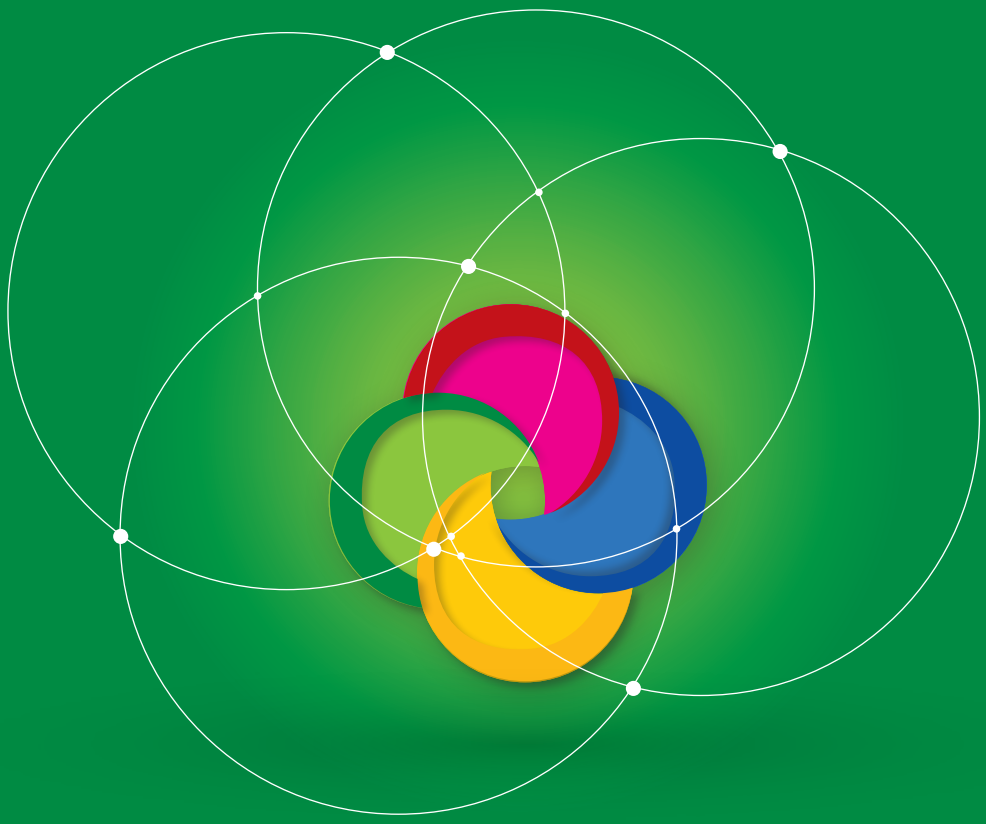
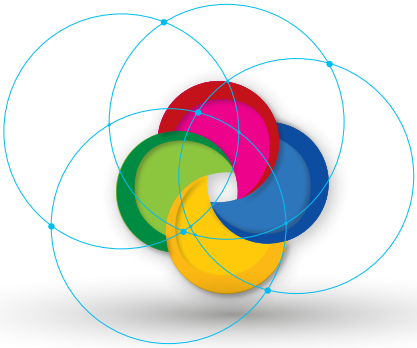
Marco conceptual de CIENCIAS PISA



ANEP | CONSEJO DIRECTIVO CENTRAL | DIRECCIÓN EJECUTIVA DE POLÍTICAS EDUCATIVAS | DIRECCIÓN SECTORIAL DE PLANIFICACIÓN EDUCATIVA



ANEP / Programa
PISA
Uruguay

Marco conceptual de CIENCIAS

Actualizado por OECD-PISA en 2015

ANEP | CONSEJO DIRECTIVO CENTRAL | DIRECCIÓN EJECUTIVA DE POLÍTICAS EDUCATIVAS | DIRECCIÓN SECTORIAL DE PLANIFICACIÓN EDUCATIVA
División de Investigación, Evaluación y Estadística

Introducción: la competencia científica
Por qué es importante

Este documento proporciona una descripción y una justificación del marco teórico que conforma la base de los instrumentos para evaluar la competencia científica o "alfabetización" científica, si se quiere responder al término anglosajón "literacy", el área en la que se focaliza el estudio[1] en PISA 2015. Los marcos anteriores de la evaluación PISA en Ciencias (OCDE, 1999, OCDE, 2003, OCDE, 2006) conciben la competencia científica como el constructo central de la evaluación científica. Estos documentos han generado un amplio consenso acerca del concepto de competencia científica entre los educadores de ciencias. Este marco de PISA 2015 precisa y amplía el constructo previo, en particular haciendo uso del marco de la evaluación PISA 2006 que se utilizó como base para la evaluación en 2006, 2009 y 2012.

La cultura científica importa tanto a nivel nacional como internacional, ya que la humanidad se enfrenta a importantes desafíos como el suministro de agua y alimentos suficientes, el control de enfermedades, la generación de suficiente energía y la adaptación al cambio climático (PNUMA, 2012). Muchos de estos problemas surgen, sin embargo, a nivel local, donde los individuos quizás se enfrentan a decisiones acerca de las prácticas que afectan a su propia salud y suministro de alimentos, al uso adecuado de los materiales y las nuevas tecnologías, y a decisiones sobre el uso de la energía. Tratar con todos estos desafíos requerirá una importante contribución de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, como sostiene la Comisión Europea, las soluciones a los dilemas políticos y éticos relacionados con la ciencia y la tecnología "no pueden ser objeto de un debate informado a menos que los jóvenes posean cierta conciencia científica" (Comisión Europea, 1995, p.28). Por otra parte, "esto no significa convertir a todos en expertos científicos, pero sí habilitarlos a desempeñar un papel instruido en la toma de decisiones que afectan a su entorno y comprender a grandes rasgos las implicaciones sociales de los debates entre expertos "(ibid. p.28). Dado que la capacidad de comprender el conocimiento científico y tecnológico basado en la ciencia, contribuye significativamente en la vida personal, social y profesional de los individuos, es central que esta comprensión tenga valor práctico y cultural para la "preparación para la vida" de un joven.

Ser competente científicamente incluye la idea de que los propósitos de la educación científica deben ser a su vez amplios y aplicables. Así, dentro de este marco, el concepto de competencia científica se refiere tanto a un conocimiento de la ciencia, así como de la tecnología basada en la ciencia. Sin embargo, cabe señalar que la ciencia y la tecnología difieren en sus objetivos, procesos y productos. La tecnología persigue la solución óptima para un problema humano y puede haber más de una. Por el contrario, la ciencia busca la respuesta a una pregunta específica sobre el mundo natural. No obstante, las dos están estrechamente relacionadas. Por ejemplo, nuevos conocimientos científicos permiten nuevas tecnologías, tales como los avances científicos que condujeron al desarrollo del transistor en 1948. Del mismo modo las nuevas tecnologías pueden dar lugar a nuevos conocimientos científicos tales como la transformación de nuestro conocimiento acerca del universo a través del desarrollo de mejores telesco-

1 En cada ciclo el estudio PISA evalúa en profundidad una de las áreas involucradas y el resto en forma más general. Para este fin los dos tercios de las actividades de prueba refieren al área foco. Esto permite informar acerca de los desempeños de los estudiantes en esa área de estudio desde todas las dimensiones del marco conceptual con alto nivel de precisión. Igualmente la evaluación reporta resultados precisos de las restantes áreas del estudio en forma global y general, sin aperturas según la estructura de los marcos conceptuales.

pios. Como individuos, tomamos decisiones y elecciones que influyen en las orientaciones de las nuevas tecnologías, por ejemplo, conducir autos más pequeños y más eficientes en el consumo de combustible. Las personas científicamente competentes deben ser capaces de hacer elecciones más informadas. También deben ser capaces de reconocer que si bien la ciencia y la tecnología son a menudo una fuente de soluciones, paradójicamente, también pueden ser vistas como una fuente de riesgos, generando nuevos problemas que, a su vez, pueden requerir de la ciencia y la tecnología para resolverlos. Por lo tanto, tienen que ser capaces de considerar las implicaciones de la aplicación de cualquier conocimiento científico y los problemas que pudieran representar para ellos mismos o para la sociedad en general.

La competencia científica también requiere no solo el conocimiento de conceptos y teorías de la ciencia, sino también el conocimiento de los procedimientos y prácticas comunes asociados con la investigación científica y cómo estos permiten que la ciencia avance. Las personas que son competentes científicamente, conocen los principales conceptos e ideas que forman la base del pensamiento científico y tecnológico, cómo se han originado tales conocimientos y el grado en que se justifican por la evidencia o explicaciones teóricas.

Sin duda, muchos de los desafíos del siglo XXI requerirán soluciones innovadoras que tienen base en el pensamiento científico y en los descubrimientos científicos. Las sociedades requerirán, por lo tanto, de científicos bien formados para llevar a cabo la investigación y la innovación científica y tecnológica que será esencial para afrontar los retos económicos, sociales y ambientales a los que el mundo se enfrentará. Para una participación comprometida en la sociedad en general, tales científicos, a su vez, tendrán que ser conocedores de la ciencia y altamente competentes, con una profunda comprensión de la naturaleza de la ciencia, de sus limitaciones y las consecuencias de su aplicación.

Por todas estas razones, la competencia científica se percibe como una competencia clave (Rychen y Salganik, 2003) y se define en términos de la capacidad de utilizar el conocimiento y la información interactivamente, es decir “una comprensión de cómo él [el conocimiento de la ciencia] cambia la forma en que uno puede interactuar con el mundo y en qué medida puede ser usado para lograr objetivos más amplios” (p.10). Como tal, representa un objetivo importante para la educación científica para todos los estudiantes. El enfoque de la competencia científica, que constituye la base de la evaluación internacional 2015 para jóvenes de 15 años de edad, es, por lo tanto, una respuesta a la pregunta: ¿Qué es importante que los jóvenes conozcan, valoren y sean capaces de hacer en situaciones relacionadas con la ciencia y la tecnología?

Este marco ofrece una descripción y justificación elaborada de lo que se entiende por competencia científica. Este es el constructo que forma la base de las evaluaciones de Ciencias de PISA. En este documento, el constructo “competencia científica” se define en términos del conjunto de capacidades que sería esperable que un individuo científicamente competente desarrolle a lo largo de su vida. Y, dado que las evaluaciones operacionalizan los constructos (Wiliam, 2010), esta definición constituye la base de lo que será evaluado en 2015.

La competencia científica: hacia una definición

El pensamiento actual sobre los resultados esperados de la educación científica tiene sus fuertes raíces en el supuesto de que la comprensión de la ciencia es tan importante que debería ser un aspecto de la educación de todos los jóvenes (Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, 1989; Confederación de Sociedades Científicas de España, 2011; Fensham, 1985; Millar y Osborne, 1998; National Research Council, 2012 Sekretariat der Konferenz der Ständigen Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK), 2005; Taiwán Ministerio de Educación, 1999). De hecho, en muchos países, la ciencia es un elemento obligatorio en el currículo escolar desde la educación inicial hasta la finalización de la educación obligatoria.

Muchos de los documentos y declaraciones públicas anteriormente citados privilegian una educación para la ciudadanía. Sin embargo, a nivel internacional muchos de los currículos de ciencias se basan en el enfoque de que el objetivo principal de la educación científica debe ser la preparación de la próxima generación de científicos (Millar & Osborne, 1998). Estos dos objetivos no siempre son compatibles. Los intentos de resolver la tensión entre las necesidades de la mayoría de los estudiantes que *no se convertirán* en científicos y las necesidades de la minoría que *sí lo hará* han conducido a un énfasis en la enseñanza de la ciencia a través de la investigación (National Academy of Science, 1995; National Research Council, 2000), y a nuevos modelos curriculares (Millar, 2006) que se ocupan de las necesidades de ambos grupos. El énfasis en estos marcos de referencia y sus currículos asociados no radica en formar individuos que serán los productores del conocimiento científico, sino en educar a los jóvenes para que se conviertan en ciudadanos informados y críticos del conocimiento científico, una competencia que se espera que todos los individuos necesiten durante sus vidas.

Para entender y participar en un debate crítico sobre temas que involucran a la ciencia y a la tecnología requiere tres competencias específicas de este campo. La primera es la habilidad de proporcionar descripciones explicativas de fenómenos naturales, artefactos técnicos y tecnologías, y sus implicaciones para la sociedad. Tal habilidad requiere un conocimiento de las principales ideas explicativas de la ciencia y de las preguntas que enmarcan la actividad, la práctica y los objetivos de la ciencia. La segunda es la capacidad de utilizar el conocimiento y la comprensión de las investigaciones científicas para identificar las preguntas que pueden ser respondidas por estas, identificar si se han utilizado los procedimientos apropiados, y proponer formas posibles de abordaje de estas preguntas. La tercera es la capacidad de interpretar y evaluar científicamente datos y evidencias y evaluar si las conclusiones están fundamentadas en evidencias. Por lo tanto, la competencia científica en PISA 2015 se define por las tres capacidades científicas para:

- explicar fenómenos científicamente
- evaluar y diseñar investigaciones científicas
- interpretar científicamente datos y evidencias.

Conocimiento científico: terminología en PISA 2015

Este documento se basa en una visión del conocimiento científico constituido por tres elementos distinguibles pero relacionados. El primero de ellos y el más conocido es el conocimiento de los hechos, conceptos, ideas y teorías sobre el mundo natural que la ciencia ha generado. Por ejemplo, cómo las plantas sintetizan moléculas complejas utilizando la luz y el dióxido de carbono o la naturaleza corpuscular de la materia. Este tipo de conocimiento se conoce como **"conocimiento de los contenidos"** o "conocimiento del contenido de la ciencia".

