

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR –ICFES–



FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL ÁREA DE CIENCIAS NATURALES

Autores:

Colegiatura de Biología:

Javier Toro Baquero (ICFES)
Carmen Reyes Blandón (Universidad Nacional)
Rosario Martínez (Universidad Nacional)

Colegiatura de Química:

Yanneth Castelblanco (ICFES)
Fidel Cárdenas (Universidad Pedagógica Nacional)

Colegiatura de Física

José Granés (Q. E. P. D.) (Universidad Nacional)
Carlos Augusto Hernández (Universidad Nacional)

Colaboración de:

Ana María Cárdenas (Ministerio de Educación)
Cindy Córdoba (Universidad Nacional)
Carlos Ostos (Universidad Nacional)

Lector internacional

Carles Furio Mas (Universidad de Valencia)

Bogotá, Mayo 2007

MARCO TEÓRICO DE LAS PRUEBAS DE CIENCIAS NATURALES

Grupo de Evaluación de la Educación Superior - ICFES
Claudia Lucia Sáenz Blanco

Grupo de Evaluación de la Educación Básica y Media - ICFES
Flor Patricia Pedraza Daza

© ICFES

Diseño y diagramación:
Secretaría General, Grupo de Procesos Editoriales – ICFES

ALVARO URIBE VÉLEZ
Presidente de la República

FRANCISCO SANTOS CALDERÓN
Vicepresidente de la República

CECILIA MARÍA VÉLEZ WHITE
Ministra de Educación Nacional

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE
LA EDUCACIÓN SUPERIOR



Director General

DIRECTORA GENERAL
MARGARITA PEÑA BORRERO

SECRETARIO GENERAL
GENISBERTO LÓPEZ CONDE

SUBDIRECTOR DE LOGÍSTICA
FRANCISCO ERNESTO REYES JIMÉNEZ

SUBDIRECTOR ACADÉMICO
JULIAN PATRICIO MARIÑO VON HILDEBRAND

OFICINA ASESORA DE PLANEACIÓN
CLAUDIA NATALIA MUJICA CUELLAR

OFICINA ASESORA JURÍDICA
MARTHA ISABEL DUARTE DE BUCHHEIM

OFICINA DE CONTROL INTERNO
LUIS ALBERTO CAMELO CRISTANCHO

TABLA DE CONTENIDO

1. POLÍTICA EDUCATIVA EN COLOMBIA PARA LAS CIENCIAS NATURALES	8
2. FORMACIÓN EN CIENCIAS NATURALES EN EL CONTEXTO NACIONAL	9
3. MARCO LEGAL EVALUACIÓN EXTERNA.....	11
4. PROPÓSITOS DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS.....	12
5. HACIA UNA CONCEPCIÓN DE COMPETENCIA.....	14
6. LAS COMPETENCIAS GENERALES BÁSICAS	15
6.1 Interpretar, argumentar y proponer como competencias generales básicas	16
6.2 Competencias generales básicas en el contexto escolar.....	16
7. COMPETENCIAS ESPECÍFICAS EN CIENCIAS NATURALES	17
7.1 Identificar. Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos.	18
7.2 Indagar. Capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados y para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas.....	19
7.3 Explicar. Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos.	20
7.4 Comunicar. Capacidad para escuchar, plantear puntos de vista y compartir conocimiento.....	21
7.5 Trabajar en equipo. Capacidad para interactuar productivamente asumiendo compromisos.....	22
7.6 Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.	23
7.7 Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente.....	24
8. ALCANCES Y LIMITACIONES DE UNA EVALUACIÓN.....	25
9. LAS PRUEBAS SABER.....	27
9.1 Alcances y límites de las pruebas SABER	28
9.2 Utilidad de la prueba SABER para los distintos actores de la comunidad educativa ...	28
9.3 Objetivos de las pruebas SABER.....	29
10. ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE LA PRUEBA.....	31
10.1 Competencias Generales y Competencias Específicas	32
10.2 Niveles de Competencia	34
10.2.1 Grado 5º	35
10.2.2 Grado 9º	36
10.3 Los Componentes	35
10.3.1 Entorno Vivo	35
10.3.2 Entorno Físico.....	36
10.3.3 Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)	37
EJEMPLOS DE PREGUNTAS	37
12. BIBLIOGRAFÍA	44
EXAMEN DE ESTADO.....	44
RPRUEBA DE BIOLOGÍA	46
INTRODUCCIÓN	46
1. PROPÓSITOS DE LA EVALUACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y EN BIOLOGÍA.....	47
2. ESTRUCTURA DE LA PRUEBA.....	48
2.1 Los Contextos de la prueba	49
2.2 LOS COMPONENTES	49
2.2.1 Componente: CELULAR	50
2.2.2 Componente: ORGANÍSMICO.....	51
2.2.3 Componente: ECOSISTÉMICO	53
2.3 LAS COMPETENCIAS	55

2.4 EJEMPLOS DE PREGUNTAS POR COMPETENCIA	56
2.5 PROFUNDIZACIÓN	59
2.6 EJEMPLOS DE PREGUNTAS PROFUNDIZACIÓN	59
BIBLIOGRAFÍA	61
PRUEBA DE QUÍMICA	64
1. CONTEXTO ACTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA.....	64
2. CONTEXTO DE LA QUÍMICA PARA LA EVALUACIÓN	65
2.1 El objeto de estudio de la Química	65
3. ESTRUCTURA DE PRUEBA	68
3.1 Los componentes	70
3.2 Las competencias	71
3.3 Niveles de Competencia	71
EJEMPLOS DE PREGUNTAS	73
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXO 1	79
PRUEBA DE FÍSICA	83
CONTEXTO DE LA FÍSICA PARA LA EVALUACIÓN	83
3.1 ¿Qué es Física?	83
Componente 1: Mecánica clásica de partículas	87
Componente 2: Termodinámica.....	88
Componente 3: Eventos ondulatorios.....	89
Componente 4: Eventos electromagnéticos.....	90
IDENTIFICAR	92
EXPLICAR	92
INDAGAR	92
Niveles de competencia	96
Referencias Bibliográficas	99

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene los principios teóricos y la estructura propuesta por la colegiatura de ciencias naturales, como base para el diseño y la elaboración de las pruebas SABER, que son también extensivos a las pruebas de Estado. A partir de los contenidos de este documento se han diseñado y se han elaborado las pruebas aplicadas el año pasado y las que están por aplicarse en el año próximo.

