



MARCO DE REFERENCIA
PARA LA EVALUACIÓN,
ICFES

Módulo Pensamiento Científico

Saber Pro

Versión inicial

Presidente de la República
Juan Manuel Santos Calderón

Ministra de Educación Nacional
Yaneth Giha Tovar

Viceministra de Educación Superior
Luz Karime Abadía Alvarado

Publicación del Instituto Colombiano para la
Evaluación de la Educación (ICFES)
© ICFES, 2016.
Todos los derechos de autor reservados.

Coordinadora de la publicación
Flor Ángela León Grisales

Elaboración del documento
Isabel Cristina Perilla de Zambrano
Néstor Naranjo
Esteban Felipe Acosta
Alfredo Torres

Edición del documento
Gloria Patricia Miranda

Diagramación
Angie Nathalia Chavarro Morcote

Directora General
Ximena Dueñas Herrera

Secretaria General
María Sofía Arango Arango

Director de Evaluación
Hugo Andrés Gutiérrez Rojas

Director de Producción y Operaciones
Álvaro Pérez Tirado

Directora de Tecnología
Ingrid Picón Carrascal

Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo

Oficina Gestión de Proyectos de Investigación

Subdirector de Producción de Instrumentos
Luis Javier Toro Baquero

Subdirector de Diseño de Instrumentos (E)
Hugo Andrés Gutiérrez Rojas

Subdirector de Estadística
Cristian Fernando Téllez Piñerez

Subdirectora de Análisis y Divulgación
Silvana Godoy Mateus

ISBN de la versión digital: En trámite

Bogotá, D. C., Noviembre de 2016



ADVERTENCIA

Todo el contenido es propiedad exclusiva y reservada del Icfes y es el resultado de investigaciones y obras protegidas por la legislación nacional e internacional. No se autoriza su reproducción, utilización ni explotación a ningún tercero. Solo se autoriza su uso para fines exclusivamente académicos. Esta información no podrá ser alterada, modificada o enmendada.

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE USO PARA PUBLICACIONES Y OBRAS DE PROPIEDAD DEL ICFES

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) pone a la disposición de la comunidad educativa y del público en general, **DE FORMA GRATUITA Y LIBRE DE CUALQUIER CARGO**, un conjunto de publicaciones a través de su portal www.icfes.gov.co. Dichos materiales y documentos están normados por la presente política y están protegidos por derechos de propiedad intelectual y derechos de autor a favor del Icfes. Si tiene conocimiento de alguna utilización contraria a lo establecido en estas condiciones de uso, por favor infórmenos al correo prensaicfes@icfes.gov.co.

Queda prohibido el uso o publicación total o parcial de este material con fines de lucro. **Únicamente está autorizado su uso para fines académicos e investigativos.** Ninguna persona, natural o jurídica, nacional o internacional, podrá vender, distribuir, alquilar, reproducir, transformar (!), promocionar o realizar acción alguna de la cual se lucre directa o indirectamente con este material. Esta publicación cuenta con el registro ISBN (International Standard Book Number, o Número Normalizado Internacional para Libros) que facilita la identificación no solo de cada título, sino de la autoría, la edición, el editor y el país en donde se edita.

En todo caso, cuando se haga uso parcial o total de los contenidos de esta publicación del Icfes, el usuario deberá consignar o hacer referencia a los créditos institucionales del Icfes respetando los derechos de cita; es decir, se podrán utilizar con los fines aquí previstos transcribiendo los pasajes necesarios, citando siempre la fuente de autor; lo anterior siempre que estos no sean tantos y seguidos que razonadamente puedan considerarse como una reproducción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del Icfes.

Asimismo, los logotipos institucionales son marcas registradas y de propiedad exclusiva del Icfes. Por tanto, los terceros no podrán usar las marcas de propiedad del Icfes con signos idénticos o similares respecto de cualesquiera productos o servicios prestados por esta entidad, cuando su uso pueda causar confusión. En todo caso queda prohibido su uso sin previa autorización expresa del Icfes. La infracción de estos derechos se perseguirá civil y, dado el caso, penalmente, de acuerdo con las leyes nacionales y tratados internacionales aplicables.

El Icfes realizará cambios o revisiones periódicas a los presentes términos de uso, y los actualizará en esta publicación.

El Icfes adelantará las acciones legales pertinentes por cualquier violación a estas políticas y condiciones de uso.

* La transformación es la modificación de la obra a través de la creación de adaptaciones, traducciones, compilaciones, actualizaciones, revisiones, y, en general, cualquier modificación que de la obra se pueda realizar, generando que la nueva obra resultante se constituya en una obra derivada protegida por el derecho de autor, con la única diferencia respecto de las obras originales que aquellas requieren para su realización de la autorización expresa del autor o propietario para adaptar, traducir, compilar, etcétera. En este caso, el Icfes prohíbe la transformación de esta publicación.

Contenido

Preámbulo	5
Introducción	6
1. Marco normativo	8
1.1 Saber 3.º, 5.º, 7.º y 9.º	8
1.2 Saber 11.º	8
1.3 Saber Pro	8
1.4 Alcance de los exámenes de Estado	9
2. Normativa relacionada	11
3. Origen del módulo	12
4. ¿Qué evalúa la prueba?	14
4.1 A quiénes evalúa la prueba	17
5. Diseño de la prueba	18
5.1 Componentes evaluados	18
5.2 Características de la prueba	20
5.3 Descripción del proceso de construcción de ítems	21
.....	
Referencias	23



PREÁMBULO

El presente documento constituye el marco de referencia del módulo Pensamiento Científico. Recoge las discusiones y observaciones hechas por los gestores de esta prueba desde la Subdirección de Producción de Instrumentos del Icfes y por asesores externos, expertos del área, durante 2014 y 2015.