El conocimiento de los procedimientos que utilizan los científicos para construir el conocimiento científico se conoce como **"conocimiento procedimental"**. Este es el conocimiento de las prácticas y los conceptos en los que se basa la investigación empírica, tales como la repetición de mediciones para minimizar el error y reducir la incertidumbre, el control de las variables y los procedimientos estándares para representar y comunicar datos (Millar, Lubben, Gott, y Duggan, 1995). Más recientemente, estos han sido elaborados como un conjunto de "conceptos de evidencia" (Gott, Duggan, y Roberts, 2008).

Por otra parte, la comprensión de la ciencia como una práctica también requiere del **"conocimiento epistémico"**. Esto refiere a entender el rol de constructos específicos y los rasgos definitorios que son esenciales para el proceso de construcción del conocimiento en la ciencia (Duschl, 2007). El conocimiento epistémico incluye tanto una comprensión de la función que las preguntas, observaciones, hipótesis, teorías, modelos y argumentos juegan en la ciencia, como el reconocimiento de la diversidad de las formas de investigación científica, y la función que desempeña la revisión de pares en la generación de un saber confiable.

Una discusión más detallada de estas tres formas de conocimiento se proporciona más adelante en la sección *El conocimiento científico y en los cuadros 4, 5 y 6.*

Todas estas capacidades requieren conocimiento. Explicar fenómenos científicos y tecnológicos, por ejemplo, exige un conocimiento de los contenidos de la ciencia, al que nos referiremos en lo sucesivo, como el conocimiento de los contenidos. Sin embargo, la segunda y tercera competencias requieren más que un conocimiento de lo que sabemos. Dependen de la comprensión de cómo el conocimiento científico es generado y el grado de confianza en el que se sustenta. Reconocer e identificar las particularidades que caracteriza la investigación científica requiere de un conocimiento de los procedimientos convencionales que son la base de los diversos métodos y prácticas utilizados para originar el conocimiento científico, denominado aquí como conocimiento procedimental. Por último, las capacidades científicas requieren del conocimiento epistémico, una comprensión de la racionalidad de las prácticas comunes de la investigación científica, del status de las afirmaciones del conocimiento que son generadas, y del significado de términos fundamentales tales como teoría, hipótesis y datos.

El conocimiento procedimental y el epistémico son necesarios para identificar las cuestiones que son susceptibles de ser investigadas científicamente, para juzgar si han sido utilizados los procedimientos apropiados para asegurar que las afirmaciones están justificadas, y para diferenciar cuestiones científi-

ficas de asuntos relacionados con valores o con consideraciones económicas. En el desarrollo de esta definición de competencia científica es significativo que las personas, en sus vidas, necesitan adquirir conocimiento no a través de investigaciones científicas sino a través de la utilización de recursos como las bibliotecas e Internet. El conocimiento procedimental y el epistémico son esenciales para decidir si muchas de las afirmaciones sobre el conocimiento que se difunden por los medios se han obtenido mediante procedimientos apropiados y están validadas científicamente.

Las personas necesitan los tres tipos de conocimiento científico para desempeñar las tres capacidades que constituyen la competencia científica. Por lo tanto, PISA 2015 se focaliza en evaluar en qué medida los jóvenes de 15 años de edad son capaces de demostrar adecuadamente estas capacidades, en una gama de contextos personales, locales, nacionales y globales. Esta perspectiva difiere de la de muchos programas de las asignaturas de ciencias que a menudo son dominados por el conocimiento de los contenidos. Por el contrario, el marco se basa en una visión más amplia de la clase de conocimientos científicos que requieren los miembros participantes de la sociedad contemporánea.

Además, la perspectiva basada en competencias también reconoce que hay un elemento afectivo en la manifestación de estas capacidades por parte de los estudiantes, es decir, que sus actitudes o disposición hacia la ciencia determinarán su nivel de interés, mantendrán su compromiso y podrán motivarlos a actuar (Schibeci, 1984). Comúnmente, una persona científicamente competente tendría interés en temas científicos, un compromiso con las cuestiones relacionadas a la ciencia, una preocupación por los temas de la tecnología, los recursos y el medio ambiente y, reflexionaría sobre la importancia de la ciencia desde una perspectiva personal y social. Este requisito no significa que esas personas sean necesariamente afines a la ciencia. Estas personas reconocen que la ciencia, la tecnología y la investigación en este campo son un elemento esencial de la cultura contemporánea que enmarca gran parte de nuestro pensamiento.

Las consideraciones antes mencionadas han llevado a la siguiente definición de la competencia científica de PISA 2015:

La definición de competencia científica 2015

La competencia científica es la habilidad de comprometerse con cuestiones relacionadas con la ciencia y con las ideas científicas, como un ciudadano reflexivo.

Por lo tanto, una persona científicamente competente está preparada para participar, brindando argumentos, en discusiones sobre ciencia y tecnología, lo que requiere de las competencias básicas para:

1. **Explicar fenómenos científicamente:** reconocer, evaluar y ofrecer explicaciones para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos.
2. **Evaluar y diseñar investigaciones científicas:** describir y evaluar investigaciones científicas y proponer formas de abordar preguntas científicamente.
3. **Interpretar científicamente datos y evidencias:** analizar y evaluar datos, afirmaciones y argumentos en una variedad de representaciones y extraer las correspondientes conclusiones científicas.

Notas explicativas

Las observaciones siguientes se ofrecen para aclarar el significado y el uso de esta definición de competencia científica para los propósitos de la evaluación PISA 2015.

a. El término "competencia científica" en lugar de "Ciencia" subraya la importancia que tiene, para la evaluación en PISA, la aplicación del conocimiento científico en el contexto de situaciones de la vida.
b. Para los fines de esta evaluación, debe tenerse en cuenta que estas competencias solo son evaluadas usando el conocimiento que se espera que tengan los estudiantes de 15 años de edad acerca de los conceptos y de las ideas de la ciencia (conocimiento de los contenidos), de los procedimientos y de las estrategias utilizados en todo tipo de investigación científica (conocimiento procedimental), y de la manera en que las ideas se justifican y se validan en la ciencia (conocimiento epistémico).
c. Por último, a lo largo de este documento, el término "mundo natural" se utiliza para referirse a los fenómenos asociados a cualquier objeto o fenómeno que ocurre en los seres vivos o en el mundo material.

Las capacidades requeridas para la competencia científica

Explicar fenómenos científicamente

El logro cultural de la ciencia ha sido el desarrollo de un conjunto de teorías explicativas que han transformado nuestra comprensión de la naturaleza, tales como la idea de que el día y la noche son causados porque la Tierra rota, o la idea de que las enfermedades pueden ser causadas por microorganismos invisibles. Además, ese conocimiento del mundo natural nos ha permitido desarrollar tecnologías que sustentan la vida humana permitiendo cosas tales como la prevención de enfermedades y la rapidez de la comunicación humana en todo el mundo. La capacidad para explicar fenómenos científicos y tecnológicos es, pues, dependiente del conocimiento de estas principales ideas explicativas de la ciencia.

Explicar fenómenos científicamente, sin embargo, requiere más que la habilidad de recordar y utilizar teorías, ideas explicativas, información y hechos (**conocimiento de los contenidos**). Ofrecer una explicación científica también requiere una comprensión de cómo este conocimiento ha sido generado y del nivel de confianza con el que se pueden sustentar algunas afirmaciones científicas. Para esta competencia básica, el individuo requiere un conocimiento de las formas convencionales y procedimientos utilizados en la investigación científica para obtener dicho conocimiento (**conocimiento procedimental)** y la comprensión de su papel y su función en la justificación de los conocimientos producidos por la ciencia (**conocimiento epistémico**).

Evaluar y diseñar investigaciones científicas

La competencia científica implica que los estudiantes deben tener una cierta comprensión del objetivo de la investigación científica, que es la generación de conocimiento confiable acerca del mundo natural (Ziman, 1979). Los datos obtenidos por observación y experimentación, ya sea en el laboratorio o en el campo, conducen al desarrollo de modelos e hipótesis explicativas que permiten predicciones que luego pueden ser examinadas experimentalmente. Sin embargo, las nuevas ideas comúnmente se basan en los conocimientos previos. Los propios científicos rara vez trabajan de manera aislada, sino que son miembros de grupos de investigación o equipos que participan en amplia colaboración con colegas tanto a nivel nacional como internacional. Los nuevos conocimientos siempre se perciben como provisorios y podrían carecer de justificación al momento de ser sometidos a la evaluación crítica por la comunidad científica, que es el mecanismo que garantiza la objetividad del conocimiento científico. (Longino, 1990) Por eso, los científicos son responsables de publicar o comunicar sus conclusiones y los métodos utilizados en la obtención de evidencias. Hacerlo permite que los estudios empíricos, al menos en principio, sean replicados y sus resultados confirmados o cuestionados. Las medidas, sin embargo, nunca pueden ser absolutamente precisas, todas ellas contienen un grado de error. Mucho del trabajo del científico experimental está, por lo tanto, dedicado a la resolución de la incertidumbre mediante la repetición de mediciones, la recogida de muestras más grandes, la construcción de instrumentos que sean más precisos, y el uso de técnicas estadísticas que evalúen el grado de confianza en los resultados.

Además, la ciencia tiene procedimientos bien establecidos, tales como el uso de controles que son la base de argumentos lógicos para establecer causas y efectos. El uso de controles permite a los científicos afirmar que cualquier cambio percibido en un resultado se puede atribuir a un cambio en una característica específica. Si no se utilizan tales técnicas se conduce a resultados donde los efectos se confunden y en los que no se pueden confiar. Del mismo modo, los estudios "doble-ciego"[2] permiten a los científicos afirmar que los resultados no han sido influidos por los sujetos del experimento o por los propios experimentadores. Otros científicos, como los taxonomistas y ecólogos participan en el proceso de identificar patrones subyacentes e interacciones en el mundo natural que justifican la búsqueda de una explicación. En otros casos, tales como la evolución, la tectónica de placas o el cambio climático, la ciencia se basa en argumentos que son una inferencia de la mejor explicación que surge al examinar una serie de hipótesis y eliminar las que no condicen con la evidencia.

Demostrar habilidad en esta competencia básica implica conocimiento de los contenidos, de los procedimientos comunes utilizados en la ciencia (conocimiento procedimental) y de su función en justificar cualquiera de las afirmaciones propuestas por la ciencia (conocimiento epistémico). El conocimiento procedimental y el epistémico tiene dos funciones. En primer lugar, tal conocimiento es requerido por los individuos para evaluar las investigaciones científicas y decidir si han seguido los procedimientos apropiados y si las conclusiones son confiables. En segundo lugar, las personas que tienen este conocimiento deben ser capaces de proponer, al menos en términos generales, cómo una pregunta científica podría ser investigada adecuadamente.

Interpretar científicamente datos y evidencias

La interpretación de datos es una actividad tan fundamental para todos los científicos que para la competencia científica es esencial cierta comprensión rudimentaria de este proceso. Inicialmente la interpretación de los datos comienza con la búsqueda de patrones, con la construcción de tablas sencillas y de visualizaciones gráficas, tales como gráficos circulares, gráficos de barras, diagramas de dispersión o diagramas de Venn. En un nivel más alto, la interpretación requiere el uso de conjuntos de datos más complejos y el uso de herramientas analíticas como hojas de cálculo y paquetes estadísticos. Sería un error, sin embargo, concebir esta competencia como una simple habilidad. Se requiere un importante cuerpo de conocimientos para reconocer qué constituye una evidencia confiable y válida, y cómo presentar datos de forma adecuada. Los científicos toman decisiones acerca de cómo representar los datos en gráficos, tablas o, cada vez más comúnmente, en simulaciones complejas o modelos visuales en 3D. Cualquier relación o patrón se debe leer usando el conocimiento sobre patrones estandarizados. También debe tenerse en cuenta si la incertidumbre de los datos se ha minimizado por la aplicación de técnicas estadísticas estandarizadas. Todo lo anterior se basa en un cuerpo de **conocimiento procedimental**. También es de esperar que un individuo científicamente competente comprenda que la incertidumbre es una característica inherente de todas las mediciones, y que uno de los criterios para expresar el grado de confianza en un resultado es en términos de la probabilidad de que este podría haber ocurrido por azar.

Sin embargo, no es suficiente con entender los procedimientos que se han aplicado para obtener un conjunto de datos. La persona científicamente competente tiene que ser capaz de juzgar si son apropiados y si las afirmaciones consiguientes están justificadas (**conocimiento epistémico**). Por ejemplo, diversos conjuntos de datos pueden ser interpretados de múltiples maneras. La argumentación y la crítica,

2 Se refiere a un estudio donde ni los investigadores ni los individuos saben quiénes pertenecen al grupo de control.

por lo tanto, son esenciales para determinar cuál es, a partir de ellos, la conclusión más apropiada. Ya sea que se trate de nuevas teorías, novedosas formas de recolección de datos o reinterpretaciones de los datos anteriores, la argumentación es el medio que utilizan los científicos y tecnólogos para presentar un caso de nuevas ideas. El desacuerdo entre los científicos es, por lo tanto, normal en vez de excepcional. Resolver qué interpretación es la mejor requiere crítica y conocimiento de la ciencia (**conocimiento de los contenidos**). A través de este proceso la ciencia ha logrado llegar a un consenso sobre los principales conceptos e ideas explicativas. (Longino, 1990). En efecto, una disposición crítica y escéptica hacia todas las evidencias empíricas es lo que muchos verían como el sello distintivo del científico profesional. La persona científicamente competente entendería la función y el propósito de argumentar y criticar, y por qué son procesos esenciales para la construcción del conocimiento en ciencia. Además, debería tener la capacidad tanto para elaborar afirmaciones que están justificadas por los datos, como para señalar las fallas en los argumentos de los demás.