En su contenido el documento recoge algunas ideas actuales de la didáctica de las ciencias naturales y presenta, según el juicio experto¹, gran similitud con algunos resultados de la línea actual de investigación sobre 'Lenguaje y Didáctica de las Ciencias' en la escuela primaria y secundaria. Así mismo, el documento se presenta coherente con el pensamiento de algunos investigadores de la educación en ciencias, quienes destacan la necesidad de una educación científica de alta calidad para que los futuros ciudadanos y ciudadanas puedan participar en la toma de decisiones de carácter social y en particular, en aquellas relacionadas con los impactos en las sociedades de la ciencia y de la tecnología (Lemke, 2006)

En relación con su presentación y organización el documento se encuentra dividido en doce numerales, cuyos temas, si bien están altamente relacionados entre sí, ostentan un grado de independencia tal que pueden ser abobados para su lectura de manera independiente a juicio de cada lector.

Desde la "Política educativa en Colombia para las ciencias naturales", en el primer numeral, se hace una ubicación de las directrices que se han formulado en el país sobre la educación en ciencias, a partir de la Constitución política de 1991 y la ley 115 o ley general de educación de 1994. Con un poco más de detalle, en el numeral 2, "Formación en ciencias naturales en el contexto nacional" se destacan los fines de la educación básica y media y sus objetivos específicos. En el numeral 3, aún en el contexto de la normatividad legal vigente, se recogen las ideas centrales de lo que ha sido y lo que debe ser la evaluación externa en el contexto nacional, que se inició con los exámenes de Estado para el ingreso a la educación superior y continuó luego con las pruebas SABER o de calidad de la educación y se extiende ahora a los exámenes calidad de la educación superior ECAES.

Ya en el numeral cuatro se presentan los objetivos que persigue la educación en ciencias, desde el punto de vista de la formación de la persona y del desarrollo de sus capacidades como ser humano. En el numeral cinco, "Hacia una concepción de competencia", se presenta una concepción de competencias en los siguientes términos: **capacidad de saber actuar e interactuar en un contexto material y social.**

Con base en esta concepción de competencia, se abordan los numerales seis y siete en los cuales, bajo los títulos de "las competencias generales básicas" y "competencias específicas en ciencias naturales", se plantea la estructura propiamente dicha de lo que es el marco teórico que sostiene la elaboración de las pruebas; para este propósito se definen, en primer lugar, las competencias generales básicas: interpretar, argumentar y proponer y, en segundo lugar, las competencias específicas para ciencias naturales: identificar, indagar, explicar, comunicar, trabajar en equipo, disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento y la disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y asumirla responsablemente. En este último caso, se hace diferencia entre las competencias que son susceptibles de evaluar en una prueba de carácter masivo como SABER y examen de Estado y aquellas, que aunque en estos momentos no los son, deben ser objeto de evaluación y seguimiento en contextos más limitados como el aula de clase.

¹ Este documento fue revisado por Carles Furió, Universidad de Valencia, España. Diciembre 2006.

En el numeral ocho, “alcances y limitaciones de una evaluación” además de destacar la importancia que tiene la evaluación que se desarrolla de manera continua en el aula de clase en la interacción docente estudiante, se establecen algunos alcances y limitaciones de las pruebas de cobertura masiva como SABER y ESTADO. En el numeral nueve, “propósitos de las pruebas SABER” el lector puede encontrar los propósitos de las pruebas antes mencionadas y algunos de los posibles usos que puede tener la información que se obtiene mediante ellas para los distintos estamentos de la comunidad educativa.

Los últimos dos numerales son de carácter específico y están relacionados directamente con los dominios de conocimiento acerca de los cuales versan las pruebas SABER y examen de ESTADO. Bajo el título “Estructura y componentes de la prueba SABER”, en el documento se presentan, para cada uno de los grados quinto y noveno, las competencias específicas con sus respectivos niveles que son objeto de evaluación; así mismo, se encuentran descritos los componentes de las ciencias naturales que se incluyen en la evaluación en términos de Entornos así: entorno vivo, entorno físico y entorno ciencia tecnología sociedad y ambiente. En el numeral “Estructura de examen de Estado en ciencias naturales” se presentan, en el documento, algunos ajustes propuestos al marco teórico del año 2000 “examen de estado cambios para el siglo XXI”. Las competencias que se manejan en esta prueba son las propuestas para la evaluación en ciencias, pero los componentes están descritos como las distintas aproximaciones de abordar los lenguajes de cada una de las disciplinas: Biología, Química y Física.

Finalmente, el documento termina con una bibliografía que de una parte, permite dar crédito a los pensadores de los cuales se han tomado ideas para la elaboración del mismo y de otra, pretende servir de orientación para aquellos lectores e interesados en la educación en ciencias para que profundicen en ellos.