Los informes que sirvieron como base de discusión fueron presentados en su momento por los gestores de prueba Javier Toro, Néstor Naranjo, Mabel González y Esteban Acosta. Dichos informes fueron presentados a un comité técnico del área de Ciencias Naturales, conformado por los doctores Carlos Corredor, Diógenes Campos, Agustín Moreno y José Luis Cuellar. Estos documentos se discutieron en varias reuniones a las cuales atendieron los gestores de prueba, el comité técnico y los asesores del Icfes, los profesores Adolfo Amézquita, Carlos Ávila, Isabel Cristina Perilla de Zambrano y Carlos Alberto Díez. Con base en las inquietudes de los miembros del comité y a partir de los resultados que se obtuvieron en las distintas aplicaciones del módulo Pensamiento Científico, se hicieron cambios paulatinos y se definieron estrategias que permitieron mejorar el módulo en cuanto a su divulgación y estructura.

Los documentos elaborados han contado con la participación de profesionales en las diferentes áreas de las ciencias naturales y exactas. En conjunto, tanto los gestores de prueba, como los asesores y los miembros del comité técnico son profesionales en Biología, Matemáticas, Física, Química y Geología, con amplia experiencia en la elaboración del examen Saber Pro, ya que han participado desde la génesis de este examen en la discusión de las competencias transversales que podían compartir los programas de una misma facultad y otros programas afines en su formación científica, así como en la elaboración de las especificaciones de prueba en distintas versiones de la misma.



INTRODUCCIÓN

En este marco de referencia, el Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) presenta el módulo específico de Pensamiento Científico, así como los objetivos de evaluación, la estructura y los conceptos desde los cuales se desarrollan las pruebas de este módulo, el cual hace parte del Examen de Estado para la Evaluación de la Educación Superior, Saber Pro. El objetivo principal de este documento consiste en responder las siguientes preguntas: ¿qué competencias se evalúan en el módulo de Pensamiento Científico? y ¿cómo el módulo evalúa dichas competencias?

Saber Pro, el Examen del Estado colombiano de la Calidad de la Educación Superior, fue diseñado con la colaboración de la comunidad académica, siguiendo las directrices establecidas por el Ministerio de Educación Nacional. Los resultados deben producir indicadores que permitan a las universidades e instituciones de educación superior tener información acerca del desempeño de sus estudiantes, información que pueda emplearse en la elaboración de planes de mejoramiento institucional; adicionalmente, pueden considerarse como un criterio para el ingreso a programas de posgrado y para la aplicación a programas de movilidad académica.

Con base en lo anterior, los siguientes constituyen los objetivos del examen Saber Pro:

- Comprobar el desarrollo de competencias de los estudiantes que están próximos a concluir programas de pregrado ofrecidos por instituciones de educación superior certificadas.
- Producir indicadores de valor agregado de la educación superior en relación con el nivel de competencias de quienes ingresan a ella, proporcionar información para la comparación entre programas, instituciones y metodologías de enseñanza; así mismo, para mostrar su evolución en el tiempo.
- Servir de fuente de información para la construcción de indicadores de evaluación de la calidad de los programas e instituciones de educación superior, así como del servicio público educativo. Se espera que estos indicadores fomenten la cualificación de los procesos institucionales y la formulación de políticas, y den soporte al proceso de toma de decisiones en todos los órdenes y componentes del sistema educativo.

De acuerdo con estos objetivos, el examen Saber Pro se divide en módulos que evalúan competencias consideradas fundamentales para los futuros egresados de programas de formación profesional, o competencias genéricas; es decir, competencias que deben desarrollar los estudiantes de cualquier programa de educación superior. Otros módulos, tal como el de Pensamiento Científico, evalúan competencias específicas, que son comunes a un grupo de programas académicos. Este módulo evalúa la capacidad que tienen los estudiantes de comprender, analizar y afrontar situaciones reales o abstractas con rigor científico.

Específicamente, el módulo de Pensamiento Científico se aplica a estudiantes de las carreras de ciencias: Biología, Ciencias de la Tierra, Física, Matemáticas, Estadística y Química; a estudiantes de algunas ingenierías: Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biológica, Ingeniería Biomédica, Ingeniería Civil, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería de Materiales, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería de Sonido,

Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecánica, Ingeniería de Minas, Ingeniería Geológica, Ingeniería Catastral y Geodesia, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería Financiera, Ingeniería de Alimentos, Ingeniería Química e Ingeniería de Procesos, entre otras; y a estudiantes de ciencias biológicas: Bioingeniería, Biología Ambiental y Ecología, entre otras; y ciencias de la salud: Bacteriología, Medicina y Microbiología, entre otras.

El módulo de Pensamiento Científico se estructuró con base en discusiones previas y pruebas realizadas antes del 2013, las cuales permitieron reconocer puntos comunes entre los programas académicos anteriormente mencionados, tales como aspectos evaluados y contenidos transversales a las carreras de ciencias, ciencias de la salud y algunas ingenierías. Además, este módulo se ha estructurado de tal forma que es coherente con los módulos de Ciencias Naturales que se evalúan en los exámenes Saber 3.º, 5.º, 7.º, 9.º y 11.º, el cual se basa en la premisa de que es posible definir una sola forma de evaluar las competencias de ciencias a nivel nacional.

El presente marco de referencia incluye los antecedentes que llevaron a la estructuración del módulo de Pensamiento Científico, las competencias que evalúa la prueba de acuerdo con el modelo basado en evidencias, el diseño de la prueba y las referencias bibliográficas que sirven de soporte a los contenidos y temáticas evaluadas en la prueba.



1. MARCO NORMATIVO

Los exámenes de Estado que realiza el Icfes están sustentados en la Ley 1324 de 2009. En esta ley se establece que el objeto del Icfes es “ofrecer el servicio de evaluación de la educación en todos sus niveles y adelantar investigación sobre los factores que inciden en la calidad educativa, con la finalidad de ofrecer información para mejorar la calidad de la educación” (artículo 12). Para estos efectos, en esta ley se le asigna al Icfes la función de desarrollar la fundamentación teórica de los instrumentos de evaluación, así como de diseñar, elaborar y aplicar estos instrumentos, de acuerdo con las orientaciones que defina el Ministerio de Educación Nacional –MEN– (artículo 12, numeral 2).

