] y dentro de las categorías de competencias clave la categoría 1-B se refiere a *alfabetismo científico*".<sup>8</sup>

Por otro lado, en el texto *PISA para docentes. La evaluación como oportunidad de aprendizaje*, se afirma que el estudio de PISA se basa en dos conceptos clave: alfabetización (literacy) y competencia.<sup>9</sup>

El concepto de alfabetización sobrepasa el uso dado habitualmente en el sentido de saber leer y escribir para referirse, de manera más amplia, a un tipo de formación que dota a los estudiantes de un bagaje intelectual suficiente para afrontar los retos de la vida real y de la edad adulta. La alfabetización, entonces, abarca conocimientos y habilidades necesarios para una participación social plena.

En otro ángulo la competencia científica se entiende como la capacidad de emplear el conocimiento científico para identificar preguntas y extraer conclusiones basadas en hechos o evidencias con el fin de comprender y poder tomar decisiones sobre el mundo natural y los cambios realizados en él mediante la actividad humana.

Por su parte, el INEE, en el *Informe PISA 2006 en México*, establece que:

El concepto de literacy (competencia o aptitud) es la capacidad de los estudiantes para extrapolar lo que han aprendido y aplicar sus conocimientos y habilidades en nuevos escenarios; así como analizar, razonar y comunicarse de manera satisfactoria al plantear, resolver e interpretar problemas en diversas situaciones del mundo real.

Las competencias también se identifican como habilidades complejas que son relevantes para el bienestar personal, social y económico en la vida como adulto.<sup>10</sup>

En cambio, si tomamos como referencia el documento *El programa PISA. ¿Qué es? y ¿para qué sirve?*, del Centro OCDE en México para América Latina, podemos percibir que en el mismo se men-

8 OCDE, "La definición y selección de competencias clave Resumen ejecutivo", 2005, <<http://search.babylon.com/web/DeSeCo?babsrc=browse&search>>.

9 INEE, *PISA para docentes...*, p. 32.

10 M.A. Díaz Gutiérrez et al., *PISA 2006 en México*, p. 18.

ciona que “PISA no está diseñado para evaluar el aprendizaje de los contenidos específicos fijados en los programas de las escuelas [...] PISA se centra en el reconocimiento y valoración de las destrezas y conocimientos adquiridos por los alumnos al llegar a sus quince años”.<sup>11</sup>

A diferencia de todas estas traducciones elaboradas en México, la OCDE, en su *Executive summary PISA 2006*, donde presenta el programa para la evaluación internacional de alumnos a partir de lo que denomina un marco de la evaluación para los conocimientos y habilidades en ciencias, matemáticas y lectura, afirma que el fundamento de las competencias científicas es *scientific literacy*:

Scientific literacy defined as the extent to which an individual: Possesses scientific knowledge and uses that knowledge to identify questions, acquire new knowledge, explain scientific phenomena and draw evidence-based conclusions about science-related issues. Understand the characteristic features of science as a form of human knowledge and enquiry. Shows awareness of how science and technology shape our material, intellectual and cultural environments. Engages in science-related issues and with the ideas of science, as a reflective citizen.<sup>12</sup>

En el mismo documento se establece que:

These task measured student's performance in relation both to their science competencies and to their scientific knowledge [...] Scientific competencies. PISA assessed three broad competencies: Identifying scientific issues. Explaining phenomena scientifically. Using scientific evidence [...] in order to apply their scientific knowledge.<sup>13</sup>

Podemos observar de esta manera cómo existe una traducción distinta del concepto *Scientific Literacy*. Lo que significa en el fondo es que se conceptualiza de manera diferente en los diversos documentos que sobre PISA se han generado por parte de la OCDE, por

11 OCDE, *El programa PISA...*, p. 6.

12 OECD, *Executive summary PISA*, 2006, p. 12.

13 *Ibid.*, p. 23.



el Centro OCDE en México para América Latina y por el Instituto Nacional de Evaluación de la Educación en México.

### CUADRO 3

El concepto Scientific Literacy en organismos internacionales y nacionales

Documento	Concepto
<i>DeSeca. OCDE. Versión en español</i>	Alfabetismo científico
<i>PISA para docentes. SEP/INEE</i>	Alfabetización
<i>Informe PISA 2006 en México. INEE</i>	Competencia o aptitud. Habilidades complejas
<i>PISA 2006. Science competencies for [...] Executive summary 2007</i>	Scientific Literacy