La evolución de la definición de competencia científica en PISA

En PISA 2000 y 2003, la competencia científica se definió como sigue:

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

En 2000 y 2003, la definición incluyó el conocimiento de la ciencia y la comprensión acerca de la ciencia dentro de la expresión "**conocimiento científico**". La definición 2006 separó y elaboró el término "conocimiento científico" pero dividiendo este en dos componentes: "conocimiento de la ciencia" y "conocimiento acerca de la ciencia" (OCDE, 2006). Ambas definiciones, sin embargo, se refieren a la aplicación del conocimiento científico para comprender y tomar decisiones informadas sobre el mundo natural. En PISA 2006, la definición se mejoró mediante la adición del conocimiento de la relación entre la ciencia y la tecnología, un aspecto que se asumió pero no se elaboró en la definición 2003.

La definición de la competencia científica en PISA 2015 es una evolución de estas ideas. La mayor diferencia es que la noción de "conocimiento acerca de la ciencia" se ha especificado más claramente y se divide en dos componentes: el conocimiento **procedimental** y conocimiento **epistémico**.

En 2006, el marco PISA también se amplió para incluir los aspectos actitudinales de las respuestas de los estudiantes a las cuestiones científicas y tecnológicas dentro del constructo de la competencia científica. Ese año, las actitudes se evaluaron de dos maneras: a través del cuestionario del estudiante y por medio de ítems integrados en la prueba. Se recabaron datos en cuatro áreas relacionadas con las actitudes hacia las ciencias: apoyo a la investigación científica, autoconfianza para aprender ciencias, interés por las ciencias y responsabilidad por los recursos y el ambiente. Debido a que se encontraron discrepancias entre los resultados de las preguntas integradas a la prueba y las del cuestionario de estudiantes en relación con el "interés por las ciencias" (OCDE, 2009, véase también: Drechsel, Carstensen y Prenzel, 2011) y, más importante aún, los ítems integrados a la prueba determinaron que la duración de esta fuera mayor, en la evaluación 2015 los aspectos actitudinales solo serán recabados a través del cuestionario del estudiante y no se incluirán en la prueba. En cuanto a los constructos evaluados en este dominio, las áreas "interés por la ciencia" y "responsabilidad por los recursos y el ambiente" permane-

cerán iguales a 2006. Sin embargo, “apoyo a la investigación científica”, se reemplazó por “Valoración de los enfoques científicos para la investigación”, que es esencialmente un cambio de terminología para reflejar mejor lo que se evalúa.

Por último, los contextos para la evaluación de PISA 2015 han cambiado de "personal, social y global" en la Evaluación 2006 a “personal, local / nacional y global” para hacer los encabezamientos más coherentes.

En suma, la definición 2015 se basa en la definición 2006 y la desarrolla. Otros cambios, por ejemplo, la elaboración de los conceptos de conocimiento procedimental y epistémico, que representan una más detallada especificación de los aspectos particulares, estaban integrados a las definiciones anteriores.

Dimensiones de la competencia científica

Para los propósitos de la evaluación, la definición de la competencia científica en PISA 2015 puede caracterizarse por estar constituida por cuatro dimensiones interrelacionadas (ver Cuadro 1).

Contextos	Asuntos personales, locales, nacionales y globales, tanto actuales como históricos, que exigen una cierta comprensión de la ciencia y la tecnología.
Conocimientos	El conocimiento de hechos relevantes, conceptos y teorías explicativas que constituyen la base del conocimiento científico. Tal conocimiento incluye tanto el conocimiento del mundo natural y de los artefactos tecnológicos (conocimiento de los contenidos), el conocimiento de cómo tales ideas se producen (conocimiento procedimental) y una comprensión de los fundamentos subyacentes para estos procedimientos y la justificación de su uso (conocimiento epistémico).
Capacidades o competencias	La habilidad para explicar fenómenos científicamente, para evaluar y diseñar investigaciones científicas y para interpretar científicamente datos y evidencias.
Actitudes	Un conjunto de actitudes hacia la ciencia, expresadas por su interés en la ciencia y la tecnología, la valoración de los enfoques científicos para la investigación, cuando corresponda, y la percepción y la toma de conciencia de las cuestiones ambientales.

Cada uno de estos aspectos se discute más adelante.

Figura 1 - **Marco conceptual para la evaluación de la competencia científica en PISA 2015**

Contextos para las actividades de evaluación

PISA 2015 evalúa conocimientos científicos utilizando contextos que plantean cuestiones relevantes para la educación científica de los países participantes. Estos contextos, sin embargo, no se limitan a los aspectos en común de los currículos nacionales de los países participantes. La evaluación requerirá evidencia de la utilización exitosa de las tres capacidades requeridas para la competencia científica, en situaciones relevantes reflejadas en contextos personales, locales, nacionales y globales.

Los ítems de la evaluación no se limitan a los contextos escolares de ciencias. En la evaluación PISA 2015, los contextos de las actividades de prueba se basan en situaciones relacionadas al estudiante, al grupo familiar y al grupo de pares (personal), a la comunidad (local y nacional), y a la vida en todo el mundo (global). Así también, temas basados en la tecnología pueden ser tomados como contexto de las actividades de evaluación. También son apropiados los contextos históricos para evaluar la comprensión de los estudiantes de los procesos y prácticas que están involucrados en la promoción de conocimiento científico.

El cuadro 2 muestra las aplicaciones de la ciencia y de la tecnología, en los contextos: personal, local/nacional y global, que se utilizan principalmente como contextos de los ítems de evaluación. Las aplicaciones se extraen a partir de una amplia variedad de situaciones de la vida y son generalmente consistentes con las áreas de aplicación de la competencia científica de los anteriores marcos conceptuales en la evaluación PISA. Los contextos también se seleccionan teniendo en cuenta su importancia para los intereses y las vidas de los estudiantes. Las áreas de aplicación son: la salud y la enfermedad, los recursos naturales, la calidad ambiental, los riesgos y las fronteras de la ciencia y la tecnología. Son las áreas en que la competencia científica tiene especial valor para los individuos y las comunidades, en la mejora y mantenimiento de la calidad de vida y en el desarrollo de políticas públicas.

Cuadro 2 - **Contextos para la evaluación de la competencia científica en PISA 2015**

Áreas	Contextos		
	Personal	Local/Nacional	Global
Salud y enfermedad	Conservación de la salud, accidentes, nutrición	Control de enfermedades, transmisión social, elección de alimentos, salud comunitaria	Epidemias, propagación de enfermedades infecciosas
Recursos naturales	Consumo personal de materiales y energía	Conservación de las poblaciones humanas, calidad de vida, seguridad, producción y distribución de alimentos, abastecimiento energético	Sistemas naturales renovables y no-renovables, crecimiento de la población, uso sostenible de especies

Áreas	Contextos		
	Personal	Local/Nacional	Global
Calidad ambiental	Comportamientos respetuosos con el medio, uso y desecho de materiales y artefactos	Distribución de la población, eliminación de los residuos, impacto ambiental	Biodiversidad, sostenibilidad ecológica, control demográfico, producción y pérdida de suelos
Riesgos	Evaluaciones de riesgos de opciones de estilos de vida	Cambios rápidos (terremotos, fenómenos climatológicos graves), cambios lentos y progresivos (erosión costera, sedimentación), evaluación de riesgos	Cambio climático, impacto de la comunicación moderna
Fronteras de la ciencia y tecnología	Aspectos científicos de los hobbies, la tecnología personal, la música y las actividades deportivas	Nuevos materiales, aparatos y procesos, manipulación genética, tecnología armamentística, transportes	Extinción de especies, exploración del espacio, origen y estructura del Universo

Sin embargo, la evaluación de ciencias en PISA, no es una evaluación de contextos. En realidad, se evalúan competencias básicas y conocimientos en contextos específicos. Para seleccionar estos contextos se tiene en cuenta el conocimiento y la comprensión que es probable que hayan adquirido los estudiantes de 15 años.

Al momento de desarrollar y seleccionar los ítems de la prueba, es una prioridad considerar las diferencias lingüísticas y culturales, no sólo por el bien de la validez de la evaluación, sino también para respetar estas diferencias en los países participantes.

Capacidades científicas

Los cuadros 3 a-c proporcionan una descripción de los tipos de desempeño esperados cuando se ponen en juego las tres capacidades requeridas para la competencia científica. El conjunto de capacidades científicas de los cuadros 3 a-c refleja una visión de la ciencia como un conjunto de prácticas sociales y epistémicas que son comunes y transversales a todas las ciencias (National Research Council, 2012).

Cuadro 3a - **Las capacidades científicas en PISA 2015**

Explicar fenómenos científicamente
Reconocer, evaluar y ofrecer explicaciones para una serie de fenómenos naturales y tecnológicos demostrando la habilidad para: • recordar y aplicar el conocimiento científico apropiado; • identificar, utilizar y generar modelos explicativos y representaciones; • realizar y justificar las predicciones adecuadas; • ofrecer hipótesis explicativas; • explicar las implicaciones potenciales del conocimiento científico para la sociedad.

Demostrar la capacidad de explicar fenómenos científicamente requiere que los estudiantes recuerden el conocimiento de los contenidos apropiado, en una situación dada y lo utilicen para interpretar y proporcionar una explicación para el fenómeno de interés. Tal conocimiento también se puede utilizar para generar hipótesis explicativas provisionales en contextos en los que hay una carencia de conocimientos y de información. De una persona científicamente competente se debe esperar que se base en los modelos científicos convencionales, que construya representaciones simples para explicar fenómenos cotidianos, como por ejemplo que los antibióticos no matan a los virus; cómo funciona un horno microondas, o por qué los gases son compresibles pero los líquidos no lo son, y usar esto para hacer predicciones. Esta competencia incluye la habilidad de describir o interpretar fenómenos y predecir los posibles cambios. Además, puede implicar reconocer o identificar descripciones adecuadas, explicaciones y predicciones.

Cuadro 3b - **Las capacidades científicas en PISA 2015**

Evaluar y diseñar investigaciones científicas
Describir y evaluar investigaciones científicas y proponer formas de abordar preguntas científicamente demostrando la habilidad para: • identificar la pregunta investigada en un determinado estudio científico; • distinguir preguntas que son posibles de investigar científicamente; • proponer una manera de investigar una pregunta científica determinada; • evaluar maneras de investigar una pregunta científica determinada; • describir y evaluar una variedad de formas que los científicos usan para asegurar la fiabilidad de los datos y la objetividad y generalización de las explicaciones.

La capacidad de evaluar y diseñar investigaciones científicas es necesaria para evaluar de manera crítica los informes de los descubrimientos científicos y de las investigaciones. Se basa en la capacidad de discriminar preguntas científicas de otras formas de investigación o de reconocer preguntas que podrían investigarse científicamente en un contexto dado. Esta competencia básica requiere un conocimiento

de las características clave de una investigación científica, por ejemplo, qué cosas deben ser medidas, qué variables deben ser modificadas o controladas, o qué acciones deben ser tomadas para que los datos recogidos sean más exactos y precisos. Se requiere la habilidad de evaluar la calidad de los datos, que a su vez depende del reconocimiento de que estos no siempre son completamente precisos. También involucra la capacidad para identificar si una investigación es conducida por una premisa teórica fundamental o si se pretende determinar patrones identificables.

Una persona científicamente competente debe ser capaz de reconocer la importancia de las investigaciones anteriores para juzgar el valor de cualquier investigación científica determinada. Este conocimiento es necesario para situar la investigación y juzgar la importancia de los resultados posibles. Por ejemplo, la búsqueda de una vacuna contra la malaria ha sido un programa en desarrollo de la investigación científica durante varias décadas. Por lo tanto, dado el número de personas que mueren por infecciones palúdicas, cualquier hallazgo que sugiera que una vacuna fuera factible, sería de importancia sustancial. Por otra parte, los estudiantes deben entender la importancia de desarrollar una actitud escéptica ante los informes de ciencias publicados en los medios de comunicación, reconociendo que toda investigación se basa en trabajos anteriores, que los resultados de cualquier estudio están siempre sujetos a la incertidumbre, y que el estudio puede estar sesgado por la fuente de financiación. Esta competencia básica requiere que los estudiantes posean conocimientos procedimentales y epistémicos, pero que también puedan recurrir, en diversos grados, a su conocimiento de los contenidos de la ciencia.

Cuadro 3c - **Las capacidades científicas en PISA 2015**

Interpretar científicamente datos y evidencias
Analizar y evaluar datos científicos, afirmaciones y argumentos en una variedad de representaciones y extraer conclusiones apropiadas demostrando la habilidad para: • transformar los datos de una representación a otra; • analizar e interpretar los datos y extraer conclusiones adecuadas; • identificar supuestos, evidencias y razonamientos en textos relacionados con la ciencia; • distinguir entre argumentos que se basan en evidencia científica y teoría, y aquellos basados en otras consideraciones; • evaluar argumentos científicos y evidencias de diferentes fuentes (por ejemplo, periódicos, internet, revistas).

Una persona científicamente competente debe ser capaz de interpretar y dar sentido a las diferentes formas de presentar datos científicos y a las evidencias que se utilizan para hacer afirmaciones y extraer conclusiones. Poner de manifiesto tal competencia puede requerir las tres formas de conocimiento de la ciencia.