En este marco legal, el Icfes diseña, desarrolla, aplica, califica y entrega resultados de dos exámenes de Estado, Saber 11.º y Saber Pro. Adicionalmente, realiza un examen nacional por encargo del MEN para las pruebas de educación básica Saber 3.º, 5.º, 7.º y 9º.

Estas evaluaciones tienen su respaldo en las distintas leyes, decretos y normativas que aplican para cada una de ellas. A continuación, se describen brevemente las normas asociadas a cada examen, a partir de lo dispuesto en la Ley 1324 de 2009.

1.1 Saber 3.º, 5.º, 7.º y 9.º

Desde comienzos de la década de los noventa, el Icfes ha desarrollado e implementado el programa de evaluación Saber para educación básica. Este programa, conformado hoy por los exámenes Saber 3.º, 5.º, 7.º, y 9.º, forma parte del Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación. Como establece la Ley General de Educación, la operación de este sistema está a cargo del MEN y del Icfes (junto con las entidades territoriales) y su objetivo es “velar por la calidad [educativa], por el cumplimiento de los fines de la educación y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos [...], [de manera que] sea base para el establecimiento de programas de mejoramiento del servicio público educativo” (Ley 115 de 1994, artículo 80). Adicionalmente, a partir de la Ley 715 de 2001 se determinó que los exámenes Saber para la educación básica son de carácter obligatorio y de tipo censal, y que deben aplicarse cada tres años.

1.2 Saber 11.º

El Examen de Estado para el ingreso a la Educación Superior, también denominado Examen de Estado de la Educación Media Saber 11.º, se estableció como un requisito para ingresar a la educación superior en la Ley 30 de 1992 (artículo 14), de manera que sirviera a las universidades para propósitos de admisión de estudiantes.

El Decreto 869 de 2010 reglamenta la aplicación de este examen en el territorio nacional. Establece que es un instrumento estandarizado para la evaluación externa y que su estructura esencial “se

mantendrá por lo menos doce (12) años” (artículos 1 y 2). El examen integra, junto con los que se aplican en educación básica y al finalizar el pregrado, el Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación (artículo 1). En este sentido, también tiene como propósito evaluar la calidad de la educación impartida por los colegios. Esto quedó reglamentado en el Decreto 2343 de 1980, el mismo que volvió obligatoria la presentación del examen para ingresar a cualquier programa de educación superior (artículo 1). Adicionalmente, se estableció que el Icfes debía reportarle al MEN la información agregada de resultados por colegios, con el fin de que esa entidad tomara las medidas que aplicaran.

1.3 Saber Pro

La Ley 1324 de 2009 establece el Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior, Saber Pro, como un instrumento estandarizado para la evaluación externa de la calidad de la educación superior (artículo 7). También conforma, con otros procesos y acciones, el Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación, de manera que es otro de los instrumentos de los que el Gobierno Nacional “dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo y ejercer su inspección y vigilancia” (Decreto 3963 de 2009, artículo 1). Según reglamenta el anterior decreto, el diseño definitivo de los nuevos exámenes Saber Pro tendrá una vigencia de por lo menos doce años (artículo 3). Una vez sea adoptado de manera definitiva cada módulo de los exámenes, será posible iniciar la generación de resultados comparables.

1.4 Alcance de los exámenes de Estado.

Vale la pena señalar qué instancias participan en los procesos de evaluación de la educación y de qué manera lo hacen. Por un lado, las funciones que le competen al Icfes, al MEN y a otras entidades en la evaluación de la educación básica, media y superior se delimitan de la siguiente manera: el MEN define las políticas, los propósitos y los usos de las evaluaciones, al igual que los referentes de lo que se desea evaluar, en consulta con los grupos de interés. También hace seguimiento a estrategias y planes de mejoramiento. Así, a partir de los criterios definidos por el MEN, el Icfes diseña, construye y aplica las evaluaciones; analiza y divulga los resultados; e identifica aspectos críticos. Gracias al desarrollo de estas funciones, otras entidades, como las secretarías de Educación, los establecimientos educativos y las instituciones de educación superior, plantean, implementan y coordinan planes de mejoramiento.

Por otro lado, la asesoría académica y técnica también forma parte del desarrollo de las evaluaciones. Como se decía, se estableció que el diseño y la estructura de los exámenes de Estado tendrán una vigencia de por lo menos doce años. Los lineamientos para el diseño de los nuevos exámenes se definieron de acuerdo con la política de formación por competencias del MEN. Estas evaluaciones se han desarrollado en todas sus etapas (diseño, construcción de instrumentos, validación y calificación) con la participación permanente de las comunidades académicas y de las redes y asociaciones de facultades y programas, tanto en lo que se refiere a la educación básica y media

como a la superior. Además, desde 2013 se ha contado con la puesta en funcionamiento de los comités técnicos de área, que son una instancia consultiva y asesora de la Dirección para monitorear y hacer seguimiento a las evaluaciones que realiza el Icfes. Esta instancia está conformada por consultores y expertos de alto nivel en las distintas áreas evaluadas en los exámenes Saber.



2. NORMATIVA RELACIONADA

El Decreto 1781 de 2003 reglamentó y definió por primera vez el Examen de Calidad de la Educación Superior (ECAES) –actualmente Saber Pro– como “pruebas académicas de carácter oficial y obligatorio que forman parte, junto con otros procesos y acciones, de un conjunto de instrumentos que el Gobierno Nacional dispone para evaluar la calidad del servicio público educativo”. Posteriormente, la Ley 1324 de 2009, además de establecer los exámenes de Estado, reglamenta que deben ser pertinentes, es decir, “valorar de manera integral los contenidos académicos, los requerimientos del mercado laboral y la formación humanística del estudiante”.