No desconocemos que sobre la traducción y comprensión del término al español existe un amplio debate; sin embargo, si se atiende a dicho debate, podemos reconocer que en otros lugares *literacy* se traduce como alfabetización o como cultura. De esta manera, en algunos documentos de la OCDE/ Santillana la traducción se presenta literal: “Estudio Internacional de la Alfabetización de Adultos (Internacional Adult Literacy Survey).<sup>14</sup> Mientras que en otros contextos se presenta con mayor claridad la dificultad para encontrar un término en castellano, como lo hace el *Boletín Pisa de Uruguay*, en donde se expresa:

en PISA es el uso del concepto de “literacy” que se traduce como “alfabetización”. Sin embargo, en PISA este término se usa con una acepción más amplia que la del uso tradicional de “alfabetización”; en el contexto de esta evaluación, se refiere a la formación o preparación acumulada que los sistemas educativos brindan a la persona como insumos suficientes para enfrentarse, de forma eficaz, a los retos que se le presentan en la vida real. En algunos casos se ha traducido como “cultura” en las áreas evaluadas.<sup>15</sup>

14 OCDE, *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados PISA 2000*, p. 18.

15 Citado en Administración Nacional de Educación Pública, *Uruguay en el programa PISA 2007*, p. 5.

Por mi parte, considero que se da mayor precisión el empleo del concepto original si en castellano se utiliza el término *alfabetismo*, puesto que se considera como matiz del mismo.

Un *alfabetismo científico* se dirige u orienta a un individuo que se encuentra en proceso de alfabetización formal, de tal manera que ha desarrollado habilidades básicas lectoras y matemáticas, además de contar con otros aprendizajes curriculares de la educación básica. Se requiere estos insumos en el estudiante para introducirlo en el alfabetismo científico, lo que significa que se requiere una alfabetización formal previa, o a la par, para el alfabetismo científico. El alfabetismo científico propiciará en los estudiantes la posibilidad de integrarse al medio para la salud, para su desarrollo físico y social, para el ambiente y para las tecnologías; la adquisición de conocimientos y desarrollo de competencias le permitirán conducirse, relacionarse e integrarse gradualmente a una sociedad. La sociedad actual, concebida como una sociedad del conocimiento, requiere que los estudiantes y los ciudadanos tengan conocimientos científicos y que la ciencia sea una forma de conocimiento humano que nos provea de elementos para participar plenamente en la sociedad y en el mercado de trabajo.

No perdamos de vista que James Rutherford y Andrew Ahlgren en *Science for all americans*, proyecto 2061, afirman que:

Over the course of human history, people have developed many interconnected and validated ideas about the physical, biological, psychological, and social worlds [...] the means used to develop these ideas are particular ways of observing, thinking, experimenting and validating. These ways represent a fundamental aspect of the nature of science and reflect how science tends to differ from other modes of knowing [...] knowledge of the way science works is requisite for Scientific Literacy.<sup>16</sup>

Respecto a la traducción de este documento se puede destacar que el alfabetismo científico incluye estar familiarizado con el mun-

16 F. J. Rutherford y A. Ahlgren, *Science for all americans*.

do natural, entendiendo cómo la ciencia, las matemáticas y la tecnología son empresas humanas que dependen una de otra, y ser capaz de usar conocimiento y maneras de pensar científicas para propósitos personales y sociales.

Es innegable que un estudiante requiere manejar conocimientos, y para ello necesita, primeramente, tener aprendizajes que le permitan adquirir conocimientos científicos y el conocimiento de las ciencias, pues el método científico tiene variaciones en cada una de éstas ciencias. Por ello, los conocimientos científicos que en cada campo de las ciencias se generan sólo ofrecen una explicación que tiene sentido en el marco de su propia posición o paradigma científico. Esto es: “saber y saber hacer compartido por una comunidad científica”.<sup>17</sup>

Se estudia e investiga la naturaleza y a los fenómenos naturales que en ella se dan; estos estudios y formas de estudiar un fenómeno particular de la naturaleza, del mundo natural, constituyen el fenómeno científico.

Fomentar una actitud de curiosidad y observación hacia la naturaleza es una condición necesaria para el estudiante en formación y su inserción con la sociedad del conocimiento. También es una condición para la toma de conciencia y actitudes responsables en el desarrollo sostenible ecológico.

## FENÓMENO CIENTÍFICO VERSUS FENÓMENOS NATURALES

Desde el punto de vista de la filosofía de las ciencias, la misión de la ciencia es explicar eventos actuales, procesos y fenómenos de la naturaleza, a partir de elementos empíricos cuyos conocimientos pueden ser puestos a prueba utilizando métodos observacionales o métodos experimentales, por lo que según Abagano “*ciencia* proviene del latín *scientia*, conocimiento que refiere su conocimiento al mundo natural, a la naturaleza”.<sup>18</sup>