1. POLÍTICA EDUCATIVA EN COLOMBIA PARA LAS CIENCIAS NATURALES

La Constitución Colombiana de 1991² señala las normas generales para regular el Estado Social de Derecho del pueblo colombiano y asegurar a sus integrantes la vida, la convivencia, el trabajo, la justicia, la igualdad, el conocimiento, la libertad y la paz, dentro de un marco jurídico, democrático y participativo que garantice un orden político, económico y social justo. En este sentido, la educación a que tienen derecho todos los niños y las niñas de Colombia se fundamenta legalmente en los principios de la Constitución en sus artículos 45, 67, 70 y 79, los cuales se enuncian a continuación:

- El adolescente tiene derecho a la protección y a la formación integral. El Estado y la sociedad garantizan la participación activa de los jóvenes en los organismos públicos y privados que tengan a cargo la protección, educación y progreso de la juventud.
- La educación es un derecho de la persona y un servicio público que tiene una función social: con ella se busca el acceso al conocimiento, a la ciencia, a la técnica, y a los demás bienes y valores de la cultura. La educación formará al colombiano en el respeto a los derechos humanos, a la paz y a la democracia; y en la práctica del trabajo y la recreación, para el mejoramiento cultural, científico, tecnológico y para la protección del ambiente. El Estado, la sociedad y la familia son responsables de la educación, que será obligatoria entre los cinco y los quince años de edad y que comprenderá como mínimo, un año de preescolar y nueve de educación básica... Corresponde al Estado regular y ejercer la suprema inspección y vigilancia de la educación con el fin de velar por su calidad, por el cumplimiento de sus fines y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos; garantizar el adecuado cubrimiento del servicio y asegurar a los menores las condiciones necesarias para su acceso y permanencia en el sistema educativo...
- El Estado tiene el deber de promover y fomentar el acceso a la cultura de todos los colombianos en igualdad de oportunidades, por medio de la educación permanente y la enseñanza científica, técnica, artística y profesional en todas las etapas del proceso de creación de la identidad nacional. La cultura en sus diversas manifestaciones es fundamento de la nacionalidad. El Estado reconoce la igualdad y dignidad de todas las que conviven en el país. El Estado promoverá la investigación, la ciencia, el desarrollo y la difusión de los valores culturales de la Nación.
- Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

La Constitución Política establece los principios sobre el derecho a la educación que tiene toda persona en las libertades de enseñanza, de aprendizaje, de investigación y de cátedra y en su carácter de servicio público. En este sentido, se fundamenta La Ley General de Educación, ley 115 de 1994, la cual señala las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social acorde con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad. Esta ley establece el fin del proceso educativo de un estudiante en el contexto nacional, el cual se expone a continuación:

² Constitución Política de Colombia de 1991.

“La educación debe favorecer el pleno desarrollo de la personalidad del educando, dar acceso a la cultura, al logro del conocimiento científico y técnico y a la formación de valores éticos, estéticos, morales, ciudadanos y religiosos, que le faciliten la realización de una actividad útil para el desarrollo socioeconómico del país” Artículo 92 (Ley 115, 1994)

2. FORMACIÓN EN CIENCIAS NATURALES EN EL CONTEXTO NACIONAL

La Ley General de Educación en su artículo 5º plantea los fines de la educación en los numerales 5, 7, 9, 10 y 12, que se exponen a continuación:

- “La adquisición y generación de los conocimientos científicos y técnicos más avanzados, humanísticos, históricos, sociales, geográficos y estéticos, mediante la apropiación de hábitos intelectuales adecuados para el desarrollo del saber”.
- “El acceso al conocimiento, la ciencia, la técnica y demás bienes y valores de la cultura, el fomento de la investigación y el estímulo a la creación artística en sus diferentes manifestaciones”.
- “El desarrollo de la capacidad crítica, reflexiva y analítica que fortalezca el avance científico y tecnológico nacional, orientado con prioridad al mejoramiento cultural y de la calidad de la vida de la población, a la participación en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas y al progreso social y económico del país”.
- “La adquisición de una conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del ambiente de la calidad de vida, del uso racional de los recursos naturales, de la prevención de desastres, dentro de una cultura ecológica y del riesgo y la defensa del patrimonio cultural de la Nación”.
- “La formación para la promoción y preservación de la salud y la higiene, la prevención integral de problemas socialmente relevantes, la educación física, la recreación, el deporte y la utilización adecuada del tiempo libre”.

Estos numerales permiten establecer una relación directa con la enseñanza en ciencias naturales. Dentro de la misma ley, se establecen los objetivos relacionados con las ciencias naturales para cada uno de los niveles de la educación formal, en los Artículos 16, 20, 21, 22 y 30 respectivamente:

- **Educación preescolar:** 1) “El desarrollo de la creatividad, las habilidades y destrezas propias de la edad, como también su capacidad de aprendizaje. 2) Estímulo a la curiosidad para observar y explorar el medio natural, familiar y social. 3) La vinculación de la familia y la comunidad al proceso educativo para mejorar la calidad de vida de los niños y las niñas en su medio. 4) La formación de hábitos de alimentación, higiene personal, aseo y orden que generen conciencia sobre el valor y la necesidad de la salud”.
- **Educación Básica:** 1) “Propiciar una formación general mediante el acceso, de manera crítica y creativa, al conocimiento científico, tecnológico artístico y humanístico y de sus relaciones con la vida social y la naturaleza, de manera tal que prepare al educando para los niveles superiores del proceso educativo y para su vinculación con la sociedad y el trabajo. 2) Ampliar y profundizar en el razonamiento lógico y analítico para la interpretación y solución de los problemas de la ciencia, la tecnología y la vida cotidiana. 3) Fomentar el interés y el desarrollo de actitudes hacia la práctica investigativa. 4) Propiciar la formación social, ética, moral y demás valores del desarrollo humano”.