Los programas de ciencias ofrecidos en Colombia se rigen por la Resolución 2769 de 2003. En su artículo 2, la resolución establece que “el programa deberá guardar coherencia con la fundamentación teórica, práctica y metodológica de la biología, la física, la geología, la matemática o de la química como disciplinas y profesiones, y con los principios y propósitos que orientan la formación desde una perspectiva integral, considerando, entre otros aspectos, las competencias y saberes que se espera posean los estudiantes”. Vale la pena recalcar que la resolución introduce la idea de saberes y competencias, y relaciona los primeros con la parte disciplinar y las segundas con la parte profesional. La resolución también establece como objetivos generales de la formación en ciencias la apropiación por parte del estudiante de los contenidos y métodos de su disciplina que le permitan participar en labores investigativas fundamentadas en la epistemología y en las prácticas científicas propias de su campo, desarrollar competencias de comunicación de conocimientos y resultados de la investigación, y aportar a la solución de problemas tanto en el campo específico como en contextos interdisciplinarios. Se incluye además la disposición para trabajar en equipo; el respeto a la riqueza natural, ambiental y cultural del país; y la capacidad de apropiarse de cambios científico-tecnológicos para adecuarlos a contextos locales. Vale la pena recalcar que las anteriores son, básicamente, las competencias que debe tener un estudiante egresado de una facultad de ciencias, teniendo claro que no todas pueden evaluarse en un examen de lápiz y papel, como es el examen Saber Pro.

La evaluación realizada mediante el módulo de Pensamiento Científico es la continuación de la evaluación en Ciencias Naturales que se realiza en los exámenes Saber 3.º, 5.º, 7.º, 9.º y 11.º, los cuales tiene como base los Estándares Básicos de Competencias establecidos por el MEN (Estándares Básicos de Competencias, 2006) y las orientaciones generales para la educación en tecnología (Ser Competente en Tecnología: ¡Una Necesidad para el Desarrollo!, 2008).

3. ORIGEN DEL MÓDULO

El módulo de Pensamiento Científico tiene su origen en los ECAES específicos que se aplicaron en el año 2006 a estudiantes de Biología, Física, Geología, Matemáticas y Química. La elaboración de las especificaciones de estas pruebas estuvo bajo la coordinación de la Asociación Colombiana de Facultades de Ciencias (Acofacien), la cual convocó a la comunidad académica de las facultades de ciencias en el país para definir los aspectos comunes que se enseñaban en cada una de estas carreras en las diferentes universidades. Con base en su experticia y conocimientos, a través de talleres realizados a nivel nacional, se establecieron las competencias científicas que permitan evaluar aspectos comunes. Hernández (2005, p. 5) discute diferentes definiciones del término *competencia*, y con base en ellas se aproxima a la *competencia científica* como “el conjunto de saberes, capacidades y disposiciones que hacen posible actuar e interactuar de manera significativa en situaciones en las cuales se requiere producir, apropiar o aplicar comprensiva y responsablemente los conocimientos científicos”. La noción de competencia resalta el hecho de que el aprendizaje y la ejecución están estrechamente ligados; un conocimiento se convierte en competencia cuando es útil en la ejecución de una tarea. Para los ECAES se definieron tres competencias básicas que debería tener todo estudiante de ciencias: interpretativa, argumentativa y propositiva, las cuales tienen como fundamento los aspectos importantes en la formación de un científico como ciudadano: reflexivo, analítico, autónomo, solidario, respetuoso, participativo, responsable, crítico y autocrítico, capaz de apropiar y gozar la herencia cultural y emplearla productivamente para entender y transformar el mundo. Debe quedar claro que aún en la actualidad este método de evaluación no privilegia una corriente didáctica ni a un determinado grupo social, por lo cual las evaluaciones han intentado tener como marco situaciones generales, que muestren contextos de distintas regiones del país y del mundo.

En el año 2009, el Ministerio de Educación Nacional solicitó a la comunidad académica tratar de encontrar las competencias transversales que deberían tener los programas que hacen parte de una misma facultad, o que podían compartir los programas de formación científica con otros programas, y cambió el nombre de la prueba a Saber Pro, en consonancia con las demás evaluaciones que realiza el ICFES. Esta modificación a los exámenes se hizo con el objeto de ampliar la cobertura de las pruebas, de evaluar competencias genéricas que trascendieran un programa específico y de medir valores agregados en las pruebas. Con base en las discusiones con la comunidad académica coordinadas por Acofacien se establecieron unas competencias transversales, específicas para las carreras de las facultades de ciencias (Corredor, 2011). En 2010 se hizo una primera aplicación de un módulo específico para las carreras adscritas a las facultades de ciencias, pero en 2011, con base en el informe del comité técnico coordinado por Acofacien, se evaluaron tres módulos específicos: a) indagar, b) modelar y c) comunicación científica.

En 2012 se iniciaron discusiones con pares nacionales e internacionales acerca de qué se entiende por competencia científica y se establecieron dos módulos diferentes de la competencia indagar, cada uno dirigido a una población diferente. Estas discusiones permitieron establecer el módulo de Pensamiento Científico como la competencia transversal que evalúa específicamente la formación científica de los estudiantes de las facultades de ciencias. De los módulos anteriores,

se encontró que la comunicación científica podía evaluarse en una de las competencias genéricas que evalúa Saber Pro y que las competencias de indagar y modelar eran evaluadas también para estudiantes de ingeniería y ciencias de la salud, por lo cual se decidió incluirlos en la evaluación a través de este módulo. El proceso de revisión y discusión de estas pruebas permitió ver la conveniencia de aplicar un núcleo común enfocado a revisar habilidades generales de un estudiante de cualquier carrera donde se incluya una formación científica y un núcleo específico que indaga por las mismas habilidades en un área de profundización particular, elegido por el director de los distintos programas en cada universidad.