Aquellos que han desarrollado esta competencia deberían ser capaces de explicar el significado de las evidencias científicas y sus implicaciones para una audiencia específica en sus propias palabras, usando diagramas u otras representaciones, según corresponda. Esta competencia requiere el uso de herramientas matemáticas para analizar o resumir datos, y la habilidad de utilizar métodos convencionales para transformar los datos a diferentes representaciones.

Esta competencia incluye, además, el acceso a la información científica y la producción y evaluación de argumentos y conclusiones basadas en pruebas científicas (Kuhn, 2010; Osborne, 2010). Lo que implica también la capacidad de seleccionar conclusiones alternativas usando evidencias, exponer razones a favor o en contra de una conclusión determinada, utilizar el conocimiento procedimental o epistémico, e identificar las hipótesis formuladas para obtener una conclusión.

En suma, el individuo científicamente competente debería ser capaz de identificar las conexiones lógicas o erróneas entre la evidencia y las conclusiones.

Conocimientos científicos

Las tres capacidades que se requieren para la competencia científica implican tres formas de conocimiento que se describen a continuación.

Conocimiento de los contenidos

En la evaluación de la competencia científica en PISA 2015, solo se puede incluir una muestra de los contenidos de ciencias. Por lo tanto, es importante aclarar los criterios que se utilizan para guiar la selección de los conocimientos que se evalúan. Los conocimientos evaluados se seleccionan de los principales campos de la Física, la Química, la Biología, las Ciencias de la Tierra y el Espacio, de modo que:

- tengan relevancia para la vida real;
- representen conceptos científicos significativos o teorías explicativas que tengan utilidad duradera;
- sean adecuados al nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos de 15 años.

Por lo tanto, se asumirá que los estudiantes poseen cierto grado de conocimientos y comprensión de las principales ideas y teorías de la ciencia, tales como una comprensión de la historia y la escala del Universo, el modelo corpuscular de la materia y la teoría de la evolución por selección natural. Estos ejemplos de las principales ideas explicativas son proporcionados con fines ilustrativos y no pretenden enumerar exhaustivamente todas las ideas y teorías que podrían ser consideradas como fundamentales para una persona científicamente competente.

El cuadro 4 muestra las categorías del “conocimiento de los contenidos” y ejemplos seleccionados mediante la aplicación de estos criterios. Este conocimiento es necesario para la comprensión del mundo natural y para dotar de sentido a las experiencias en contextos personales, locales, nacionales y globales. En este marco se utiliza el término “sistemas” en lugar de “ciencias” en los descriptores del “conocimiento de los contenidos”. La intención es transmitir la idea de que los ciudadanos tienen que entender los conceptos de las ciencias físicas y de la vida, las ciencias de la Tierra y del espacio, y su aplicación en contextos en los que los elementos del conocimiento son interdependientes o interdisciplinarios. Ver las cosas como subsistemas en una escala permite que las personas se puedan ver como sistemas completos en una escala más pequeña. Por ejemplo, el aparato circulatorio puede ser visto como una entidad en sí misma o como un subsistema del cuerpo humano; una molécula puede ser estudiada como una configuración estable de átomos, y también como un subsistema de una célula o un gas. Por lo tanto, la aplicación del conocimiento científico y el desarrollo de las capacidades científicas exigen una reflexión sobre qué sistema y qué límites se aplican a algún contexto en particular.

Cuadro 4 - **Conocimiento de los contenidos de la ciencia en PISA 2015**

Sistemas físicos que requieren el conocimiento de:
• Estructura de la materia (por ejemplo, modelo corpuscular, enlaces)
• Propiedades de la materia (por ejemplo, cambios de estado, conductividad térmica y eléctrica)
• Los cambios químicos de la materia (por ejemplo, las reacciones químicas, la transferencia de energía, ácidos / bases)
• Movimiento y fuerzas (por ejemplo, velocidad, fricción) y acción a distancia (por ejemplo, fuerzas magnéticas, gravitacionales y electrostáticas)
• Energía y sus transformaciones (por ejemplo, conservación, disipación, reacciones químicas)
• Interacciones entre la energía y la materia (por ejemplo, ondas de radio y de luz, ondas sonoras y sísmicas).
Sistemas vivos que requieren conocimientos de:
• Las células (por ejemplo, estructuras y funciones, ADN, vegetales y animales)
• El concepto de organismo (por ejemplo, unicelular y multicelular)
• Los seres humanos (por ejemplo, la salud, la nutrición, subsistemas tales como la digestión, la respiración, la circulación, la excreción, la reproducción y sus relaciones)
• Poblaciones (por ejemplo, especies, evolución, biodiversidad, variación genética)
• Los ecosistemas (por ejemplo, cadenas alimentarias, ciclo de la materia y flujo de energía)
• Biosfera (por ejemplo, servicios de los ecosistemas, sustentabilidad).
Sistemas de la Tierra y del espacio que requieren conocimientos de:
• Estructuras de los sistemas de la Tierra (por ejemplo, litósfera, atmósfera, hidrósfera)
• La energía en los sistemas de la Tierra (por ejemplo, fuentes, clima global)
• Cambios en los sistemas de la Tierra (por ejemplo, tectónica de placas, ciclos geoquímicos, fuerzas constructivas y destructivas)
• Historia de la Tierra (por ejemplo, los fósiles, origen y evolución)
• Tierra en el espacio (por ejemplo, gravedad, sistemas solares, galaxias)
• La escala del universo y su historia (por ejemplo, año luz, teoría del Big Bang).

Conocimiento procedimental

Un objetivo fundamental de la ciencia es generar modelos explicativos del mundo material. Estos modelos se desarrollan primero como explicaciones provisionales y luego se ponen a prueba a través de la investigación empírica. La investigación empírica depende de ciertos conceptos bien establecidos, como la noción de variables dependiente e independiente, control de variables, tipos de medición, los tipos de error y métodos para minimizarlos, patrones comunes que se observan en los datos y métodos para presentarlos. Este conocimiento de los conceptos y procedimientos es el que es esencial para apoyar la investigación científica en la recolección, análisis e interpretación de los datos científicos. Estas ideas forman un cuerpo de conocimiento procedimental que también se ha llamado “conceptos de evidencia” (Gott, Duggan, y Roberts, 2008; Millar, Lubben, Gott, y Duggan, 1995). Se puede pensar en el conocimiento procedimental como el conocimiento de los procedimientos que los científicos usan habitualmente para obtener datos fiables y válidos. Tal conocimiento es necesario tanto para llevar a

cabo una investigación científica como para participar en la revisión crítica de la evidencia que podría ser utilizada para apoyar afirmaciones particulares. Se espera, por ejemplo, que los estudiantes sepan que el conocimiento científico tiene diferentes grados de certeza asociada con él y puedan explicar, por ejemplo, por qué hay una diferencia entre la confiabilidad asociada con las mediciones de la velocidad de la luz (que ha sido medida muchas veces con instrumentos cada vez más precisos) y la medición de los recursos pesqueros en el Atlántico Norte o la población de pumas en California. Los ejemplos que aparecen en el cuadro 5 transmiten las características generales de conocimiento procedimental que son evaluadas.

Cuadro 5 - **Conocimiento procedimental en PISA 2015**

Conocimiento procedimental
• Concepto de variables, incluyendo dependientes, independientes y control de variables. • Conceptos de medida, por ejemplo, cuantitativas [mediciones], cualitativas [observaciones], el uso de escalas, las variables categóricas y continuas. • Formas de evaluar y minimizar la incertidumbre, como repetir y promediar las mediciones. • Mecanismos para garantizar la replicabilidad (grado de concordancia entre las mediciones repetidas de la misma magnitud) y la exactitud de los datos (el grado de concordancia entre una magnitud medida y un valor verdadero de la medida). • Formas más comunes de abstraer y representar datos mediante tablas, gráficos y cuadros y su uso adecuado. • Estrategia de control de variables y su papel en el diseño experimental o el uso de ensayos controlados aleatorios para evitar resultados confusos e identificar posibles mecanismos causales. • Naturaleza de un diseño apropiado para una pregunta científica dada, por ejemplo, diseños experimental, de campo o por búsqueda de patrones.

Conocimiento epistémico

El conocimiento epistémico es el conocimiento de los constructos y de los rasgos definitorios esenciales para el proceso de construcción del conocimiento científico y de su rol en la justificación del conocimiento producido por la ciencia, por ejemplo, una hipótesis, una teoría o una observación, y su papel en la contribución a la forma en que sabemos lo que sabemos (Duschl, 2007). Las personas que tienen tal conocimiento pueden explicar, con ejemplos, la distinción entre una teoría científica y una hipótesis o un hecho científico y una observación. Saben que la construcción de modelos representativos, abstractos o matemáticos, es una característica clave de la ciencia y que tales modelos son similares a mapas, en lugar de imágenes precisas del mundo material. Reconocen, por ejemplo, que el modelo corpuscular de la materia es una representación idealizada de la materia y son capaces de explicar cómo el modelo de Bohr es un modelo limitado de lo que sabemos sobre el átomo y sus partes constituyentes. Saben que la concepción de "teoría", como se usa en la ciencia, no es lo mismo que la noción de "teoría" en el lenguaje cotidiano, en el que se utiliza como sinónimo de una "sospecha" o una "corazonada". Mientras que el conocimiento procedimental es necesario para explicar lo que se entiende por estrategias de control de variables, el conocimiento epistémico permite explicar por qué el uso de estrategias de control de variables, o la replicación de mediciones es fundamental para la creación de conocimientos en la ciencia.

Las personas competentes científicamente también entienden que los científicos se basan en datos para presentar afirmaciones científicas y que este argumento es una característica común de la ciencia. En particular, se sabe que algunos de los argumentos científicos son hipotético-deductivos (por ejemplo, el argumento de Copérnico para el sistema heliocéntrico), otros son inductivos (la conservación de la energía), y algunos otros son abductivos, es decir, una inferencia a la mejor explicación (la teoría de la evolución de Darwin o el argumento de Wegener para el movimiento de los continentes). También entenderán el papel y la importancia de la revisión por pares como el mecanismo que la comunidad científica ha establecido para poner a prueba las afirmaciones sobre nuevos conocimientos científicos. Como tal, el conocimiento epistémico proporciona una racionalización para los procedimientos y prácticas a las que los científicos se dedican, un conocimiento de las estructuras y rasgos definitorios que guían la investigación científica, y el fundamento para las bases de la creencia en las afirmaciones que la ciencia hace sobre el mundo natural.

El cuadro 6 presenta lo que en PISA se considera las principales características del conocimiento epistémico necesario para la competencia científica.

Cuadro 6 - **Conocimiento epistémico en PISA 2015**

Conocimiento epistémico
Los constructos y los rasgos definitorios de la ciencia. Esto es: • la naturaleza de las observaciones científicas, datos, hipótesis, modelos y teorías; • el propósito y los objetivos científicos (para producir explicaciones del mundo natural) distinguiéndolos de los de la tecnología (para producir una solución óptima a las necesidades humanas), lo que constituye una pregunta científica o tecnológica y los datos pertinentes; • los valores científicos por ejemplo, un compromiso con las publicaciones, la objetividad y la eliminación de sesgos; • la naturaleza del razonamiento utilizado en la ciencia por ejemplo, deductivo, inductivo, abductivo, analógico, basado en modelos; El rol de estos constructos y las características en la justificación del conocimiento producido por la ciencia. Esto es: • cómo las afirmaciones científicas se apoyan en datos y razonamientos científicos; • la función de las diferentes formas de investigación empírica en la generación del conocimiento, su objetivo (poner a prueba hipótesis explicativas o identificar patrones) y su diseño (observación, experimentos controlados, estudios correlacionales); • cómo el error de medición afecta el grado de confiabilidad en el conocimiento científico; • el uso y el papel de los modelos físicos, abstractos y de sistema y sus límites; • el papel de la colaboración y de la crítica y de cómo la revisión de pares ayuda a generar confiabilidad en las afirmaciones científicas; • el papel de los conocimientos científicos, además de otras formas de conocimiento, en identificar y abordar los problemas sociales y tecnológicos.

El conocimiento epistémico es más probable que se evalúe de manera pragmática, en un contexto en el que un estudiante debe interpretar y responder a una pregunta a partir de algún conocimiento epistémico, en lugar de evaluar directamente si entiende las características mencionadas en el cuadro 6. Por ejemplo, a los estudiantes se les puede solicitar que identifiquen si las conclusiones están justificadas por los datos o qué parte de la evidencia apoya mejor una hipótesis propuesta en un ítem y pedirles que expliquen el por qué.

Ejemplos de ítems de prueba

En esta sección, se presentan tres ejemplos de actividades o unidades de ciencias. En PISA, cada actividad comienza con un "estímulo" que presenta una situación que actúa como disparador, y a partir de esta se plantean las preguntas.

La primera actividad es del ciclo PISA 2006 y se incluye para mostrar el vínculo entre los marcos de 2006 y de 2015. Las preguntas de la unidad se muestran en el formato original en papel y también cómo podrían transformarse al ser presentadas en pantalla. El segundo ejemplo es una nueva unidad, desarrollada para ser presentada por computadora, que ejemplifica el marco conceptual de la competencia científica en el ciclo 2015 de PISA. El tercer ejemplo ilustra un entorno científico interactivo simulado de investigación que permite la evaluación en un contexto auténtico.

Ejemplo 1: EFECTO INVERNADERO

Esta pregunta está relacionada con el aumento de la temperatura media de la atmósfera de la Tierra. El material del estímulo consiste en un texto breve que introduce el término "efecto invernadero" e incluye información gráfica de la temperatura media de la atmósfera y la emisión de dióxido de carbono en la Tierra a través del tiempo.

El área de aplicación es la *Calidad ambiental* en un contexto *Global*.