Objetivos Específicos para la educación básica (primaria y secundaria) y Media:

- **Básica primaria:** 1) “El fomento del deseo de saber, de la iniciativa personal frente al conocimiento y frente a la realidad social, así como el espíritu crítico. 2) La comprensión básica del medio físico, social y cultural, en el nivel local, nacional, y universal, de acuerdo con el desarrollo intelectual y la edad. 3) La valoración de la higiene y la salud del propio cuerpo y la formación para la protección de la naturaleza y el ambiente”.
- **Básica secundaria:** 1) “El avance en el conocimiento científico de los fenómenos físicos, químicos y biológicos, mediante la comprensión de las leyes, el planteamiento de problemas y la observación experimental. 2) El desarrollo de actitudes favorables al conocimiento, valoración y conservación de la naturaleza y el ambiente. 3) La iniciación en los campos más avanzados de la tecnología moderna y el entrenamiento en disciplinas, procesos y técnicas que le permitan el ejercicio de una función socialmente útil. 4) La utilización con sentido crítico de los distintos contenidos y formas de información y la búsqueda de nuevos conocimientos con su propio esfuerzo”.
- **Educación Media:** 1) “La profundización en un campo de conocimientos avanzados de las ciencias naturales. 2) La incorporación de la investigación al proceso cognoscitivo, tanto de laboratorio como de la realidad nacional, en sus aspectos natural, económico, político y social. 3) El desarrollo de la capacidad para profundizar en un campo de conocimientos de acuerdo con las potencialidades e intereses. 4) La vinculación a programas de desarrollo y organización social y comunitaria, orientados a dar solución a los problemas de su entorno”³.

A partir de los fines de la educación, el Ministerio de Educación Nacional (MEN) en cumplimiento del Artículo 78, de la misma ley, genera los Lineamientos Curriculares⁴. En los lineamientos “el sentido del área de ciencias naturales y educación ambiental es precisamente el de ofrecerle a los estudiantes colombianos la posibilidad de conocer los procesos físicos, químicos y biológicos y su relación con los procesos culturales, en especial aquellos que tienen la capacidad de afectar el carácter armónico del ambiente”⁵. La apropiación de este conocimiento debe formar en el estudiante una actitud crítica y reflexiva sobre su entorno, que le permita ser consciente de los peligros que un ejercicio irresponsable de este saber puede generar sobre la naturaleza.

Estos lineamientos dieron las pautas para generar estrategias en el desarrollo de los Proyectos Educativos Institucionales (PEI), y en las actividades de aula y para propiciar cambios en la educación que tenía el país hasta ese momento. En la actual administración, el Gobierno Nacional se planteó como un propósito, en relación con la equidad social, generar unos Estándares Básicos de Competencias, en el sentido de orientar los procesos educativos y garantizar que todas las instituciones escolares del país ofrezcan a sus alumnos la misma calidad de educación.

Partiendo de lo anterior, en la ley 715 del 2001⁶, en su artículo 5º, se establecen pautas generales con las cuales se fortalecen los Lineamientos Curriculares, se definen las políticas educativas para la prestación del servicio e instrumentos que determinen la calidad de la

³ Ley general de Educación Ley 115 de 1994

⁴ El currículo se entiende como un conjunto de criterios, planes de estudio, programas, metodologías y procesos que contribuyen a la formación integral y a la construcción de la identidad cultural nacional, regional y local.

⁵ Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental, 1998

⁶ Ley 715, 2001

educación y se establecen puentes de comunicación entre la comunidad educativa y el MEN, así:

- “Formular las políticas y objetivos de desarrollo para el sector educativo y dictar normas para la organización y prestación del servicio”.
- “Establecer las normas técnicas curriculares y pedagógicas para los niveles de educación preescolar, básica y media, sin perjuicio de la autonomía de las instituciones Educativas y de la especificidad de tipo regional”.
- “Definir, diseñar y establecer instrumentos y mecanismos para la calidad de la educación”

En esta perspectiva se elaboran los Estándares Básicos de Competencias para las áreas de matemática, lenguaje, ciencias naturales y ciencias sociales. Estos estándares son entendidos “como criterios claros y públicos que permiten conocer lo que deben aprender los niños, niñas y jóvenes, y además establecen el punto de referencia de lo que están en capacidad de *saber* y *saber hacer* en contexto en cada una de las áreas y niveles”⁷. Estos estándares son ya un referente con el cual se establecen las propuestas de cambio en los PEI y currículos de las instituciones.

Los Estándares básicos de Competencias en Ciencias Naturales tienen un énfasis en competencias, buscando así el desarrollo de las habilidades y actitudes científicas por parte de los estudiantes. Para esto, los estándares recomiendan que se fomente en la educación en ciencias del país la capacidad de:

- Explorar hechos y fenómenos.
- Analizar problemas.
- Observar, recoger y organizar información relevante.
- Utilizar diferentes métodos de análisis.
- Evaluar los métodos.
- Compartir los resultados.

Además con estos estándares se busca que en las instituciones educativas se creen espacios adecuados para “que el estudiante construya un aprendizaje frente a la investigación y que se aproxime al conocimiento a través de la indagación. Esto implica que aprenda a recoger datos fidedignos, analizarlos y encontrar relaciones entre ellos, y a aprender a comunicar lo que ha descubierto, y todo esto debe estar estrechamente ligado con los conocimientos ya establecidos en las ciencias naturales tales como la física, la química o la biología. Con esta aproximación como científico, el estudiante podrá llegar a tener compromisos sociales que se relacionan con las ciencias sociales y con las competencias ciudadanas”⁸

3. MARCO LEGAL EVALUACIÓN EXTERNA

La evaluación externa nace como un proyecto cuando la Asociación Colombiana de Universidades y el Fondo Universitario Nacional firman el Acuerdo No.65 de 1966 a través del cual se organiza el Servicio de Admisión Universitaria y Orientación Profesional, cuyos objetivos fundamentales incluían la preparación, la administración y la evaluación de instrumentos, cuyos resultados sirviera a que los resultados sirvieran a las universidades para los procesos de selección de sus estudiantes.