4. ¿QUÉ EVALÚA LA PRUEBA?

Todos los estudiantes desarrollan competencias particulares a lo largo de su paso por la educación básica, media y universitaria; por su parte, el estudio de la ciencia desarrolla un pensamiento objetivo, racional y sistemático, por cuanto el científico parte de fenómenos reales, los analiza y presenta los problemas de manera clara y precisa, investiga sus causas y propone explicaciones en términos de leyes y principios. El conocimiento adquirido por el estudiante de este campo debe poder someterse a prueba y resistir el escrutinio de sus pares académicos. Adicionalmente y dada la complejidad de los sistemas que son objeto de estudio, se utilizan símbolos o modelos que constituyen *per se* un lenguaje propio de la ciencia y común a los científicos.

En el mundo actual, la ciencia y la tecnología son fundamentales para que el ser humano logre comprender su entorno, adoptar una postura crítica frente a la infinidad de hallazgos y aportar de una manera ética y responsable a su transformación. Hernández (2005) expresa claramente que cuando se habla de competencias científicas, se hace referencia a la capacidad de establecer un cierto tipo de relación con las ciencias. En este sentido, es necesario diferenciar entre las competencias científicas requeridas para hacer ciencia y aquellas que sería deseable desarrollar en todos los ciudadanos. Las características de ambas no son excluyentes y podría decirse que estas últimas son aquellas que se evalúan en los exámenes de educación básica y media. Las primeras se refieren a las competencias necesarias para resolver problemas y construir representaciones de tipos de fenómenos en el campo de investigación en el cual se desempeña el científico. De aquí puede inferirse que el eje de una competencia científica es la investigación, cuya base es la construcción de conocimiento verificable, el cual parte de la observación con o sin ayuda de instrumentos, seguido de un intento de explicación de los fenómenos, y en algunos casos, la aplicación de la investigación que se ha emprendido.

Corredor (2011, p. 35) resume en tres grandes procesos la investigación científica: “a) recolección y jerarquización de información; b) formulación de hipótesis y diseño de mecanismos para validarlas; y c) formulación de conclusiones válidas”.

La recolección de información incluye varios aspectos como son: qué tipo de información se debe recolectar; qué herramientas, instrumentos o procesos se deben usar; cómo se debe agrupar la información; cómo se debe jerarquizar la información; qué herramientas matemáticas deben usarse para expresar la información; qué pruebas estadísticas deben usarse para validar la calidad de la información obtenida, etc.

En el caso de formulación de hipótesis y de diseño de mecanismos para validarlas es necesario tener clara una pregunta de investigación, debe saberse formular una hipótesis que explique o resuelva la pregunta de investigación, debe formularse un objetivo general claro y una serie de objetivos específicos a resolver, debe formularse claramente la metodología para validar cada uno de los objetivos específicos propuestos, debe haber claridad acerca de los procesos experimentales y los instrumentos a utilizar, debe haber claridad acerca del tamaño de la muestra para que los resultados tengan validez estadística, debe haber claridad sobre los métodos

estadísticos que aseguren la validez de los resultados, debe haber claridad acerca de los métodos matemáticos para expresar los resultados, etc.

Finalmente, en cuanto a la formulación de conclusiones, es necesario que se demuestre la congruencia entre estas y la información recolectada, los métodos para obtenerla y los objetivos planteados; debe demostrarse la capacidad de acceder y comprender la literatura científica, particularmente aquella relacionada con la pregunta o preguntas de investigación; debe haber claridad en la manera como se contrastan los resultados obtenidos y los hechos generalmente aceptados por la comunidad científica; debe existir la capacidad de aplicar las conclusiones obtenidas a situaciones nuevas relacionadas, etc.

Otra parte fundamental en la actividad científica es la construcción de modelos para entender o explicar el mundo natural. Los modelos pueden definirse como representaciones simplificadas, no copias, de un sistema, que concentran la atención en aspectos específicos. Por su parte, Cartier, Rudolph y Stewart (2001) definen los modelos como conjuntos de ideas que describen un proceso natural. La construcción y uso de los modelos depende de las preguntas que se desean contestar; por lo tanto, no son únicos y pueden ir cambiando para acomodarse a la evidencia de los hechos observados. La relación entre la complejidad y la precisión de un modelo no es necesariamente proporcional, aún los modelos sencillos pueden ser usados para explicar un fenómeno si satisfacen los propósitos para los cuales fueron creados. Teniendo en cuenta que los modelos son representaciones simplificadas, es muy importante conocer sus limitaciones, ya que son construidos con base en la analogía que puedan tener con el fenómeno de estudio. En suma, los modelos son útiles en la comprensión de teorías abstractas y permiten la visualización de relaciones entre diferentes fenómenos; además, pueden llegar a proporcionar explicaciones o predicciones de fenómenos naturales (Gilbert & Boulter, 1998).

Aunque es claro que un egresado de una carrera de ciencias no está en capacidad de realizar investigación autónomamente, sí debe estar en capacidad de realizar un pequeño tema de investigación o colaborar en campos de investigación más amplios. Esto implica que debe estar en capacidad de observar fenómenos naturales y hacerse preguntas acerca de su naturaleza, de la forma en que ocurren y de las condiciones en que se desarrollan, estableciendo estrategias adecuadas para abordar y resolver problemas. Además, debe conocer métodos para adquirir información de manera sistemática, proponer modelos adecuados a los fenómenos o procesos, derivar conclusiones y comunicar sus resultados de investigación. Este tipo de competencias científicas son la que, para propósitos de certificación y diagnóstico, se evalúan en el módulo de Pensamiento Científico de la prueba Saber Pro. La capacidad de realizar investigaciones de forma autónoma se alcanza cuando el estudiante ha desarrollado sus estudios a nivel de doctorado.