EFECTO INVERNADERO

Lee los siguiente textos y responde las preguntas que aparecen a continuación.

EL EFECTO INVERNADERO: ¿REALIDAD O FICCIÓN?

Los seres vivos necesitan energía para sobrevivir. La energía que mantiene la vida sobre la Tierra proviene del Sol, que irradia energía al espacio porque su temperatura es muy elevada. Una pequeña proporción de esta energía llega a la Tierra.

La atmósfera terrestre actúa como una capa protectora de la superficie de nuestro planeta, evitando las variaciones de temperatura que existirían en un mundo sin aire.

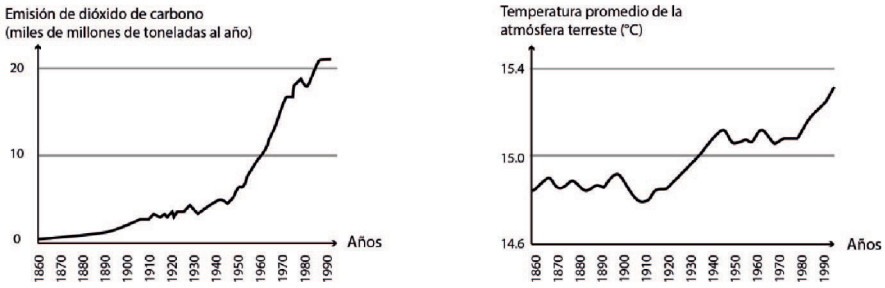
La mayor parte de la energía irradiada por el Sol pasa a través de la atmósfera terrestre. La Tierra absorbe una parte de esta energía y otra parte es reflejada por la superficie de la Tierra. A su vez, parte de esta energía reflejada es absorbida por la atmósfera.

Como resultado de lo anterior, la temperatura promedio sobre la superficie de la Tierra es más alta de lo que sería de no existir atmósfera alguna. La atmósfera terrestre funciona como un invernadero, de ahí la expresión efecto invernadero.

Se dice que el efecto invernadero se ha acentuado durante el siglo veinte.

Es un hecho que la temperatura promedio de la atmósfera ha aumentado. En diarios y revistas se afirma con frecuencia que el aumento de la emisión de dióxido de carbono es la principal causa del aumento de la temperatura ocurrido durante el siglo XX.

Un alumno llamado Andrés se interesa por la posible relación entre el promedio de temperatura de la atmósfera terrestre y la emisión de dióxido de carbono en la Tierra.
En una biblioteca encuentra los dos gráficos siguientes:



A partir de estos dos gráficos, Andrés concluye que es cierto que el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera terrestre se debe al aumento de la emisión de dióxido de carbono.

Pregunta 1: EFECTO INVERNADERO

¿Qué se observa en los gráficos que respalda la conclusión de Andrés?

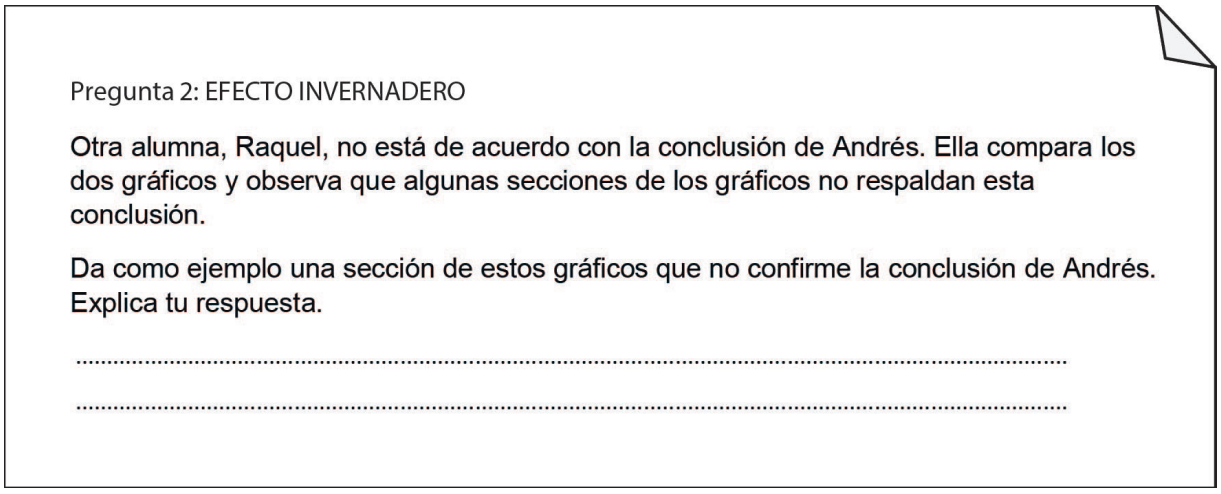
.....

.....

Clasificación de la pregunta 1 de EFECTO INVERNADERO según el marco teórico de PISA 2015

Categorías del marco	Marco conceptual 2006	Marco conceptual 2015
Tipo de conocimiento	Conocimiento acerca de la ciencia	Epistémico
Competencia	Explicar fenómenos científicamente	Explicar fenómenos científicamente
Contexto	Ambiental, Global	Ambiental, Global
Demanda cognitiva	(No es aplicable)	Media

La pregunta 1 demuestra cómo el marco de 2015 se sustenta en gran parte en las mismas categorías que el marco de 2006, utilizando las mismas competencias y categorías de contextos. El marco de 2006 incluyó dos categorías de conocimientos científicos: conocimiento *de* la ciencia (en referencia al conocimiento del mundo natural a través de los principales campos de la ciencia) y el conocimiento *acerca* de la ciencia (en referencia a los objetivos y metodologías de la ciencia). El marco de 2015 profundiza en estos dos aspectos al subdividir los conocimientos acerca de la ciencia en el conocimiento procedimental y el epistémico. La pregunta 1 requiere que los estudiantes comprendan no solo cómo se representan los datos en los dos gráficos, sino que también consideren si esta evidencia justifica científicamente una conclusión determinada. Esta es una de las características del conocimiento *epistémico* en el marco 2015. La categoría de contexto es *Ambiental - global*. Una nueva característica del marco 2015 es la consideración de la demanda cognitiva. Esta pregunta requiere una interpretación de gráficos en pasos secuenciales, y por lo tanto es, utilizando los descriptores del marco, categorizada como de demanda cognitiva media.



Pregunta 2: EFECTO INVERNADERO

Otra alumna, Raquel, no está de acuerdo con la conclusión de Andrés. Ella compara los dos gráficos y observa que algunas secciones de los gráficos no respaldan esta conclusión.

Da como ejemplo una sección de estos gráficos que no confirme la conclusión de Andrés. Explica tu respuesta.

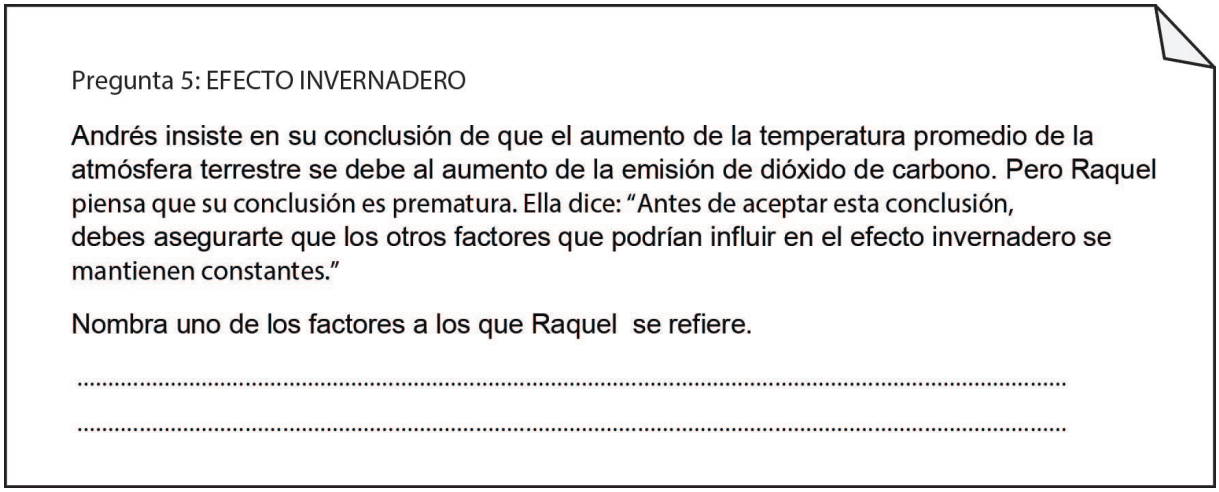
.....

.....

Clasificación de la pregunta 2 de EFECTO INVERNADERO según el marco teórico de PISA 2015

Categorías del marco	Marco conceptual 2006	Marco conceptual 2015
Tipo de conocimiento	Conocimiento acerca de la ciencia	Epistémico
Competencia	Explicar fenómenos científicamente	Explicar fenómenos científicamente
Contexto	Ambiental, Global	Ambiental, Global
Demanda cognitiva	(No es aplicable)	Media

La pregunta 2 requiere que los estudiantes consulten los dos gráficos en detalle. Las categorías del marco conceptual son las mismas que las de la pregunta 1.



Pregunta 5: EFECTO INVERNADERO

Andrés insiste en su conclusión de que el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera terrestre se debe al aumento de la emisión de dióxido de carbono. Pero Raquel piensa que su conclusión es prematura. Ella dice: "Antes de aceptar esta conclusión, debes asegurarte que los otros factores que podrían influir en el efecto invernadero se mantienen constantes."

Nombra uno de los factores a los que Raquel se refiere.

.....

.....

Clasificación de la pregunta 3 de EFECTO INVERNADERO según el marco teórico de PISA 2015

Categorías del marco	Marco conceptual 2006	Marco conceptual 2015
Tipo de conocimiento	Conocimiento acerca de la ciencia	Procedimental
Competencia	Explicar fenómenos científicamente	Explicar fenómenos científicamente
Contexto	Ambiental, Global	Ambiental, Global
Demanda cognitiva	(No es aplicable)	Media

La pregunta 3 requiere que los estudiantes consideren las variables de control en cuanto a la revisión crítica de la evidencia utilizada para apoyar los argumentos. Por esto se clasifica como *conocimiento procedimental* en el marco de 2015.

EFECTO INVERNADERO presentado en pantalla.

A continuación se presenta esta misma actividad "Efecto Invernadero" convertida al formato de actividad de prueba presentada en pantalla. El texto y los gráficos están esencialmente sin cambios. Los estudiantes pueden utilizar las flechas ubicadas en la esquina superior derecha para ver los gráficos y el texto, cuando lo necesiten. Como las preguntas originales fueron de respuesta abierta, la versión en pantalla también requiere un formato de respuesta abierta con el fin de replicar en la mayor medida posible la versión en papel, asegurando la comparabilidad entre las dos modalidades de aplicación y, por tanto, garantizar la tendencia.

Todas las preguntas presentadas en la plataforma informática para PISA 2015 tienen una pantalla dividida verticalmente con los estímulos presentados en el lado derecho y las preguntas y los mecanismos de respuesta del lado izquierdo.

EFECTO INVERNADERO Pantallas de presentación del estímulo

PISA 2015

EFECTO INVERNADERO

Introducción

2

EL EFECTO INVERNADERO: ¿REALIDAD O FICCIÓN?

Los seres vivos necesitan energía para sobrevivir. La energía que mantiene la vida sobre la Tierra proviene del Sol, que irradia energía al espacio porque su temperatura es muy elevada. Una pequeña proporción de esta energía llega a la Tierra.

La atmósfera terrestre actúa como una capa protectora de la superficie de nuestro planeta, evitando las variaciones de temperatura que existirían en un mundo sin aire.

La mayor parte de la energía irradiada por el Sol pasa a través de la atmósfera terrestre. La Tierra absorbe una parte de esta energía y otra parte es reflejada por la superficie de la Tierra. A su vez, parte de esta energía reflejada es absorbida por la atmósfera.

Como resultado de lo anterior, la temperatura promedio sobre la superficie de la Tierra es más alta de lo que sería de no existir atmósfera alguna. La atmósfera terrestre funciona como un invernadero, de ahí la expresión efecto invernadero.

Se dice que el efecto invernadero se ha acentuado durante el siglo veinte.

Es un hecho que la temperatura promedio de la atmósfera ha aumentado. En diarios y revistas se afirma con frecuencia que el aumento de la emisión de dióxido de carbono es la principal causa del aumento de la temperatura ocurrido durante el siglo XX.