⁷ Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales p.5

⁸ Altablero No 30, p 4

En 1980 el decreto 2343 de 1980 reglamenta los Exámenes de Estado para Ingreso a la Educación Superior, y establece que “Los Exámenes de Estado para Ingreso a la Educación Superior son pruebas académicas de cobertura nacional, de carácter oficial y obligatorio que tiene como propósito comprobar niveles mínimos de aptitudes y conocimientos de quienes aspiran a ingresar a las Instituciones del Sistema de Educación Superior.”, además “...ofrece a los examinados un tipo de evaluación homogénea y suministra a las instituciones de educación Superior un punto de referencia para definir sobre la admisión de sus alumnos”.

Este decreto señala que en las pruebas “... se evaluarán los conocimientos sobre las áreas básicas comunes a las diversas modalidades del bachillerato, de acuerdo con las disposiciones vigentes. Así mismo mediante pruebas especiales evaluarán la aptitud, habilidades o destrezas”.

Posteriormente el Decreto 1219, de 1985, reglamentó el artículo 6º del decreto 2343/80. En el sentido que “La vigencia de los resultados del Examen de Estado reglamentado por el Decreto 2343 de 1980 será indefinida. Con la Ley 30 de 1992 por la cual se reforma la educación superior, (que se encuentra vigente), ratifica el Examen de Estado para Ingreso a la Educación Superior como requisito de obligatorio cumplimiento, establece en el Artículo 14º, como requisitos para el ingreso a los diferentes programas de Educación Superior, además de los que señale cada institución, poseer el título de bachiller o su equivalente en el exterior y haber presentado el Examen de Estado para el ingreso a la Educación Superior.

El MEN en función de la calidad de la educación establece en el artículo 80 de la Ley 115 de 1994, la evaluación de la educación, el cual se expone a continuación:

- “Evaluación de la educación. De conformidad con el artículo 67 de la Constitución Política, el Ministerio de Educación Nacional, con el fin de velar por la calidad, por el cumplimiento de los fines de la educación y por la mejor formación moral, intelectual y física de los educandos, establecerá un Sistema Nacional de Evaluación de la Educación que opere en coordinación con el Servicio Nacional de Pruebas del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior, ICFES, y con las entidades territoriales y sea base para el establecimiento de programas de mejoramiento del servicio público educativo. El Sistema diseñará y aplicará criterios y procedimientos para evaluar la calidad de la enseñanza que se imparte, el desempeño profesional del docente y de los docentes directivos, los logros de los alumnos, la eficacia de los métodos pedagógicos, de los textos y materiales empleados, la organización administrativa y física de las instituciones educativas y la eficiencia de la prestación del servicio. Las instituciones que presenten resultados deficientes deben recibir apoyo para mejorar los procesos y la prestación del servicio. Aquéllas cuyas deficiencias se deriven de factores internos que impliquen negligencias y/o responsabilidad darán lugar a sanciones por parte de la autoridad administrativa competente...”.

Este artículo legitima la prueba SABER como un instrumento que establece los criterios y procedimientos que evalúan la calidad de la enseñanza que se imparte en el país.

4. PROPÓSITOS DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

La educación en las instituciones escolares debe ser un proceso a través del cual se contribuya a formar un ciudadano capaz de actuar y de vivir integralmente en la sociedad. La expresión vivir integralmente, en este contexto, ha de entenderse como el ejercicio pleno del derecho que tiene todo ser humano para formarse y construir durante su existencia un proyecto de vida que desarrolle sus potencialidades y que contribuya al progreso de la sociedad. En este sentido, la educación debe crear escenarios para que cada individuo perfeccione todas sus capacidades hasta los niveles más altos de excelencia.

Desde un ámbito más particular, la educación en ciencias tiene como tarea la formación de niños, niñas y jóvenes capaces de reconocer y diferenciar explicaciones científicas y no científicas acerca del funcionamiento del mundo y de los acontecimientos que en él suceden. En su recorrido por el estudio de las ciencias naturales en los distintos niveles de la educación, el estudiante entenderá que la ciencia tiene una dimensión universal, que es cambiante y entendible y que permite explicar y predecir. El alumno comprenderá que la ciencia es, ante todo, una permanente construcción humana de tipo teórico y práctico y entenderá que, en la medida en que la sociedad y la ciencia progresan, se establecen nuevas y diferentes relaciones de impacto mutuo entre la ciencia, la tecnología y la sociedad.

Otro objetivo de la educación en ciencias es desarrollar en los estudiantes la capacidad para establecer relaciones entre nociones y conceptos provenientes de contextos propios de la ciencia y nociones y conceptos provenientes de otras áreas del conocimiento, poniendo en ejercicio su creatividad, esto es, su capacidad para hacer innovaciones, producir nuevas explicaciones y contribuir a la transformación real de su entorno. La formación en ciencias debe desarrollar la capacidad crítica del estudiante, entendida ésta, como la pericia para identificar inconsistencias y falacias en una argumentación, para valorar la calidad de una información o de un mensaje y para asumir una posición propia. Lo anterior hace parte de los requerimientos del mundo moderno que exige la capacidad de interpretar y actuar socialmente de manera reflexiva, eficiente, honesta y ética.

Para alcanzar los objetivos anteriores, la educación en ciencias debe desarrollar en los estudiantes para desarrollar en ellos la capacidad de:

- formular preguntas, plantear problemas válidos, interpretarlos y abordarlos rigurosamente,
- construir distintas alternativas de solución a un problema o de interpretación de una situación y seleccionar con racionalidad la más adecuada,
- seleccionar y utilizar sus conocimientos en una situación determinada,
- trabajar en equipo, intercambiando conocimientos y puntos de vista,
- dar y recibir críticas constructivas y,
- tomar decisiones asumiendo sus posibles consecuencias.