En resumen, la competencia de Pensamiento Científico se define como la capacidad que tienen los estudiantes de comprender, analizar y afrontar situaciones reales o abstractas con rigor científico. Las preguntas de la prueba se orientan a evaluar acciones como:

- Plantear preguntas y proponer explicaciones o conjeturas que puedan ser abordadas con rigor científico.

- Establecer estrategias adecuadas para abordar y resolver problemas.
- Adquirir e interpretar información para abordar y entender una situación problema.
- Analizar críticamente los resultados y derivar conclusiones.
- Comprender, comparar, utilizar o proponer modelos que permitan describir, explicar y predecir fenómenos o sistemas.

Con respecto al primer punto, la formación científica capacita al estudiante para plantear preguntas que puedan ser investigadas científicamente acerca de la naturaleza de los fenómenos observados, de cómo se desarrollan y de las condiciones en que ocurren.

El segundo punto indica que debe estar en capacidad de proponer objetivos y estrategias de trabajo para resolver problemas empleando teorías y conceptos de las ciencias, que sean pertinentes según el problema planteado.

El tercer punto se refiere a la capacidad de recolectar información pertinente, jerarquizarla e interpretarla a partir de diferentes representaciones, utilizando las herramientas conceptuales necesarias.

El cuarto punto se refiere a derivar conclusiones congruentes con las preguntas y objetivos planteados y con los métodos para obtener la información teniendo en cuenta sus alcances y limitaciones.

El último punto implica una cierta capacidad de abstracción para proponer modelos que expliquen un fenómeno dado y que puedan estar sujetos a experimentación o demostración para establecer su validez.

La estructura del módulo de *pensamiento científico* permite evaluar la capacidad de los estudiantes para desarrollar una investigación básica en las distintas áreas del conocimiento donde se incluya una formación científica, la cual es una competencia transversal para las carreras de ciencias naturales, ingeniería y ciencias de la salud. Por esta razón los contextos en que se elaboran las preguntas deben poder ser interpretados y comprendidos por los estudiantes de estas carreras; de este modo, hay contextos de las ciencias físicas, contextos químicos, contextos matemáticos y estadísticos, y contextos de ciencias de la Tierra, sin pretender evaluar conocimientos y conceptos específicos propios de cada disciplina. Esta competencia transversal se evalúa en un núcleo común, el cual es el mismo para todas las disciplinas e incluye el mismo número de preguntas de cada uno de los componentes mencionados anteriormente. Es decir, la prueba no constituye un examen específico para cada programa y no pretende evaluar aspectos conceptuales propios de cada disciplina o profesión; al mismo tiempo, la prueba reconoce diferencias entre estas disciplinas y por esta razón indaga sobre las mismas habilidades en contextos específicos de cada área, en aquella que sea más cercana a la carrera que cursa el estudiante, mediante módulos específicos para cada disciplina.

Vale la pena enfatizar que el módulo Pensamiento Científico del examen Saber Pro específicamente evalúa habilidades fundamentales que debe poseer un estudiante con formación en ciencias, que

no son susceptibles de variar a lo largo del tiempo, pero no evalúa conocimientos y conceptos propios de cada disciplina. Algunas universidades realizan por su cuenta exámenes específicos para cada carrera, en los cuales se evalúan conocimientos más específicos y focalizados.

4.1 A quiénes evalúa la prueba

Este módulo está dirigido a estudiantes con una formación de carácter científico. Esta formación se da a lo largo de su vida académica en diferentes niveles: básico, secundario y superior. Aquellas carreras que tengan un núcleo de formación básico en Ciencias Naturales y Exactas (materias de biología, física, química, matemáticas y estadística, o ciencias de la Tierra), promueven el desarrollo en los estudiantes del Pensamiento Científico, el cual evalúa este módulo. Entonces, las carreras evaluadas son las de ciencias naturales y exactas, ingenierías, medicina y afines, como se menciona en la sección 5.2 de características de la prueba.

5. DISEÑO DE LA PRUEBA

5.1 Componentes evaluados

En todas las pruebas Saber, el Icfes utiliza el Modelo Basado en Evidencias para elaborar las especificaciones de la prueba. Según este modelo, lo que se quiere evaluar se define de acuerdo con una estructura de tres niveles denominados afirmaciones, evidencias y tareas.

Una *afirmación* es un enunciado que detalla capacidades, habilidades o conocimientos que pueden atribuirse a un estudiante. Al ser tan amplia la definición, no es directamente evaluable. Una o más afirmaciones conforman una competencia y de este modo, las afirmaciones describen de qué es capaz un estudiante que domina esa competencia. Las *evidencias* determinan las acciones que pueden acreditar que un estudiante cuenta con aquello descrito en una afirmación. Se trata entonces de operaciones que pueden dar muestra de la disposición de las capacidades, las habilidades o los conocimientos detallados en una afirmación. Por su parte, una *tarea* determina el desempeño de un estudiante al contestar una pregunta o seguir una instrucción derivada de la afirmación. De tal modo que un conjunto de tareas provee los elementos para sustentar una evidencia.

La competencia de Pensamiento Científico se define como la capacidad que tienen los estudiantes de comprender, analizar y afrontar situaciones reales o abstractas con rigor científico. Esta competencia incluye las siguientes habilidades o afirmaciones:

- Plantear preguntas y proponer explicaciones o conjeturas que puedan ser abordadas con rigor científico.

Los desempeños o evidencias evaluados en esta habilidad son:

- Plantear preguntas adecuadas para estudiar eventos o fenómenos con rigor científico.
- Proponer explicaciones o conjeturas de eventos o fenómenos que son consistentes con modelos y/o teorías científicas.

- Establecer estrategias adecuadas para abordar y resolver problemas.

Los desempeños o evidencias evaluados en esta habilidad son:

- Proponer objetivos acordes con las hipótesis o conjeturas formuladas.
- Seleccionar estrategias apropiadas para resolver un problema de investigación.
- Reconocer variables y parámetros y establecer sus restricciones y utilizar información pertinente para desarrollar una estrategia de investigación.