PISA 2015

EFECTO INVERNADERO

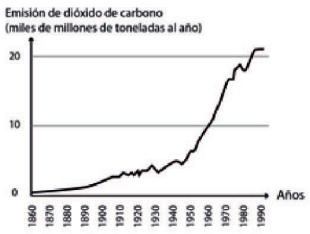
Introducción

*Haga click en **siguiente** para ver la próxima pregunta*

1

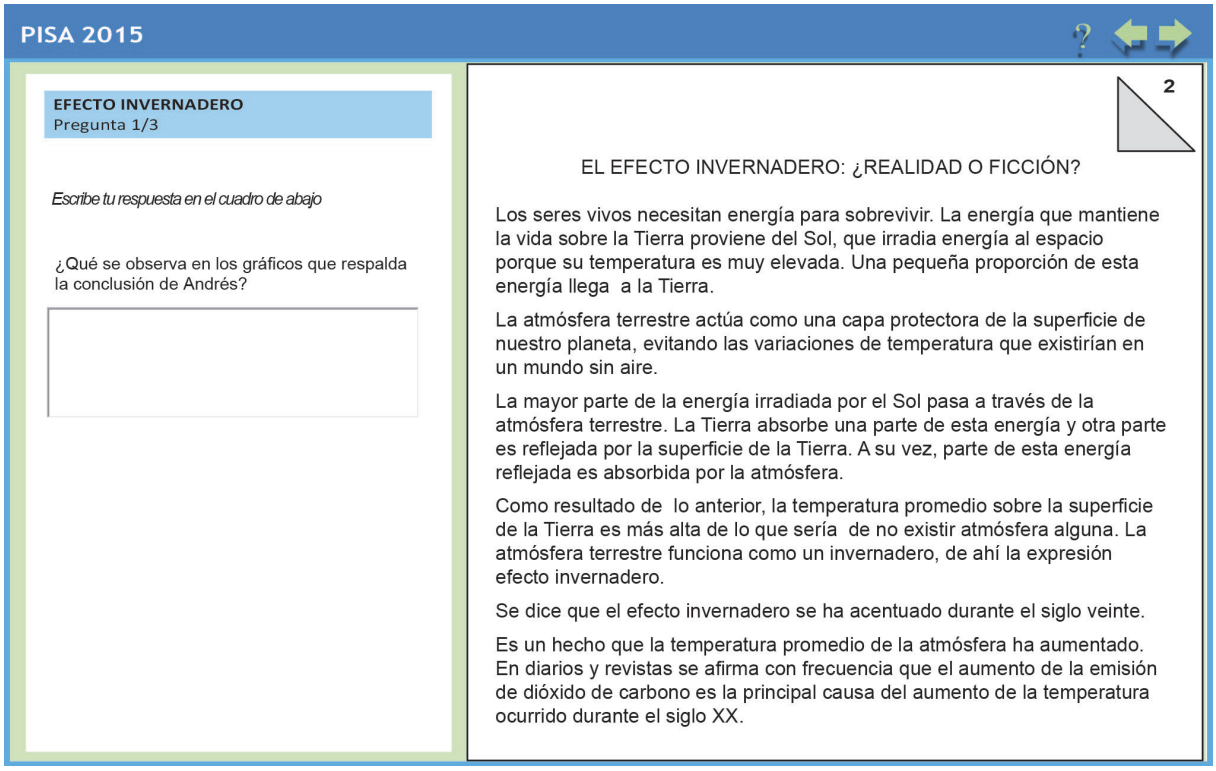
2

Un alumno llamado Andrés se interesa por la posible relación entre el promedio de temperatura de la atmósfera terrestre y la emisión de dióxido de carbono en la Tierra.
En una biblioteca encuentra los dos gráficos siguientes:

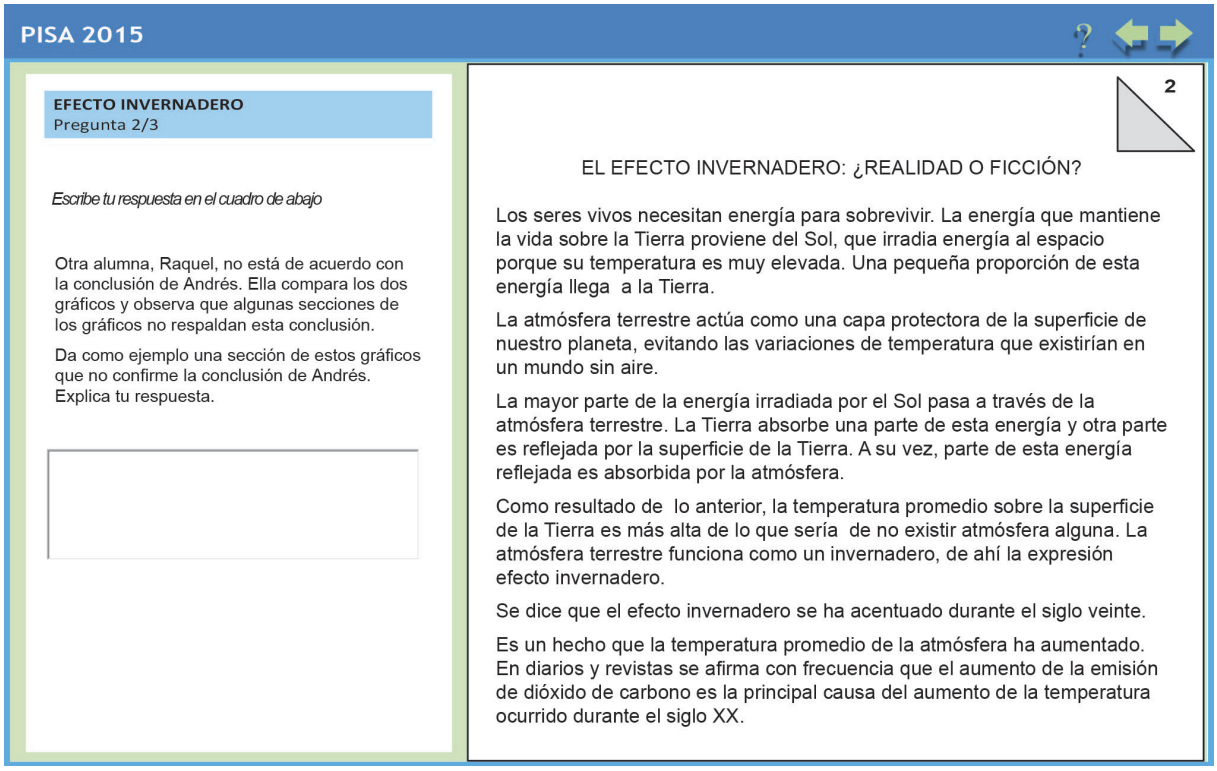


A partir de estos dos gráficos, Andrés concluye que es cierto que el aumento de la temperatura promedio de la atmósfera terrestre se debe al aumento de la emisión de dióxido de carbono.

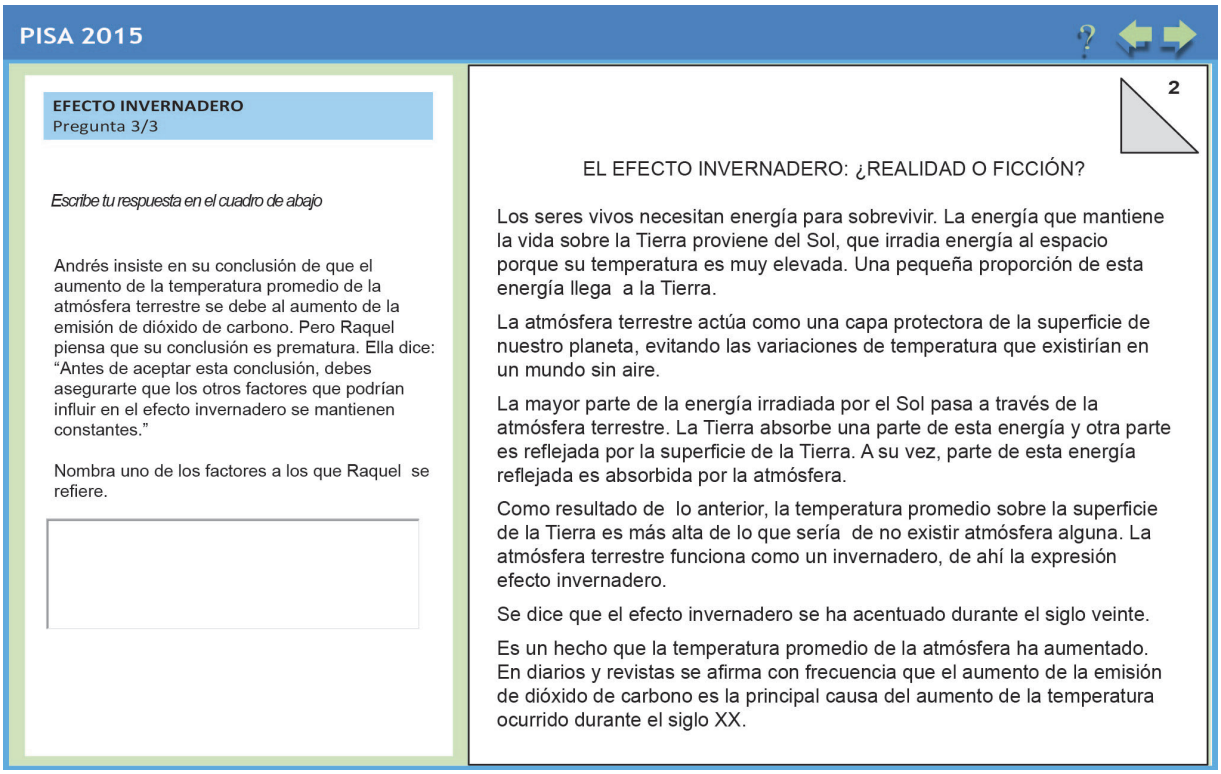
EFECTO INVERNADERO Pregunta 1



EFECTO INVERNADERO Pregunta 2



EFECTO INVERNADERO Pregunta 3



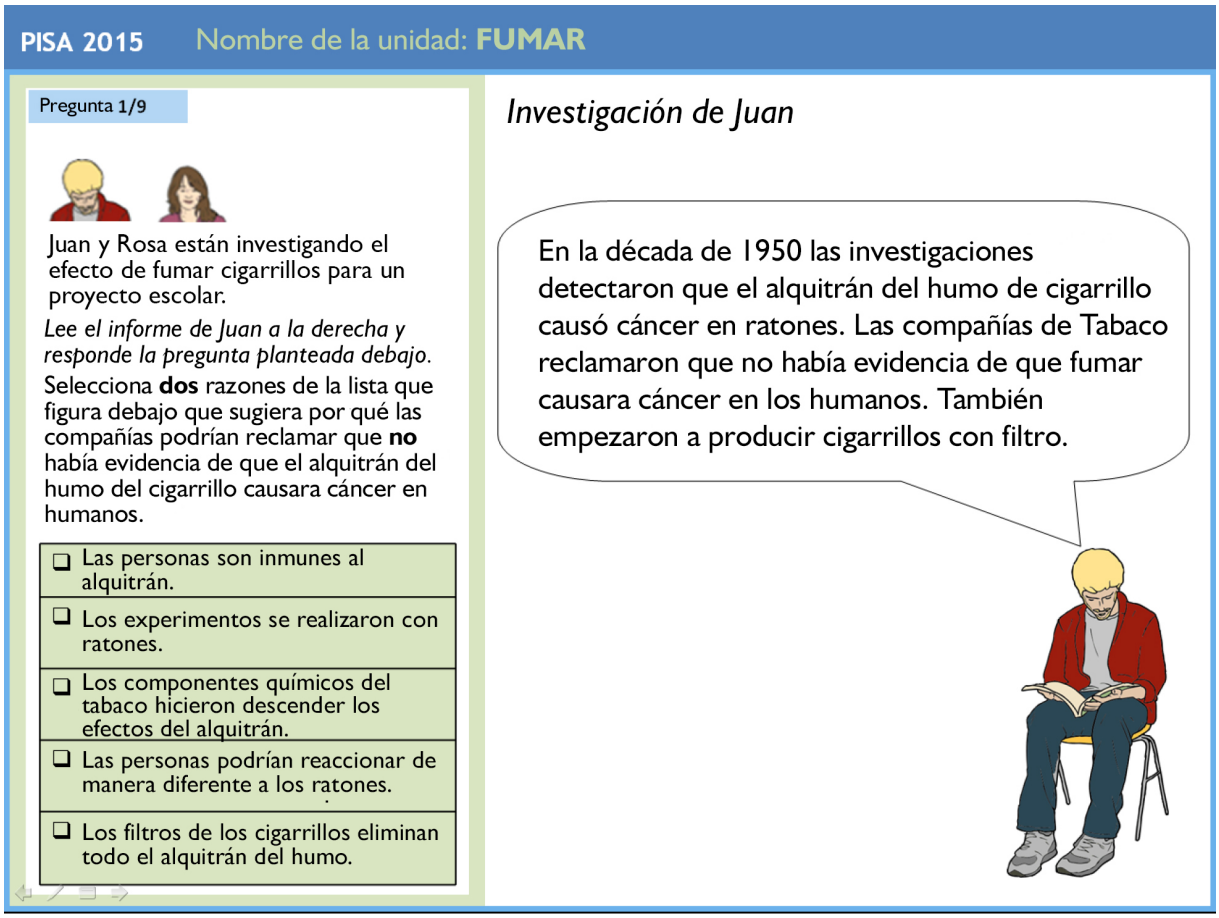
Ejemplo 2: FUMAR

Esta nueva unidad, ejemplo para el ciclo 2015, explora diversas formas de evidencia relacionada con los efectos nocivos del tabaco y los métodos utilizados para ayudar a las personas a dejar de fumar. Las nuevas actividades para evaluar el desarrollo de la competencia científica en el ciclo 2015 solo se desarrollaron para presentarlas en computadora y por lo tanto este ejemplo solo se muestra en el formato de pantalla.

Pregunta 1: FUMAR

Esta pregunta requiere que los estudiantes interpreten la evidencia dada usando su conocimiento de conceptos científicos. Tienen que leer la información en el estímulo sobre las primeras investigaciones acerca de los posibles efectos nocivos del tabaco y, a continuación, seleccionar dos opciones de la lista para responder a la pregunta.

En esta pregunta, los estudiantes tienen que aplicar los *conocimientos de los contenidos* utilizando la competencia de *explicar fenómenos científicamente*. El área de aplicación está categorizada como la *Salud y la enfermedad* en un contexto *local - nacional*. La demanda cognitiva requiere del uso y aplicación de los conocimientos conceptuales y por lo tanto se clasifica como nivel de demanda medio.