En este mismo contexto, la educación en ciencias debe formar para el dominio del lenguaje de la ciencia, para la comunicación según distintas circunstancias y modalidades y en general, para la adaptación del ser humano a las situaciones cambiantes del mundo moderno. En este sentido, desde el punto de vista pedagógico, se debe tener en cuenta que, para lograr el dominio y la comprensión del lenguaje propio de las ciencias, el niño y la niña transita paulatinamente desde un universo de significados muy ligado a su realidad cercana, que se enriquece permanentemente, hasta alcanzar niveles cada vez más altos de abstracción y de generalización.

En relación con la formación de la persona, la educación en ciencias debe propender por el fomento del deseo y la voluntad de saber y por el desarrollo en los estudiantes de una actitud de rigor en el trabajo investigativo. Así mismo, debe preocuparse por desarrollar valores como la honestidad, la justicia y el respeto a las personas y a sus diferentes ideas y formas de pensar, y debe propender por una actitud ética frente a la vida sobre el planeta en todas sus expresiones. Se espera así, que el desarrollo de las competencias en ciencias contribuya a la formación de hombres y mujeres capaces de ejercer una ciudadanía ética, responsables y conscientes de que toda sociedad requiere para su funcionamiento un conjunto de normas y principios básicos que garanticen la convivencia armónica entre sus integrantes y la de estos con la naturaleza.

En términos generales, la formación en ciencias en el aula se organiza en tres ejes potencialmente útiles para la formación ciudadana:

- el de *los contenidos o académico*, que incluye el aprendizaje de las nociones y explicaciones de las ciencias,

- el de los procesos o formas de aproximarse al entendimiento del mundo natural y su devenir y,
- el del contexto social dentro del cual se lleva a cabo la formación en ciencias y la aplicación de los conocimientos para la solución de las necesidades humanas, esto es, el de las relaciones ciencia, tecnología y sociedad.

Este último eje de la educación en ciencias debe propender por la formación de un ciudadano que valore y analice críticamente las relaciones dinámicas que se generan día a día entre la ciencia, la tecnología y la sociedad, en lo que podría llamarse una educación en ciencias con compromiso social, es decir, con posibilidades de comprender y hacer uso de la ciencia en función del mejoramiento de la calidad de vida de las personas y de las comunidades (Gil, et al, 2005). Así mismo, la educación en ciencias debe ocuparse de la formación de los futuros ciudadanos con capacidad para emitir juicios de valor fundamentados acerca de las bondades y riesgos derivados de los adelantos científicos y tecnológicos.

Es pertinente tener presente, además, que en las instituciones escolares no se trata de formar científicos en sentido estricto se trata más bien de formar personas que sean capaces de reconstruir significativamente el conocimiento existente, aprendiendo a aprender, a razonar, a tomar decisiones, a resolver problemas, a pensar con rigurosidad y a valorar de manera crítica el conocimiento y su impacto en la sociedad y en el ambiente.

5. HACIA UNA CONCEPCIÓN DE COMPETENCIA

¿Por qué “competencias”?

Muchas cosas han cambiado en los últimos cincuenta años. En particular, es imposible ya predecir con alguna certeza el campo posible de acción de un profesional o elegir confiablemente los conocimientos básicos necesarios para la vida en una sociedad que se transforma rápidamente. Los nuevos medios de información y comunicación y, en general, las nuevas tecnologías han cambiado notablemente el panorama del trabajo y de la interacción entre los seres humanos. No se trata ahora de formar a los jóvenes para una vida predecible de antemano, sino de prepararlos para asumir retos siempre nuevos y para afrontar problemas futuros que no es posible imaginar en el presente. La escuela debe dar herramientas para una vida social que va a exigir iniciativa y apertura, flexibilidad y criterio; debe formar individuos capaces de formular sus propios problemas y de interpretar circunstancias inesperadas. Estas consideraciones justificarían la decisión de pensar la educación en términos de ampliar las posibilidades de acción, interacción e interpretación de los estudiantes y no sólo de asegurar la adquisición de ciertos conocimientos. La capacidad de actuar, interactuar e interpretar de cierto modo se llama “competencia”.

La noción de “competencia” que se emplea actualmente en el campo de la educación ha servido para replantear tanto los objetivos de la formación de los alumnos como también los fines y las estrategias de la evaluación. El énfasis en la apropiación de conocimientos y pautas de acción asociadas a los contenidos se ha desplazado al desarrollo de capacidades de acción e interacción y a la apropiación de las gramáticas básicas propias de los distintos campos del saber; se trata de asegurar el desarrollo de las capacidades para vivir productivamente en la sociedad, para continuar aprendiendo y para enfrentar situaciones nuevas.

En todos los niveles de la educación y en prácticamente todos los países del mundo se habla hoy de competencias pero no parece existir un consenso general sobre cuáles son esas competencias. El problema es determinar las competencias que deben desarrollarse en los distintos niveles y en los distintos campos. Mientras que para algunos estudiosos y para

algunas instituciones las competencias deben ser sólo unas pocas básicas, otros estudiosos han encontrado que algunos campos requieren varias competencias específicas para cubrir el universo de capacidades requerido. Las pruebas SABER y el Examen de Estado se orientan a la evaluación de las competencias. Por esta razón resulta pertinente hacer aquí una aproximación al concepto de competencia.