- Adquirir e interpretar información para abordar y entender una situación problema.

Los desempeños o evidencias evaluados en esta habilidad son:

- Encontrar, evaluar y utilizar información pertinente para un estudio científico.
- Representar información en gráficas, diagramas o tablas.
- Interpretar información representada en gráficas, diagramas o tablas.
- Reconocer y/o estimar la incertidumbre en un sistema, fenómeno o proceso.
- Integrar herramientas conceptuales, matemáticas y estadísticas para interpretar información derivada de un estudio de carácter científico.

- Analizar críticamente los resultados y derivar conclusiones.

Los desempeños o evidencias evaluados en esta habilidad son:

- Derivar conclusiones consistentes con información que las respalde.
- Evaluar la metodología o hipótesis inicial, las conjeturas o las posibles explicaciones a partir del análisis de los resultados.

- Comprender, comparar, utilizar o proponer modelos que permiten describir, explicar y predecir fenómenos o sistemas.

Los desempeños o evidencias evaluados en esta habilidad son:

- Comprender qué es un modelo y cuál es su relación con un sistema o fenómeno dado.
- Determinar las ventajas y limitaciones de usar un determinado modelo.
- Proponer o utilizar modelos para obtener información, hacer inferencias o predicciones.

La terminología utilizada en todas las carreras no siempre es la misma, por lo tanto para aumentar la precisión de los enunciados se incluyó el vocabulario alternativo que manejan las carreras que presentan la prueba en las especificaciones anteriores. Los componentes a evaluar en la prueba son contextos específicos de las ciencias biológicas, de ciencias físicas, de química, de matemáticas y estadística, y de ciencias de la Tierra, enmarcados en temas comunes para que los estudiantes de las carreras que presentan la prueba puedan interpretar y comprender lo mismo. De la misma forma, se procura utilizar un vocabulario accesible a todos los estudiantes que la presentan, basado en conocimientos que adquirieron los estudiantes en sus cursos básicos o en su educación media.

5.2 Características de la prueba

El examen Saber Pro está dirigido a estudiantes de educación superior que han completado el 75% de su plan de estudios. Este requisito contribuye al agrupamiento de una mayor cantidad de estudiantes para generar resultados más significativos y robustos para los diferentes programas curriculares.

El módulo de Pensamiento Científico está construido de tal forma que se alinea con las especificaciones desarrolladas en las pruebas de Ciencias Naturales de los exámenes de Saber 3.º, 5.º, 7.º, 9.º y 11.º (Icfes, 2016). Esta alineación permite definir una sola forma de evaluar las competencias de ciencias en el país, con base en una definición de ciencias común a distintos niveles educativos en Colombia.

El módulo de pensamiento científico consta de 40 preguntas cerradas de selección múltiple con única respuesta, de las cuales 25 preguntas corresponden al núcleo común y están enfocadas en evaluar habilidades generales de un estudiante de cualquier carrera que incluya una formación científica. Las 15 preguntas restantes corresponden al núcleo específico e indagan por las mismas habilidades en un área particular de profundización, la cual es elegida por cada uno de los programas universitarios. En este caso específico, los módulos de profundización incluyen: a) Ciencias Biológicas, b) Ciencias Físicas, c) Química, d) Matemáticas y Estadística, y e) Ciencias de la Tierra.

Hasta el momento, el módulo de Pensamiento Científico ha evaluado a los siguientes grupos de estudiantes por núcleo específico:

1. Pensamiento Científico - Ciencias Biológicas: Bacteriología, Bacteriología y Laboratorio Clínico, Bioingeniería, Biología, Biología Ambiental, Biología Aplicada, Biología con énfasis en Recursos Naturales, Biología Marina, Biotecnología, Ecología, Ecología de Zonas Costeras, Ingeniería Biotecnológica, Ingeniería Ambiental, Ingeniería Biológica, Ingeniería Biomédica, Medicina, Microbiología, Microbiología Agrícola y Veterinaria, Microbiología Industrial y Microbiología Industrial y Ambiental.
2. Pensamiento Científico - Ciencias Físicas: Física, Ingeniería Aeronáutica, Ingeniería Civil, Ingeniería de Materiales, Ingeniería de Sonido, Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería Mecatrónica, Ingeniería Física e Ingeniería Mecánica.
3. Pensamiento Científico - Ciencias de la Tierra: Ingeniería de Minas y Metalurgia, Ingeniería Geológica, Ingeniería Catastral y Geodesia, Ingeniería Topográfica, Ingeniería de Minas, Geología e Ingeniería de Petróleos.
4. Pensamiento Científico - Matemáticas y Estadística: Estadística, Ingeniería Civil, Ingeniería de Sistemas, Ingeniería de Sistemas con énfasis en Software, Ingeniería de Sistemas con énfasis en Telecomunicaciones, Ingeniería de Sistemas de Información, Ingeniería de Sistemas e Informática, Ingeniería de Sistemas y Computación, Ingeniería de Sistemas y Telecomunicaciones, Ingeniería Financiera, Ingeniería Financiera y de Negocios, Ingeniería Matemática, Matemática Aplicada, Matemáticas y Matemáticas con énfasis en Estadística.

5. Pensamiento Científico - Química: Ingeniería de Alimentos, Ingeniería de Procesos, Ingeniería Química, Química, Química Ambiental, Química de Alimentos y Química Industrial.

Hay algunos aspectos en los cuales un estudiante con formación científica debe ser competente pero que no son evaluados en Saber Pro. Uno de ellos es la capacidad de desenvolverse apropiadamente en un laboratorio, la manipulación adecuada de los instrumentos y los materiales, lo cual no es posible de evaluar en una prueba escrita estandarizada con preguntas de selección múltiple con única respuesta. Otros aspectos no evaluados incluyen la capacidad para trabajar en equipo y la comunicación científica; sin embargo, algunos aspectos de esta competencia se evalúan en la competencia genérica de comprensión de lectura, otros como la jerarquización y selección de la información son de difícil evaluación.