17 C. A. Hernández, “¿Qué son las competencias científicas?”.

18 N. Abbagnano, *Diccionario de filosofía*, p. 397.

Su desarrollo requiere de una actitud o comportamiento humano de curiosidad que conduce al desarrollo de nuevas habilidades, ya sean motoras o intelectuales, que aseguran la adquisición de nuevas impresiones perceptuales de observación. Ésta puede ser de dos tipos: natural (en la cual las condiciones de observación no se proyectan) o experimental (observación proyectada en la que hay control de variables). Este segundo tipo de observación puede incidir sobre una variable independiente y estudiar el comportamiento de la variable dependiente visto como la comprobación o la verificación de un hecho o fenómeno.<sup>19</sup>

Debemos reconocer que cuando empleamos la expresión *fenómeno* en su acepción más simple la concebimos como la manifestación de la realidad o del mundo real o de la naturaleza. Sin embargo, a partir del siglo XVIII la palabra *fenómeno* designa el objeto específico del conocimiento humano, justo en cuanto aparece bajo particulares condiciones, características de la estructura cognoscitiva del hombre.<sup>20</sup>

El fenómeno científico será entonces el objeto específico de la ciencia, y su proyección será el conocimiento del mundo natural. Así, el conocimiento científico es un conocimiento sistematizado, elaborado mediante observaciones, razonamientos y pruebas metódicamente organizadas y aceptadas por la comunidad científica. Las ciencias tienen diferentes métodos y técnicas para la adquisición y organización de conocimientos (paradigmas de las ciencias) sobre la estructura de un conjunto de hechos objetivos y accesibles a varios observadores —los investigadores, los científicos—, además de estar basadas en un criterio de verdad y de replantear las hipótesis sobre un mismo fenómeno natural o científico. Los conocimientos sobre la estructura de un conjunto de hechos objetivos y accesibles a la observación experimental constituyen las diferentes ciencias.

El ser humano puede acercarse a los fenómenos naturales desde su intuición o experiencia empírica, y posteriormente observar ésta

19 *Enciclopedia británica*, tomo 14, p. 635 y tomo 25, p. 658.

20 N. Abbagnano, *op. cit.*, p. 531.

desde la experiencia experimental, desde el conocimiento, desde la investigación científica.

Por su parte, los fenómenos naturales son dinámicos porque el mundo natural, la naturaleza, cambia de manera permanente, por lo que el fenómeno científico también obedece a este dinamismo de la naturaleza, de tal manera que, no sólo bajo el criterio o principio de verdad, sino también bajo el principio de incertidumbre, bajo el ensayo y error, la ciencia en su proyección experimental es dinámica: se generan nuevos conocimientos, se replantean hipótesis para explicar hechos o fenómenos naturales que ya habían sido aceptados como parte de la estructura de un conjunto de hechos objetivos y accesibles a la investigación, lo que significa que si el mundo natural evoluciona, el conocimiento científico también evoluciona.

En conjunto, el conocimiento científico es un conocimiento sistematizado, elaborado mediante observaciones, razonamientos y pruebas metodológicamente organizadas y aceptadas por la comunidad científica.

Frente a estas consideraciones, el hombre puede acercarse a los fenómenos naturales desde su intuición o experiencia empírica y posteriormente observarla desde la experiencia experimental, desde el conocimiento, desde la investigación científica, desde las ciencias, en un proceso de acercamiento formal, la alfabetización y el alfabetismo científico. Como en párrafos anteriores se afirma, la curiosidad y la observación como comportamiento humano son necesarios para el proceso de alfabetismo científico del ciudadano.

Considerando que este capítulo y el libro mismo tienen por objeto de investigación las competencias científicas que el estudiante de 15 años debe adquirir para el mundo del mañana, establecidos en el *Informe PISA 2006*, y que en conocimiento de las ciencias los subsistemas en que se analizan estas competencias son áreas de las ciencias experimentales (que tienen un cuerpo de conocimientos, un paradigma propio, una metodología particular, un rigor científico y una sistematización de conocimientos como hilo conductor), afirmamos que el laboratorio es la condición para su logro, como se establece en el proyecto DeSeCo de la OCDE. Una competencia en

sí sólo puede ser aprendida dentro de un ambiente favorable para el aprendizaje.

No pretendemos reducir el aprendizaje, el manejo de conocimientos y el desarrollo de competencias, al laboratorio, pero sí subrayamos que es uno de los ambientes favorables para el aprendizaje. Sin embargo, con el desarrollo tecnológico en cibernética y comunicación se tiene la posibilidad de “laboratorios virtuales” que, atendiendo a las ciencias de que se trate, su paradigma y sus métodos, nos permiten “experimentar” con varios parámetros y variables (contempladas en el *software* de estas realidades virtuales) que favorecen los procesos cognitivos, los aprendizajes y las competencias, como un complemento de las experiencias y experimentación que el estudiante deberá manejar en un laboratorio.

Es innegable que un estudiante requiere manejar conocimientos y para ello necesita, primeramente, tener aprendizajes que le permitan manejar conocimientos científicos y el conocimiento de las ciencias, pues el método científico tiene sus variaciones en cada una de las ciencias, y los conocimientos científicos que en cada campo de las ciencias se explican se constituyen desde su propia posición o paradigma.