La competencia podría definirse como “capacidad de actuar en un contexto”, pero resulta conveniente explicitar, además de la dimensión de la acción, la de la interacción, no necesariamente comprendida en la primera. La acción puede pensarse como *acción sobre* algo, como actividad transformadora o creadora. Esta noción de acción es útil para el trabajo, pero no cubre las capacidades requeridas para la vida social. En la interacción es esencial la capacidad de aceptar al otro, de ponerse en su lugar; es esencial la disposición a escuchar y a conocer, la disposición a comprender. La dimensión receptiva de la competencia, que es esencial en el campo de las “competencias ciudadanas”, es importante también como disposición a aprender y como capacidad de trabajar en equipo, en todas las áreas.

La competencia implica un conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que determinan la realización de una acción en un contexto determinado; en dicho contexto el sujeto además debe mostrar un desempeño que se considera adecuado en la acción que realiza.⁹

Considerando lo anterior, aquí podríamos insistir en la competencia como *capacidad de saber actuar e interactuar en un contexto material y social*. El contexto puede ser una situación social o afectiva, un problema técnico o práctico, una decisión moral o una tarea individual o colectiva. Pero esta definición es demasiado general y resulta necesario explicitar mejor lo que se requiere para actuar e interactuar en un contexto social como el trabajo y la vida ciudadana.

6. LAS COMPETENCIAS GENERALES BÁSICAS

La sociedad se sostiene sobre la base de unos acuerdos básicos que la educación se encarga de promover. Los miembros de una sociedad reconocen la legitimidad de las leyes que los rigen en la medida en que comparten ideas sobre la justicia, el bien y la verdad. Esta comunidad de criterios, básica para mantener la unidad de la sociedad, está basada en una comunidad de conocimientos y formas de juzgar y actuar que se aprende en la escuela y que responde a un sentido de la educación expresado en los fines consagrados en la ley.

El trabajo y la interacción, que constituyen las dimensiones básicas de la vida social, se desarrollan sobre la base del acumulado simbólico (ciencia, arte, valores morales) a partir del cual tienen sentido las acciones de los ciudadanos. La apropiación y el cultivo de esta riqueza simbólica requieren unas ciertas competencias generales que son comunes a la vida ciudadana y al aprendizaje de los distintos modelos de representación de los fenómenos naturales y de los acontecimientos sociales.

Las competencias, como toda gran caracterización de la experiencia y de las potencialidades humanas, deben considerar las dimensiones de la ética, la estética y el conocimiento. En el proceso de formación, pensado como desarrollo de competencias, es fundamental tener en cuenta las anteriores dimensiones. Sin embargo, en una evaluación masiva sólo es posible dar

⁹ C. Vasco propone una definición de competencia que busca reconocer distintos elementos involucrados en la educación: “una competencia puede describirse más precisamente como un conjunto de conocimientos, habilidades, actitudes, comprensiones y disposiciones cognitivas, metacognitivas, socioafectivas y psicomotoras apropiadamente relacionadas entre sí para facilitar el desempeño flexible, eficaz y con sentido de una actividad o de cierto tipo de tareas en contextos relativamente nuevos y retos.”(Vasco, 1998)

razón de las acciones que se expresan a través de lo escrito. Por eso, para las pruebas SABER y la prueba de Estado se han tenido en cuenta tres competencias generales básicas. Esas competencias son, en primer lugar, la *interpretación* que hace posible apropiarse representaciones del mundo y, en general, la herencia cultural; en segundo lugar, la *argumentación* que permite construir explicaciones y establecer acuerdos y en tercer lugar, la *proposición* que permite construir nuevos significados y proponer acciones y asumirlas responsablemente previendo sus consecuencias posibles.

6.1 Interpretar, argumentar y proponer como competencias generales básicas

El lenguaje hace posible que nos relacionemos con los otros y que comprendamos el mundo que nos rodea. Lo que tiene sentido para nosotros adquiere ese sentido gracias al lenguaje. Nuestra experiencia humana está desde el comienzo mediada por el lenguaje. Aprendemos a relacionarnos con las cosas cuando aprendemos a nombrarlas. Lo que existe antes de nosotros o en nuestro entorno tiene un significado para nosotros los seres humanos cuando es nombrado, cuando es interpretado. El mundo que habitamos, entonces, es inevitablemente un mundo interpretado. La interpretación está en el origen de la condición humana. La competencia interpretativa es propia de todos los seres humanos.

De modo parecido, estamos siempre inmersos en un mundo social, hasta el punto de que sólo adquirimos conciencia de nosotros mismos a través de las relaciones que establecimos con otros seres humanos. Somos seres inevitablemente colectivos, incapaces de aprender a pensar y aún de sobrevivir humanamente sin la ayuda de otros. Estamos inmersos en el universo de la comunicación. En ese universo, las cosas no están simplemente dadas. Están de cierto modo “justificadas”; suponemos que existen razones, motivos o causas de que se dan las cosas. Argumentar es dar razón de algo, explicarlo o justificarlo. Explicar, discutir, comprender y dar razones de algo son formas de argumentar. La argumentación está dada desde nuestro nacimiento como una posibilidad de existencia social y de comprensión del mundo.

Las palabras se vinculan con las cosas, pero van más allá de las cosas. Las palabras (árbol, pájaro, casa, número, emoción) agrupan infinidad de particulares y abren la posibilidad de dar razón no sólo de las experiencias pasadas sino también de las nuevas experiencias. Contar con interpretaciones sobre lo que ocurre nos permite pensar de antemano las acciones. Imaginamos lo que haremos antes de llevarlo a cabo. Imaginar posibilidades es resultado natural de vivir en un mundo de lenguaje. La facultad de imaginar y proponer nuevas interpretaciones y cursos de acción, esto es, la competencia propositiva, es específicamente humana y pertenece a todos los individuos de la especie, aunque encuentre modos distintos de manifestarse y desarrollarse en cada uno.

No sobra insistir aquí en el vínculo esencial que existe entre interpretar, argumentar y proponer.