Clasificación de la pregunta 1 de FUMAR según el marco teórico de PISA 2015

Categorías del marco	Marco conceptual 2015
Tipo de conocimiento	Conocimiento de los contenidos de la ciencia
Competencia	Explicar fenómenos científicamente
Contexto	Salud y enfermedad. Local -nacional
Demanda cognitiva	Media

Pregunta 2: FUMAR

Esta pregunta explora la comprensión de los datos por parte de los estudiantes.

El lado derecho de la pantalla muestra los datos auténticos del consumo de cigarrillos y las muertes por cáncer de pulmón en los hombres durante un período prolongado. Se les solicita que seleccionen el mejor descriptor de los datos haciendo clic en uno de los botones circulares junto a las respuestas, sobre el lado izquierdo de la pantalla.

PISA 2015 Nombre de la unidad: **FUMAR**

Pregunta 3/9

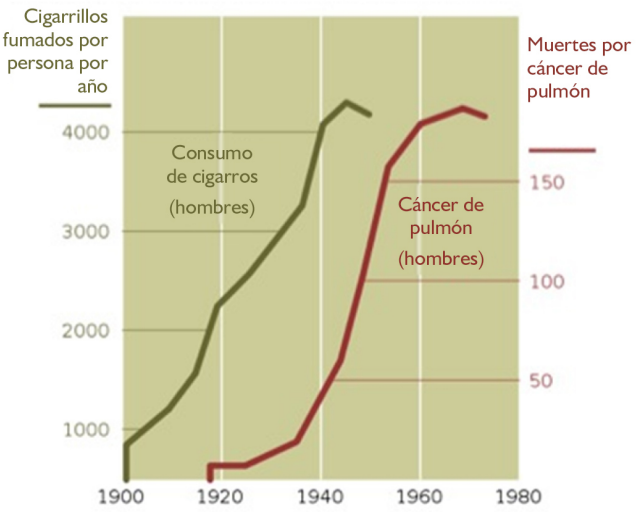
Rosa encontró un gráfico en su investigación sobre el hábito de fumar.

Utiliza los datos de la investigación de Rosa a la derecha. Luego selecciona la mejor respuesta para la pregunta a continuación.

¿Cuál de los enunciados describe mejor los datos mostrados en el gráfico?

- o El gráfico muestra que todo hombre que fumó cigarrillos desarrolló cáncer de pulmón
- o El gráfico muestra que eran más los hombres que fumaban cigarrillos en 1940 que en 2010
- o No hay vínculo entre la cantidad de cigarrillos fumados y las muertes por cáncer de pulmón.
- o Hay una relación positiva entre la cantidad de cigarrillos fumados y las muertes por cáncer de pulmón.

Investigación de Rosa



Esta unidad pone a prueba los conocimientos de los contenidos utilizando la competencia de Interpretar científicamente datos y evidencia.

El área de aplicación es la Salud y la enfermedad se aplica en un contexto local / nacional. Como los estudiantes tienen que interpretar la relación entre dos gráficos, la demanda cognitiva se clasifica como media.

Clasificación de la pregunta 2 de FUMAR según el marco teórico de PISA 2015

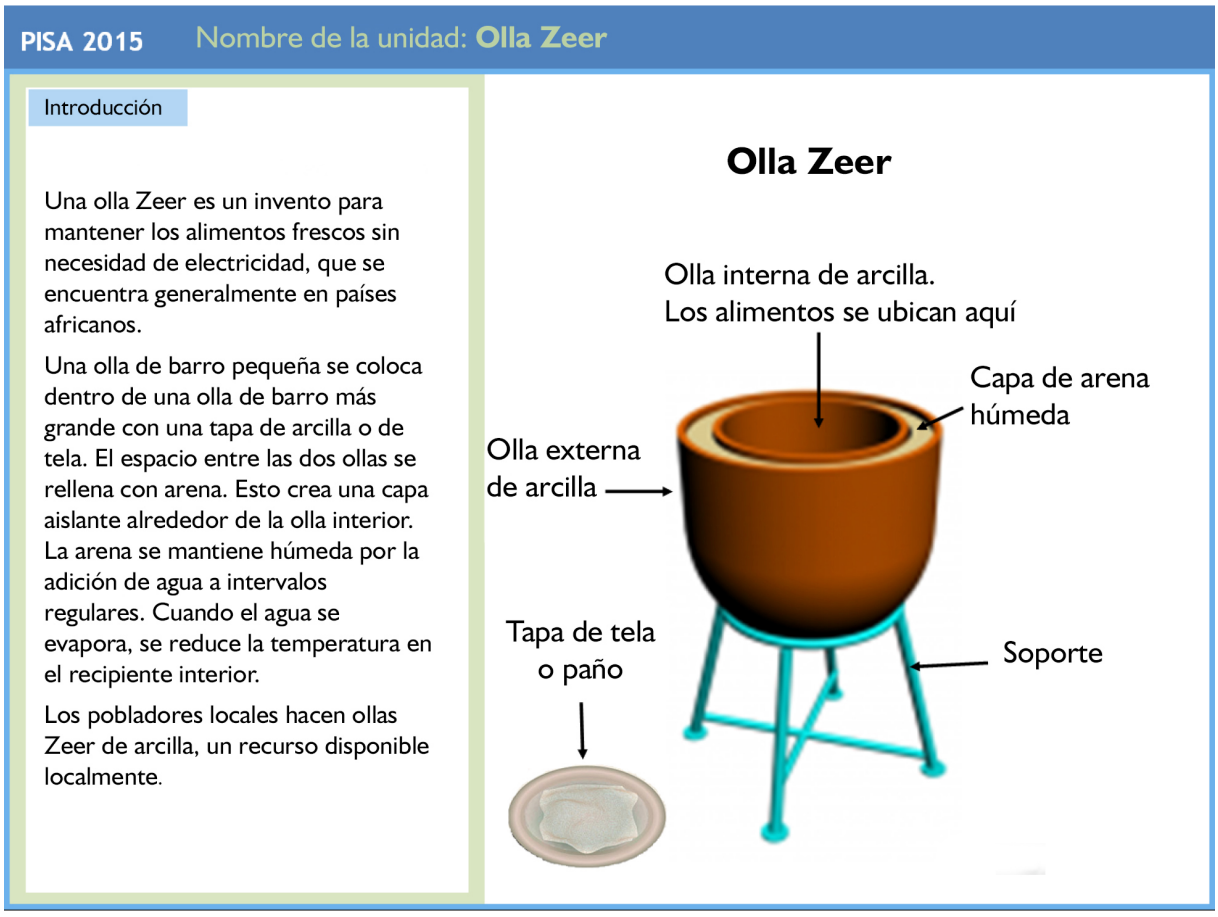
Categorías del marco	Marco conceptual 2015
Tipo de conocimiento	Conocimiento de los contenidos de la ciencia
Competencia	Interpretar datos y evidencia científicamente
Contexto	Salud y enfermedad. Local -nacional
Demanda cognitiva	Media

Ejemplo 3: Olla Zeer

Este nuevo ejemplo de actividad demuestra una nueva característica de la evaluación de ciencias para 2015; el uso de tareas interactivas usando simulaciones de investigaciones científicas para explorar y evaluar las competencias y conocimientos de la competencia científica.

Esta unidad se enfoca en un auténtico contenedor de refrigeración de bajo costo llamado olla Zeer, desarrollado para necesidades localizadas en África, utilizando los recursos locales disponibles. El costo y la falta de electricidad limitan el uso de refrigeradores en estas regiones, mientras que el clima cálido requiere que la comida se mantenga fresca para prolongar la duración de tiempo en el que la comida pueda mantenerse antes de que el crecimiento bacteriano provoque un riesgo para la salud.

La primera captura de pantalla de esta simulación muestra cómo es y cómo funciona una olla Zeer. No se espera que los estudiantes tengan una comprensión de cómo provoca el enfriamiento el proceso de evaporación, solo que lo hace.

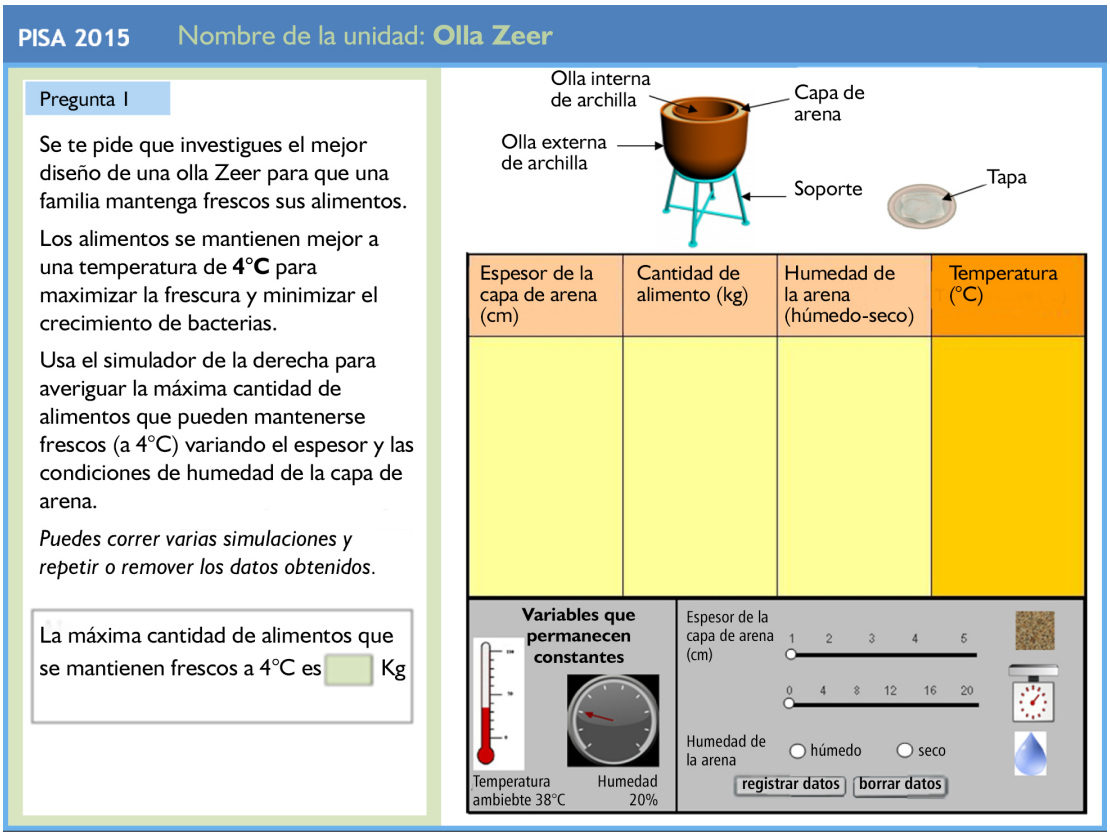


Se pide a los estudiantes que usando esta simulación investiguen las condiciones que producirán los efectos de enfriamiento más eficaces (4°C) para mantener los alimentos frescos en la olla Zeer. El simulador mantiene ciertas condiciones constantes (la temperatura del aire y la humedad), pero incluye esta información para mantener la autenticidad del contexto. En la primera pregunta, se pide a los estudiantes que investiguen las condiciones óptimas para mantener la máxima cantidad de alimentos frescos en la olla Zeer alterando el espesor de la capa de arena y las condiciones de humedad.

Pregunta 1: Olla Zeer

Cuando los estudiantes ingresan sus condiciones (que también alteran la presentación visual de la pantalla de olla Zeer), y presionan el botón "Registrar los datos" se ejecuta la simulación y se completa la tabla de datos. Es necesario que ejecuten una serie de simulaciones de datos, luego pueden eliminar datos en la tabla o repetir cualquier simulación según sea necesario. En esta pantalla se registra su respuesta a la cantidad máxima de alimentos que se mantienen frescos a 4 °C. Sus enfoques sobre el diseño y evaluación de este tipo de investigación científica pueden ser evaluados en las preguntas siguientes.

La categorización del conocimiento para este ítem es *Procedimental* y la competencia es *Evaluar y diseñar investigaciones científicas*. La categorización de contexto es *Recursos Naturales*, aunque también tiene vínculos con la *Salud y la enfermedad*. La demanda cognitiva de esta pregunta se clasifica como alta, porque a los estudiantes se les propone una situación compleja en la que necesitan desarrollar una secuencia sistemática de investigaciones para responder a la pregunta.



Clasificación de la pregunta 1 de OLLA ZEER según el marco teórico de PISA 2015

Categorías del marco	Marco conceptual 2015
Tipo de conocimiento	Conocimiento procedimental
Competencia	Evaluar y diseñar una investigación científica
Contexto	Recursos naturales
Demanda cognitiva	Alta

Actitudes

Por qué importan las actitudes

Las actitudes de las personas hacia las ciencias juegan un papel importante en su interés, atención y respuesta a la ciencia y a la tecnología, y en las cuestiones que les afectan en particular. Uno de los objetivos de la educación científica es desarrollar actitudes que orienten a los estudiantes a participar en cuestiones científicas. Estas actitudes también contribuyen con la adquisición y aplicación posterior del conocimiento científico y tecnológico para beneficio personal, local, nacional y global, y dan lugar al desarrollo de la autoeficacia (Bandura, 1997).