#### CARACTERIZACIÓN DEL LENGUAJE EN CADA REACTIVO: SU RIGOR CIENTÍFICO

El lenguaje científico tiene características que se consideran necesarias para tener la categoría que le corresponde a las ciencias: objetividad, experimentación, contrastación, validación, explicación, predicción e interpretación; algunas de las características de dicho lenguaje son:

- Objetivo. Destaca los hechos y los datos.
- Universal, ya que utiliza gráficas, símbolos convencionales, fórmulas que contribuyen a la verificabilidad de los hechos.
- Expositivo, ya que da cuenta de una manera neutra.

- Argumentativo, pues al exponer una hipótesis se dan razones que la apoyan.
- Monosémico, ya que su significado es único y no da lugar a ambigüedad.
- Preciso, pues usa una terminología unívoca particular para lo que se quiere decir de algo y que en cada área de las ciencias respectivas es aceptado como tal.
- Validado por la condición de experimentación con base en una hipótesis, y por la comunidad científica en la correspondiente área de las ciencias.
- Compartido por la comunidad científica.
- Comunicable a la comunidad científica por su difusión en medios gráficos o digitales, y por su divulgación a la ciudadanía en general.

Para hacer el análisis del lenguaje (lenguaje científico) utilizado en la redacción de los reactivos liberados por el INEE de la prueba PISA 2006, fundamentaremos nuestro análisis en la precisión y pertinencia en el uso de la terminología de cada una de las ciencias, bajo el criterio de rigor científico en el sentido de utilizar el (los) término(s) y concepto(s) dentro de un enunciado que describa el fenómeno natural o científico —o ambos— de que se quiere hablar (cuadro 4).

#### OBSERVACIONES GENERALES AL RIGOR CIENTÍFICO EN LA REDACCIÓN DE LOS REACTIVOS

En un análisis adicional para el reactivo *filtros solares*, consideramos que la afirmación que hacen Rutherford y Ahlgren se traduce en una premisa para nosotros.

El alfabetismo científico incluye estar familiarizado con el mundo natural o con hechos que se derivan del mundo natural. Observamos que desde la experiencia cotidiana del mundo natural un filtro solar, como es el caso de las lentes o “micas” con filtro solar, resulta incoloro o transparente cuando dichas micas no están expuestas a

Reactivo	Términología en redacción	Término—que debe ser—científico	Comentario
Luvia ácida	Carcomiendo	Degradación química	Carcomiendo podría tener varias significantes
Filtros solares	Masa Hoja de papel sensible a luz El filtro cambia de oscuro a blanco por la exposición solar Por experiencia empírica un filtro es claro y se oscurece con la luz solar	Tiene como característica filtrar los rayos solares El $Zn_2$ es blanquecino y solar reduce su capacidad bloqueadora con la exposición a los rayos solares	La construcción de un modelo implica una complejidad alta Peso = masa x gravedad. Existen confusión de términos Fotosensible es una cualidad del papel, pero la función es filtrar los rayos solares
Texto ropa	Investigación científica	Experimentación	Investigación científica tiene una connotación más amplia que comprobar
Cultivos genéticamente modificados	Se plantó maíz en 200 campos de cultivo	Siembra es el término preciso	Condiciones del experimento para que no se traslapen los efectos que se quieren observar en cada campo de cultivo para cada experimento
Invernadero	Cobia por sentido común refiere a ropa de cama	Capa protectora	Se está familiarizado con la capa de ozono
Ejercicio físico	Pertinente	Lo mismo	Adecuado
Mary Montagu	Matar	Inactiva, neutraliza	Matar en el lenguaje científico "killed" es una acepción más compleja
El Gran cañón	Pega	Compacta	Compactar algo que después no se puede separar fácilmente Agitado es desde la respiración hasta una manifestación social



los rayos solares, o bien la intensidad de éstos es baja, y se oscurecen cuando están expuestas al sol o a una intensidad mayor o intensidad alta de los rayos solares.

El enunciado del reactivo *filtros solares* que dice: “el papel sensible a la luz es gris oscuro y se decolora a un gris más claro cuando queda expuesto a un poco de luz solar y a blanco cuando queda expuesto a mucha luz solar”, ubica al estudiante en una posición de incertidumbre frente a los datos que le presenta la prueba y los hechos que él ha experimentado (frente a su experiencia empírica y su sentido común) respecto a lo que el reactivo afirma como dato del experimento. Esta incertidumbre frente a un dato “experimental” ajeno a lo cotidiano, diferente en lo que afirma respecto a lo que el estudiante está familiarizado, forzosamente induce a error, o bien, a una respuesta confusa medida por el azar, de tal modo que la posibilidad de inferir apropiadamente se nulifica o minimiza.