5.3 Descripción del proceso de construcción de ítems

En el siguiente diagrama se esquematiza el proceso de elaboración de ítems para el módulo de Pensamiento Científico.



Como se observa en el diagrama, la construcción de ítems es un trabajo conjunto entre profesionales de las diferentes áreas y el equipo de gestores de pruebas del Icfes. Los gestores contactan al equipo de constructores, profesionales con el perfil requerido en la prueba, y les asignan especificaciones de la prueba para que con esta información diseñen un ítem. Cada ítem se somete a la revisión del equipo de gestores, quienes sugieren cambios para que se ajuste satisfactoriamente a las especificaciones asignadas. Una vez el equipo de gestores aprueba la versión del ítem, pasa a revisión por un experto, quien da su concepto acerca del contenido técnico y conceptual del ítem.

Después de ser aprobado por gestores y expertos, se convoca a un grupo de profesores o estudiantes que conozcan la población a ser evaluada, para que den sus comentarios y sugerencias acerca de los ítems y lo que quieren evaluar. Cuando el conjunto de ítems es aprobado en todas las instancias anteriormente mencionadas, se estudia el comportamiento estadístico de estos en un pilotaje, el cual se realiza con una muestra significativa de la población que presenta la prueba.

Cuando se conoce el comportamiento estadístico de los ítems construidos, entran a la base de datos de ítems que se pueden aplicar en la prueba, y los cuales, dependiendo de las características de la misma (número de ítems, balance de especificaciones, umbral de dificultad) se les asigna una posición específica en el armado de la prueba. Este armado es revisado por un asesor que nunca haya tenido contacto con los ítems, para que realice la última revisión y ajuste de estos, antes de ser aplicados a la población a ser evaluada.



REFERENCIAS

- Cartier, J., J. Rudolph, & Stewart, J. (2001). *The Nature and Structure of Scientific Models*. Working Paper. The National Center for Improving Student Learning and Achievement in Mathematics and Science, pp. 1-8.
- Congreso de la República de Colombia (1992). Ley 30 de 1992: Por la cual se organiza el servicio público de la educación superior. *Diario Oficial*, 29 de diciembre de 1992, n° 40.700. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (1994). Ley 115 de 1994: Por la cual se expide la Ley General de Educación. *Diario Oficial*, 8 de febrero de 1994, N.° 41.214. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (2001). Ley 715 de 2001: Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución Política y se dictan otras disposiciones para organizar la presentación de los servicios de educación y salud, entre otros. *Diario Oficial*, 21 de diciembre de 2001, N.° 44.654. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (2009). Ley 1324 de 2009: Por la cual se fijan parámetros y criterios para organizar el sistema de evaluación de resultados de la calidad de la educación, se dictan normas para el fomento de una cultura de la evaluación, en procura de facilitar la inspección y vigilancia del Estado y se transforma el Icfes. *Diario Oficial*, 13 de julio de 2009, N.° 47.409. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (2009). Decreto 3963 de 2009: Por el cual se reglamenta el Examen de Estado de Calidad de la Educación Superior. *Diario Oficial*, 14 de octubre de 2009, N.° 47.502. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (2010). Decreto 869 de 2010: Por el cual se reglamenta el Examen de Estado de Educación Media, Icfes-Saber 11°. *Diario Oficial*, 18 de marzo de 2010, N.° 47.655. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- Corredor, C. (2011). *Marco de Referencia y Especificaciones de la Componente Específica de la Prueba Saber Pro en Ciencias Exactas y Naturales*. Informe del Comité Técnico presentado al Icfes.
- Gilbert, J.K. & Boulter, C. (1998). "Models in Explanations, Part I: Horses for Courses?", *Int. J.Sci. Educ.* 20(1), pp. 83-97.
- Hernández, C. A. (2005). ¿Qué son las "competencias científicas"?, pp. 1-30. Foro Educativo Nacional 2005.
- Icfes. (2016). Guía de Orientación. Módulo de Pensamiento Científico. Ciencias Biológicas. Saber Pro 2016-2.
- _____. (2016). Guía de Orientación. Módulo de Pensamiento Científico. Ciencias de la Tierra. Saber Pro 2016-2.

- _____. (2016). *Guía de Orientación. Módulo de Pensamiento Científico. Ciencias Físicas. Saber Pro 2016-2.*
- _____. (2016). *Guía de Orientación. Módulo de Pensamiento Científico. Matemáticas y Estadística. Saber Pro 2016-2.*
- _____. *Guía de Orientación. Módulo de Pensamiento Científico. Química. Saber Pro 2016-2.*
- _____. (2016). *Sistema Nacional de Evaluación Estandarizada de la Educación. Lineamientos Generales para la Presentación del Examen de Estado Saber 11, 3a ed., pp. 80-103.* Recuperado de www.icfes.gov.co/estudiantes-y-padres/guias-y-ejemplos-de-preguntas.
- Ministerio de Educación Nacional. (2003). Resolución N.º 2769 de 2003, por la cual se definen las características específicas de calidad para los programas de pregrado en Ciencias Exactas Naturales. *Diario Oficial*, 1 de diciembre de 2003. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (1980). Decreto 2343 de 1980, por el cual se reglamentan los exámenes de Estado para el ingreso a la educación superior. *Diario Oficial*, 18 de septiembre de 1980, N.º 35.603. Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (2006). *Estándares Básicos de competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas.* Bogotá, Imprenta Nacional de Colombia.
- _____. (2008). *Ser Competente en Tecnología: ¡Una Necesidad para el Desarrollo!* Bogotá, D. C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- Ruiz, R. (2006). *Historia y Evolución del Pensamiento Científico*, México. pp. 121-141. Recuperado de www.eumed.net/libros-gratis/2007a/257.