Las actitudes forman parte del constructo de la competencia científica. Es decir, la competencia científica de una persona incluye ciertas actitudes, creencias, orientaciones motivacionales, autoeficacia y valores. El constructo de actitudes utilizado en PISA se basa en la estructura de Klopfer (1976) sobre el dominio afectivo en la enseñanza de las ciencias, y en las revisiones de la investigación sobre actitudes (Gardner, 1975; Osborne, Simon & Collins, 2003; Schibeci, 1984). Una distinción importante realizada en estas revisiones es entre actitudes hacia la ciencia y actitudes científicas. Mientras que las primeras se miden por el nivel de interés mostrado hacia los temas y actividades científicas, las últimas se miden por la disposición a valorar la evidencia empírica como la base de la confiabilidad.

Definición de las actitudes hacia las ciencias para PISA 2015

La evaluación PISA 2015 evalúa las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias en tres áreas: interés por la ciencia y la tecnología, conciencia ambiental y valoración de los enfoques científicos para la investigación (ver cuadro 7) que se consideran básicas para el constructo de la competencia científica. Estas tres áreas fueron seleccionadas para la evaluación debido a que una actitud positiva hacia las ciencias, una preocupación por el medio ambiente y por estilos de vida ambientalmente sostenibles, y una disposición a valorar el enfoque científico de la investigación constituyen características de una persona científicamente competente. Así, el grado en el que los estudiantes, de manera individual, se encuentran interesados en la ciencia y reconocen su valor y sus consecuencias, se considera importante al final de la educación obligatoria. Por otra parte, en 2006, en 52 de los países participantes (incluidos todos los países de la OCDE), los estudiantes con un mayor interés general en la ciencia, se desempeñaron mejor en la evaluación del área (OCDE, 2007, p143).

Interés por la ciencia y la tecnología

Esta dimensión fue seleccionada debido a que se encuentra relacionada con los logros, la selección de cursos, la elección de carrera y el aprendizaje permanente. Existe literatura considerable que demuestra que el interés por la ciencia se estructura, para la mayoría de los estudiantes, a los 14 años (Ormerod y Duckworth, 1975; Tai, QiLiu, Maltese, & Fan, 2006). Además, los estudiantes con mayor interés tienen mayor probabilidad de seguir carreras científicas.

En muchos países, preocupaciones de política relacionadas con la cantidad de estudiantes que eligen continuar estudiando ciencia (particularmente con la cantidad de mujeres) implicó que la medición de actitudes hacia la ciencia se volviera un aspecto importante de la evaluación PISA. Sus resultados pueden proveer información acerca de la disminución del interés por el estudio de ciencia entre los jóvenes. (Bøe et al, 2011). Esta medición, cuando correlaciona con la amplia gama de información recolectada en los cuestionarios de estudiantes, docentes y centros, puede proveer elementos para acercarse a las causas de cualquier declive de interés detectado.

Valoración de los enfoques científicos para la investigación

Esta dimensión fue elegida porque los enfoques científicos en la investigación han tenido un gran éxito en la generación de nuevo conocimiento - no solo en las ciencias, sino también en las finanzas y deportes. Por otra parte, el valor fundamental de la investigación científica es la creencia en la evidencia empírica como base de la presunción racional.

Reconocer el valor de un enfoque científico para indagar o investigar es, por tanto, ampliamente considerado como un objetivo fundamental de la educación científica y justifica su evaluación. La apreciación de la investigación científica y el estar a su favor supone que los estudiantes pueden identificar y, a la vez, valorar modos científicos de recoger evidencias, pensar de manera creativa, razonar de forma racional, responder de manera crítica y comunicar las conclusiones cuando se enfrentan a situaciones reales relacionadas con la ciencia y la tecnología.

Los estudiantes deberían entender cómo funcionan los enfoques científicos en la investigación y por qué, en la mayoría de los casos, han tenido más éxito que otros métodos. Sin embargo, la valoración de los enfoques científicos para la investigación, no significa que un individuo tenga que tener una disposición positiva hacia todos los aspectos de la ciencia o incluso hacia el uso de los métodos en sí mismos. Por lo tanto, el constructo es una medida de las actitudes de los estudiantes hacia el uso de una metodología científica para investigar fenómenos materiales y sociales y las percepciones que se derivan de dicha metodología.

Conciencia ambiental

Es una preocupación internacional y económicamente relevante. Las actitudes en esta área han sido objeto de numerosas investigaciones desde la década de 1970 (véase, por ejemplo, Bogner y Wiseman, 1999; Eagles y Demare, 1999; Rickinson, 2001; Weaver, 2002). En diciembre de 2002, la ONU aprobó la resolución 57/254 declarando el período de diez años desde el 1° de enero de 2005, como la Década de la educación para el desarrollo sostenible de las naciones unidas (UNESCO, 2003). El Plan de implementación internacional (UNESCO, septiembre de 2005) identifica al medio ambiente como una de las tres esferas de la sostenibilidad (junto con la sociedad, incluyendo la cultura, y la economía) que deben ser incluidas en todos los programas de educación para el desarrollo sostenible.

Dada la importancia de las cuestiones ambientales para la continuidad de la vida en la Tierra y la supervivencia de la humanidad, los jóvenes de hoy necesitan entender los principios básicos de la ecología y la necesidad de organizar su vida en consecuencia. Esto significa que la conciencia ambiental y una actitud responsable hacia el medio ambiente son elementos importantes de la educación científica contemporánea.

En PISA 2015, estas actitudes específicas hacia la ciencia se evalúan a través del cuestionario de estudiantes.

Mayores detalles de estos constructos se pueden encontrar en el Marco conceptual del Cuestionario del estudiante[1].

1 OECD (2017), PISA 2015 Assessment and Analytical framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, PISA, OECD Publishing, Paris, https://doi.org/10.1787/9789264281820-en.

Documentos de referencias originales

American Association for the Advancement of Science. (1989). Science for all Americans: a Project 2061 report on literacy goals in science, mathematics and technology. Washington, D.C.: AAAS.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). A Taxonomy for Learning, teaching and Assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. London: Longman.

Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. New York: W.H.Freeman and Company.

Biggs, J. and K. Collis (1982). Evaluating the quality of learning: The SOLO taxonomy. New York, Academic Press.

Bloom, B. S. (Ed.). (1956). Taxonomy of educational objectives: the classification of educational goals Handbook 1, Cognitive domain. London: Longmans.

Bøe, M. V., Henriksen, E. K., Lyons, T., & Schreiner, C. (2011). Participation in science and technology: young people and achievement-related choices in late-modern societies. Studies in Science Education, 47(1), 37 - 72.

Bogner, F. and M. Wiseman (1999), "Toward Measuring Adolescent Environmental Perception", European Psychologist 4 (3).

Brookhart, S.M., & Nitko, A.J. (2011) Strategies For Constructing Assessments of Higher Order Thinking Skills. In G. Schraw & D.R. Robinson (Eds) Assessment of Higher Order Thinking Skills (pp.327-359). North Carolina: IAP .

Bybee, R. W. (1997). Towards an Understanding of Scientific Literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Eds.), Scientific Literacy Kiel: Institut für die Pädogogik Naturwissenschaften an der Universität Kiel, pp. 37-68.

Confederación de Sociedades Científicas de España (2011). Informe ENCIENDE. Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. Madrid: Author.

Davis, S.L., & Buckendahl, C.W. (2011) Incorporating Cognitive Demand in Credentialing Examinations. In G. Schraw & D.R. Robinson (Eds) Assessment of Higher Order Thinking Skills (pp.327-359).North Carolina: IAP.

Drechsel, B., Carstensen, C., & Prenzel, M. (2011). The role of content and context in PISA interest scales - A study of the embedded interest items in the PISA 2006 Science assessment. International Journal of Science Education, Volume 33, Number 1, 73-95

Duschl, R. (2007). Science Education in Three-Part Harmony: Balancing Conceptual, Epistemic and Social Learning Goals. Review of Research in Education, 32, 268-291.

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

European Commission. (1995). White paper on education and training: Teaching and learning—Towards the learning society (White paper). Luxembourg: Office for Official Publications in European Countries.

Fensham, P. (1985). Science for all: A reflective essay. Journal of Curriculum Studies, 17(4), 415-435.

Ford, M. J., & Wargo, B. M. (2012). Dialogic framing of scientific content for conceptual and epistemic understanding. Science Education, 96(3), 369-391.

Fuensanta, P., Martínez, P., Da Fonseca, P., & Rubio, M. (2005). Aprendizaje, competencias y rendimiento en Educación Superior. Editorial La Muralla, Madrid.

Gardner, P. L. (1975). Attitudes to Science. Studies in Science Education, 2, 1-41.

Gott, R., Duggan, S., & Roberts, R. (2008). Concepts of evidence. University of Durham. Downloaded from http://www.dur.ac.uk/rosalyn.roberts/Evidence/cofev.htm, Sept 23, 2012.

Kane, M. (2006). Validation. In R.L. Brennan (Ed.), Educational measurement (4th ed., pp. 17-64). Westport, CT: American Council on Education, Praeger Publishers

Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of Learning in Science. In B. S. Bloom, J. T. Hastings & G. F. Madaus (Eds.), Handbook of Formative and Summative Evaluation of Student Learning. London: McGraw-Hill Book Company.

Klopfer, L. E. (1976). A structure for the affective domain in relation to science education. Science Education, 60(3), 299-312.

Kuhn, D. (2010). Teaching and learning science as argument. [10.1002/sce.20395]. Science Education, 94(5), 810-824.

Lederman, N. G. (2006). Nature of Science: Past, Present and Future. In S. Abell & N. G. Lederman (Eds.), Handbook of Research on Science Education (pp. 831-879). Mawah, NJ: Lawrence Erlbaum.

Longino, H. E. (1990). Science as Social Knowledge. Princetown, NJ: Princetown University Press.

Marzano, R. J. and J. S. Kendall (2007). The new taxonomy of educational objectives. Thousand Oaks, CA, Corwin Press.

Millar, R. (2006). Twenty First Century Science: Insights from the Design and Implementation of a Scientific Literacy Approach in School Science. International Journal of Science Education, 28(13), 1499-1521.

Millar, R., & Osborne, J. F. (Eds.). (1998). Beyond 2000: Science Education for the Future. London: King's College London.

Millar, R., Lubben, F., Gott, R., & Duggan, S. (1995). Investigating in the school science laboratory: conceptual and procedural knowledge and their influence on performance. Research Papers in Education, 9(2), 207-248.

Mislevy, Robert J. and Geneva D. Haertel (2006) Implications of Evidence-Centered Design for Educational Testing. Educational Measurement: Issues and Practice, 25 (4), 6–20.

National Academy of Science. (1995). National Science Education Standards. Washington, D.C.: National Academy Press.

National Research Council. (2000). Inquiry and the National Science Education Standards. Washington D.C.: National Academy Press.

National Research Council. (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, DC.: Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education.

OECD (1999). Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment. Paris, OECD (Organisation for economic co-operation and development).

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

OECD. (2003). The PISA 2003 Assessment Framework: Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills. Paris: OECD.

OECD. (2006). The PISA 2006 Assessment Framework for Science, Reading and Mathematics. Paris: OECD.

OECD. (2007). PISA 2006: Science Competencies for Tomorrow's World: Volume 1: Analysis. Paris: OECD.

OECD (2009). PISA 2006 Technical Report. Paris: OECD

OECD. (2011). What kinds of careers do boys and girls expect for themselves? PISA in focus. Paris: OECD.
Ormerod, M. B., & Duckworth, D. (1975). Pupils' Attitudes to Science. Slough: NFER.

Osborne, J. F. (2010). Arguing to Learn in Science: The Role of Collaborative, Critical Discourse. Science, 328, 463-466.

Osborne, J. F., & Dillon, J. (2008). Science Education in Europe: Critical Reflections. London: Nuffield Foundation.

Osborne, J. F., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards Science: A Review of the Literature and its Implications. International Journal of Science Education, 25(9), 1049–1079.

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

Rychen, D. S., & Salganik, L. H. (Eds.). (2003). Definition and Selection of Key competencies: Executive Summary. Göttingen, Germany: Hogrefe.

Schibeci, R. A. (1984). Attitudes to Science: an update. Studies in Science Education, 11, 26-59.

Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (KMK) (2005). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)

Tai, R. H., Qi Liu, C., Maltese, A. V., & Fan, X. (2006). Planning Early for Careers in Science. Science, 312, 1143-1145.

Taiwan Ministry of Education. (1999). Curriculum outlines for "Nature Science and Living Technology". Taipei, Taiwan: Ministry of Education.

UNEP. (2012). 21 Issues for the 21st Century: Result of the UNEP Foresight Process on Emerging Environmental Issues. United Nations Environment Programme (UNEP). Nairobi, Kenya.

UNESCO (2003), "UNESCO and the International Decade of Education for Sustainable Development (2005–2015)", UNESCO International Science, Technology and Environmental Education Newsletter, Vol. XXVIII, no. 1–2, UNESCO, Paris.

UNESCO (2005) International Implementation Scheme for the UN Decade of Education for Sustainable Development, UNESCO, Paris.

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

Webb, N. L. (1997). Criteria for alignment of expectations and assessments in mathematics and science education. Washington, DC, Council of Chief State School Officers and National Institute for Science Education Research Monograph.

Wiliam, D. (2010). What Counts as Evidence of Educational Achievement? The Role of Constructs in the Pursuit of Equity in Assessment. Review of Research in Education, 34, 254-284.

Ziman, J. (1979). Reliable Knowledge. Cambridge: Cambridge University Press.

Documento basado en OECD (2017), PISA 2015 Assessment and Analytical Framework: Science, Reading, Mathematic, Financial Literacy and Collaborative Problem Solving, revised edition, PISA, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/9789264281820-en

PISA

URUGUAY

ANEP