Si en PISA lo que se pretende evaluar en los estudiantes de 15 años son los conocimientos científicos que manejan y las competencias que han adquirido y desarrollado (lo que implica también el aprendizaje previo que deben tener de las ciencias y sobre las ciencias), consideramos que los reactivos y su redacción —o su traducción— deberán considerar las características propias del lenguaje científico que hemos descrito anteriormente, incluyendo los términos, conceptos y metodologías o condiciones metodológicas que se orienten hacia este fin, evitando que se den probabilidades de confusión en la redacción, pues si la redacción es confusa la probabilidad de responder erróneamente al reactivo aumenta o, por lo menos, es proporcional a los términos que originan confusión.

Desde este análisis se puede observar que la redacción y uso de términos del lenguaje científico, en algunos reactivos, no considera las características del lenguaje científico, o bien utiliza términos coloquiales que no corresponden a los términos científicos, por lo que se induce a confusión, de tal manera que en la misma redacción subyace implícitamente la posibilidad de contestar el reactivo o ítem erróneamente; o bien se multiplica la probabilidad de error si un sub-ítem se relaciona con el anterior. A manera de síntesis, el análisis en la redacción de los reactivos, desde los contenidos

científicos y su rigor científico, muestra que pueden generar en el estudiante:

1. Por el uso de términos y conceptos → Confusión
2. Por presentar o afirmar situaciones ajenas a su experiencia → Fortalece el enciclopedismo escolar
3. Experiencia empírica *versus* datos, planteamientos y afirmaciones → Incertidumbre

#### CONOCIMIENTOS CIENTÍFICOS Y GRADO DE COMPLEJIDAD QUE DEMANDA LA RESPUESTA EN CADA REACTIVO

Como punto de partida nos apartamos del grado de dificultad que subyace en la construcción de la prueba PISA. Esta prueba PISA establece una relación entre la manera como conceptualiza los aprendizajes de ciencias y una serie de presupuestos que la llevan a construir lo que denomina *grado de dificultad* en los contenidos de ciencias. Para ello construye seis niveles de dificultad que van del más simple, 1, donde los alumnos tienen un conocimiento tan limitado de ciencias que sólo pueden explicar situaciones obvias, hasta el nivel 6, en el que considera que los alumnos pueden identificar, explicar y aplicar conocimientos científicos y conocimiento sobre las ciencias de manera consistente, en diversas situaciones complejas de la vida real.<sup>21</sup>

Si bien este concepto responde a una dimensión del grado de comprensión y transferencia de la información que demanda cada reactivo, no consideramos que dé cuenta de manera suficiente de su dimensión científica, tanto en contenido de conocimientos científicos como sobre la ciencia. Para establecer el grado de complejidad que demanda la respuesta de cada reactivo nos dimos a la tarea de construir un modelo propio que permitiera determinar la cantidad de información que se requiere para resolver una pregunta. No es una aproximación que se realice desde la perspectiva del esfuerzo que tiene que realizar cada estudiante para su resolución

21 E. Morin, *Introducción al pensamiento complejo*.

ni de los niveles de comprensión del contenido que implique su manejo, como tampoco desde el paradigma de la complejidad;<sup>22</sup> más bien lo que pretendemos reflejar son las áreas de conocimiento científico y sobre la ciencia que requiere el estudiante de 15 años para resolver cada ítem, el conocimiento temático de éstos últimos por parte del estudiante y la integración de conceptos que están implícitos en cada pregunta.

Esta tercera parte se fundamenta en la identificación, para cada reactivo, de las diferentes áreas del conocimiento científico y de las ciencias implicadas en las respuestas a cada ítem, lo que nos permitirá establecer el grado de complejidad estableciendo un factor (F) que considera el número de procesos cognitivos que se requieren en cada pregunta para su resolución.

Es importante señalar que *PISA 2006* describe los procesos cognitivos que para cada uno de los niveles se requieren. Nosotros elaboramos una lista de estos procesos y los conceptualizamos como factor (F) para cada reactivo, pero no corresponden necesariamente al nivel en que *PISA 2006* los ubica. Explicar ante la obviedad, concluir de manera simple, identificar contextos, seleccionar hechos o conocimientos, aplicar modelos simples, explicar fenómenos, elaborar inferencias, integrar explicaciones, asociar la vida cotidiana, comparar-seleccionar-evaluar evidencias científicas, construir explicaciones, cuestionar, asociar diferentes fuentes de información, usar evidencias, justificar decisiones, recomendar, describir, elaborar explicaciones complejas, interpretar, reflexionar, construir explicaciones y aplicar métodos y metodologías.

Para establecer el grado de complejidad de cada reactivo se contabiliza el número de ciencias que se requieren para su resolución, así como el número de áreas o temas de las ciencias con el mismo fin. Siendo reconocido y aceptado que los conocimientos y su interrelación no son lineales, consideramos conveniente su ponderación multiplicando el número de ciencias ( $C_1$ ) por el número de áreas o temas ( $C_2$ ) de cada una de las ciencias implicadas en

22 OCDE, *Informe PISA 2006. Competencias científicas para el mundo del mañana*, p. 49.

la resolución del reactivo. De esta manera nuestra construcción del grado de complejidad que subyace en las preguntas liberadas de PISA la elaboramos mediante los siguientes algoritmos:

*Complejidad I* ( $C_1$ ): sumatoria del número de ciencias que intervienen en la resolución del ítem.

*Complejidad II* ( $C_2$ ): sumatoria de los temas de las ciencias necesarios para responder cada ítem.

*Complejidad III* ( $C_3$ ): es la complejidad que considera y pondera la totalidad de las ciencias implicadas por la totalidad de las áreas y temas para la resolución de cada ítem.

Por lo tanto, el grado de complejidad (GC) de cada reactivo será la complejidad  $C_3$  multiplicada por el factor F (suma de los procesos cognitivos desarrollados para resolver el ítem) de cada reactivo.

$GC = [ (\Sigma \text{Número de Ciencias}) (\text{Número de temas de las ciencias}) ] \Sigma$   
de procesos cognitivos

$$GC = [ (C_1) X (C_2) ] F \quad GC = ( C_1 \cdot C_2 ) F$$

$$GC = C_3 (F)$$

Para ello, elaboramos un cuadro que permite mostrar el número de conocimientos de las ciencias y conocimientos sobre la ciencia que se tienen que dominar de manera explícita o implícita, lo que a su vez permite determinar el grado de complejidad en cada reactivo.

#### GRADO DE COMPLEJIDAD Y COMENTARIOS DE CADA UNO DE LOS REACTIVOS Y LOS ÍTEMS LIBERADOS

Este reactivo lo consideramos como el de mayor grado de complejidad, por lo que el ejercicio nos permite establecer el límite máximo con un valor de 325. ¿Qué significado tiene este GC?

Desde nuestro punto de vista, significa que su resolución correcta requiere del estudiante aprendizajes de temas específicos en cada una de las ciencias involucradas en la resolución, de tal manera que estos aprendizajes le permitan conformar un cuerpo de conocimientos, y digo conformar un cuerpo de conocimientos porque requiere de integración y construcción de los aprendizajes adquiridos, para posteriormente tener habilidad en manejar conocimientos en situaciones inéditas del mundo real y de los fenómenos naturales, así como su abordaje científico.

#### CUADRO 5

Grado de complejidad de los reactivos de la prueba PISA 2006 liberados por el INEE

Reactivo	C1	C2	C3	F	GC
Lluvia ácida	4	9	36	9	324
Filtros solares	3	12	36	8	288
Ropa	3	4	12	7	84
Cultivos genéticos modific.	3	6	18	6	108
Invernadero	3	10	30	9	270
Ejercicio físico	2	5	10	6	60
Mary Montagu	1	4	4	9	36
El Gran Cañón	2	4	8	8	64

¿Qué implicaciones denota este GC? Nuestra posición es que el proceso enseñanza-aprendizaje es un binomio cuyas partes se retroalimentan y que además incide de manera directa en la formación docente y en los planes curriculares de la enseñanza básica y media de nuestro país. Reconocemos que, desde la didáctica, el proceso enseñanza-aprendizaje tiene sus particularidades socioculturales; por el contrario, PISA presupone que en el orbe existe un denominador común en el proceso de enseñanza-aprendizaje que supone una cierta unidad en la formación docente y en los planes de la enseñanza básica.

**CUADRO 6**Reactivo *lluvia ácida*

Ciencias	Temática de las ciencias	Procesos cognitivos
<i>Pregunta 2</i>		
Química general	Tabla periódica de los elementos, agua, pH, reacciones	Comparar, identificar, inferir
Ecología	Ciclos geoquímicos y del C. N.	Integrar, analizar, memorizar
<i>Pregunta 3</i>		
Química orgánica	Físico-químicas	Concluir
<i>Pregunta 5</i>		
Metodología	Métodos químicos	Utilizar evidencias, metodología
C1 = 4	C2 = 9	F = 9
	C3 = 36	GC = 324

Este reactivo requiere procesos memorísticos en aprendizajes básicos y fundamentales de la tabla periódica de los elementos, como son electronegatividad, reactividad, posición en la tabla como elementos de transición, metales, etcétera, y de igual manera consideramos fundamental que el estudiante conozca el espectro solar visible y las zonas de luz ultravioleta e infrarroja.

Al observar la redacción de la pregunta 5, resulta obvio que provoca confusión en el estudiante, pues los filtros solares se oscurecen al estar expuestos a mayor intensidad de luz solar; pero en el planteamiento de la pregunta se afirma lo contrario, y ello conduce a error. Por otro lado y desde mi perspectiva actual, podría inferir que en el planteamiento mismo de la pregunta se está provocando al estudiante para que discrimine dicha afirmación y la fundamente; sin embargo, las opciones de los diagramas no propician esta aplicación de conocimientos ni del proceso cognitivo. ¿Se quiere ubicar al estudiante en un error forzoso que contradice su experiencia cotidiana y sus aprendizajes?

**CUADRO 7**Reactivo *filtros solares*

Ciencias	Temática	Procesos cognitivos
<b>Pregunta 2</b>		
Método científico	Metodología en física óptica, química	Descubrir, integrar evidencias, concluir
Química general	Tabla periódica, propiedades de los elementos, valencias y estados de oxidación y reducción	Memorizar
<b>Pregunta 3</b>		
Química general	Reacciones de óxidorreducción inorgánicas	Contrastar
Física general	Espectro solar y de la luz visible	Describir, memorizar
<b>Pregunta 4</b>		
Física	Conceptos generales, vectores	Utilizar evidencias científicas
<b>Pregunta 5</b>		
Física	Espectro solar	Describir, memorizar
Química general	Fotosensibilidad de los compuestos	Analizar, comparar
C <sub>1</sub> = 3	C <sub>2</sub> = 12	F = 8
	C <sub>3</sub> = 36	GC = 288

El planteamiento de este reactivo orienta al estudiante hacia saberes en informática. Si bien es cierto que un alumno de enseñanza media está familiarizado con la computadora, puede consultar en red alguna de las múltiples páginas que ofrecen información y estos temas generan en él una significativa curiosidad, al mismo tiempo, no podemos dejar de reconocer que este reactivo es complicado en su planteamiento, lo que no significa que un alumno no pueda desarrollar la capacidad para transformar su afición en conocimientos y aplicación en situaciones concretas, aunque posiblemente existan alumnos con un mayor manejo de conocimientos. Las respuestas de las preguntas muestran un nivel de conocimientos menor a lo que el planteamiento del problema denota. En este sentido, vale la pena preguntarse si la forma de redacción del reactivo constituye un elemento que distrae, desubica o provoca estrés en el estudiante.

**CUADRO 8**

Texto ropa

Ciencia	Temática	Procesos cognitivos
<i>Pregunta 1</i>		
Metodología	Métodos físicos	Identificar contextos, seleccionar hechos, integrar conocimientos
Sistemas tecnológicos	metodologías	Asociar con la vida cotidiana
<i>Pregunta 2</i>		
Física	Electricidad y técnicas instrumentales	Aplicar métodos, interpretar y concluir
C1 = 3	C2 = 4	F = 7
	C3 = 12	GC = 84

Si consideramos que de este reactivo sólo tenemos para establecer el GC un ítem y que desconocemos si existen otras preguntas en ese reactivo, consideramos que el GC es alto, por ser una única pregunta, aunque en cifras absolutas su grado de complejidad está en el orden de 100. Requiere de aprendizajes y conocimientos en biología y ecología que obligadamente el alumno debe integrar.

**CUADRO 9**Reactivo *cultivos genéticamente modificados. Debe prohibirse el maíz GM*

Ciencias	Temática	Procesos cognitivos
<i>Pregunta 3</i>		
Ecología	Relaciones entre organismos, contaminación química y biológica	Identificar, analizar
Metodología científica	Métodos en agricultura	Aplicar modelos simples
Biología	Subsistemas vegetal y animal	Inferir, comparar, seleccionar
C1 = 3	C2 = 6	F = 6
	C3 = 18	GC = 108

El planteamiento y redacción del reactivo ubica con claridad al estudiante en los conocimientos y aprendizajes que necesita para resolverlo correctamente, además de que en la misma redacción se conduce al estudiante para que considere todos los factores que influyen



en un fenómeno natural o científico como parte de una metodología propia, reconociendo además que la representación gráfica de un fenómeno natural, o que sucede en la naturaleza, es un indicador.

**CUADRO 10**

Reactivo el *efecto invernadero. ¿Realidad o ficción?*

Ciencias	Temática	Procesos cognitivos
<b>Pregunta 3</b>		
Estadística descriptiva	Indicadores, variables, gráficas Análisis e interpretación de datos	Comparar, analizar, y seleccionar evidencias científicas
<b>Pregunta 4</b>		
Estadística descriptiva	Análisis de datos, representación de datos e interpretación de gráficas	Seleccionar hechos o conocimiento, aplicar modelos simples
<b>Pregunta 5</b>		
Ecología	Ciclos biogeoquímicos Contaminación atmosférica Factores abióticos	Uso de evidencia, justificar decisiones, recomendar
C <sub>1</sub> = 3	C <sub>2</sub> = 10 C <sub>3</sub> = 30	F = 9 GC = 270

**CUADRO 11**

Reactivo *ejercicio físico*

Ciencias	Temática	Procesos cognitivos
<b>Pregunta 1</b>		
Biología	Salud, nociones de nutrición, sistemas vivos	Concluir de manera simple
<b>Pregunta 3</b>		
Fisiología	Aparato respiratorio y circulatorio	Analizar, justificar decisiones
C <sub>1</sub> = 2	C <sub>2</sub> = 5 C <sub>3</sub> = 10	F = 6 GC = 60

Este reactivo, por su planteamiento y opciones de respuesta, denota familiaridad con el tema salud y ejercicio físico, y los conocimientos que para resolverlo se requieren están en concordancia con el GC.

**CUADRO 12**Reactivo *Mary Montagu*

Ciencias	Temática	Procesos cognitivos
<i>Pregunta 2</i>		
Biología	Salud y enfermedad. Vacunas	Interpretar, analizar, comparar, identificar
<i>Pregunta 3</i>		
Biología	Salud, enfermedad, vacunas, agentes patógenos	Identificar contextos, seleccionar hechos, seleccionar conocimientos
<i>Pregunta 4</i>		
Biología	Salud, enfermedad, vacunas	Recomendar
C <sub>1</sub> = 1	C <sub>2</sub> = 4	F = 8
	C <sub>3</sub> = 3	GC = 32

En una prueba multi-ítem de opción única la que la respuesta correcta lleva a responder también correctamente la siguiente pregunta. Es una forma de reforzar o reafirmar los aprendizajes adquiridos y, al igual que en el reactivo de ejercicio físico, la claridad en la redacción y el uso de conceptos apropiados conducen a la respuesta correcta.

Es un reactivo orientado a sistemas terrestres y sistemas vivos, cuya redacción es adecuada y fomenta en el estudiante el manejo de conocimientos paralelo a los procesos cognitivos.

**CUADRO 13**Reactivo *El Gran Cañón*

Ciencias	Temática	Procesos cognitivos
<i>Pregunta 3</i>		
Geografía	Suelos	Identificar contextos, aplicar modelos simples
Geoquímica	Acciones climatológicas	Inferir, seleccionar, asociar la vida cotidiana
<i>Pregunta 5</i>		
Geografía	Paleontología, evolución terrestre	Inferir, asociar fuentes de información, interpretar
C <sub>1</sub> = 2	C <sub>2</sub> = 4	F = 8
	C <sub>3</sub> = 8	GC = 64

## CONCLUSIONES

Los comentarios y afirmaciones que se presentan en este capítulo se fundamentan en el análisis del grado de complejidad de cada uno de los reactivos, aunque aclaramos que una limitación de este ejercicio es que sólo estamos trabajando con los reactivos que liberó el INEE, y por lo tanto desconocemos si en el examen el multi-ítem contenía más preguntas. Esta limitación condiciona nuestro análisis del GC de cada reactivo, de tal manera que en este momento no podemos afirmar con contundencia que la cifra obtenida sea un indicador del GC definitivo del reactivo. Sin embargo, sí podemos afirmar que el algoritmo propuesto, y que aplicamos en este análisis, presenta ventajas sobre la forma como PISA califica en sus informes la dificultad de los reactivos.

Consideramos que el algoritmo que hemos construido y utilizado en este ejercicio es de manejo sencillo, y nos conduce con objetividad y claridad en la identificación de las ciencias y los temas específicos que cada reactivo o pregunta necesita para ser resuelto, además de que nuestra propuesta, al considerar los procesos cognitivos que se requieren o que desarrolla el estudiante, sean éstos sencillos o complejos, se traduce en una posibilidad para discutir qué grado de complejidad puede manejarse en la enseñanza de las ciencias; o bien, qué GC se requiere en la enseñanza de las ciencias si se busca que los estudiantes puedan resolver este tipo de exámenes a gran escala como es PISA.

De igual modo, si se observa que el rango del GC de los reactivos es en su valor mínimo de 27 y en su valor máximo de 324, podemos afirmar que su uso permite diferenciar el rendimiento de los estudiantes y podría ser utilizado tanto en la planeación curricular como en las tareas de preparación de clase por el docente.

La tarea que realizamos para establecer nuestro algoritmo del GC de los reactivos desde el área de las ciencias nos condujo a búsquedas amplísimas que, por número y clasificación, revisamos desde en revistas arbitradas hasta opiniones en bloggs, o bien artículos cuya orientación es psicológica, económica, o desde el punto de vista de la física. Consideramos que la nuestra es una propuesta origi-

nal que se presenta por vez primera para lograr el análisis del Grado de Complejidad de los Reactivos en la prueba PISA 2006 desde el área de las ciencias, y que es diferente a la establecida por PISA en lo que llama el grado de dificultad.