6.2 Competencias generales básicas en el contexto escolar

Como se ha dicho, interpretar, argumentar y proponer son competencias básicas que nos permiten vivir en sociedad. La educación hace posible el desarrollo de esas competencias, aportando nuevas interpretaciones, nuevos lenguajes y nuevas posibilidades de orientar las acciones.

Si consideramos el conjunto de las acciones que se realizan en el contexto de la vida escolar, podemos reconocer en ellas las mismas tres grandes dimensiones: la interpretación de textos, fenómenos o acontecimientos, la argumentación que sirve de base a las explicaciones y la proposición que permite imaginar nuevas acciones y prever sus resultados.

La academia se distingue por un entramado de interpretación, argumentación y proposición¹⁰. En la escuela se interpreta, se argumenta sobre las interpretaciones, se modifican las interpretaciones sobre la base de la argumentación, se proyectan acciones sobre la base de la interpretación y la argumentación, se interpretan los resultados de esas acciones, se argumenta sobre las interpretaciones de los nuevos resultados, se corrigen las interpretaciones previas y se diseñan nuevas formas de acción, etc. La cultura académica promueve un desarrollo orientado a afinar y enriquecer nuestras capacidades de interpretar, argumentar y proponer.

7. COMPETENCIAS ESPECÍFICAS EN CIENCIAS NATURALES

Las competencias básicas generales se desarrollan y diferencian a lo largo de la experiencia escolar. Aprendemos en la escuela una manera de relacionarnos con el acumulado simbólico heredado en las ciencias y las artes, con lo escrito y con la argumentación. Aprendemos a hacer uso del lenguaje hablado y escrito para planear nuestras acciones y hacer juicios o balances sobre ellas. Pensar en las competencias generales es básico en la formación escolar. Esta formación puede ser vista como un desarrollo permanente de la capacidad de lectura y escritura que implica la apropiación de lenguajes abstractos, como las matemáticas, y la familiaridad con ciertos significados que se definen en el marco simbólico de las teorías.

Todo aprendizaje, por ejemplo, aprender a leer y a escribir, aprender a hablar una lengua extranjera, aprender a bailar o a reconocer una melodía en el pentagrama, aprender a resolver problemas de física o matemáticas o aprender a interpretar cierto tipo de fenómenos abre nuevas posibilidades de actuar, interactuar y de sentir. Aunque la secuencia de los aprendizajes específicos puede variar, existe un cierto orden de apropiación de los conocimientos que asegura el empleo de lo conocido en el aprendizaje de lo desconocido. Lo que hemos aprendido nos capacita para aprender otras cosas, nos da nuevas competencias.

Cada área del conocimiento desarrolla formas particulares de comprender los fenómenos que le son propios y de indagar acerca de ellos. Puede decirse también que cada disciplina desarrolla lenguajes especializados y que a través de estos lenguajes las competencias generales adquieren connotaciones y formas de realización específicas. Para dar cuenta de esta especificidad en la enseñanza de las ciencias naturales conviene definir ciertas competencias específicas que dan cuenta de manera más precisa de la comprensión de los fenómenos y del quehacer en el área.

Se definen, entonces, para el área de las ciencias naturales siete competencias específicas que corresponden a capacidades de acción que se han considerado relevantes; pero solo tres de ellas, Identificar, Indagar y Explicar, son evaluadas. Las otras cuatro competencias: Comunicar, Trabajar en equipo, Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y Disposición para aceptar la naturaleza cambiante del conocimiento deben

¹⁰ MOCKUS, Antanas (1995), "La Misión de la Universidad" en Reforema Académica: Documentos, Universidad Nacional, Bogotá.

desarrollarse en el aula, aunque de momento no se puedan rastrear desde una evaluación externa.

Las competencias específicas en ciencias naturales se deben desarrollar desde los primeros grados de la educación, de manera que el estudiante vaya avanzando paulatinamente en el conocimiento del mundo desde una óptica que depende de la observación de los fenómenos y de la posibilidad de dudar y preguntarse acerca de lo que se observa. De esta manera el estudiante aprenderá a interactuar de manera lógica y propositiva en el mundo en que se desarrolla.

No es difícil ver que se requieren las competencias generales para identificar las preguntas científicas, para explicar científicamente los fenómenos y para usar la evidencia científica. Las competencias generales son condición para la apropiación de las herramientas conceptuales y metodológicas que requiere el desarrollo del pensamiento científico y para valorar de manera crítica la ciencia. El ejercicio de la interpretación, la argumentación y la construcción de nuevas alternativas de acción es clave para reconocer el valor de las ciencias y para desarrollar la capacidad de seguir aprendiendo.

Explicación de Las competencias específicas en el área de ciencias naturales

A continuación se nombran las competencias específicas que se ha considerado importante desarrollar en el aula de clase.

1. *Identificar.* Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos.
2. *Indagar.* Capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados y para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas.
3. *Explicar.* Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos.
4. *Comunicar.* Capacidad para escuchar, plantear puntos de vista y compartir conocimiento.
5. *Trabajar en equipo.* Capacidad para interactuar productivamente asumiendo compromisos.
6. *Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.*
7. *Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente.*

7.1 Identificar. Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre estos fenómenos.

Esta competencia se desarrolla, como las demás, a lo largo de la vida escolar. El niño y la niña comienza diferenciando los objetos y los fenómenos según categorías básicas, desde la cotidianidad. Aprende a diferenciar objetos según su color, tamaño, forma, textura, etc. Más tarde, la escuela introduce formas de diferenciación de objetos y fenómenos según categorías o criterios más elaborados. Algunas de estas categorías pueden ser: la forma (¿cómo es?), la materia (¿de qué está hecho?), el cambio (¿cómo cambia?) y la relación con nosotros (semejanza, diferencias, utilidad y cuidado)¹¹.

Las categorías que permiten distinguir los objetos y los fenómenos serán reemplazadas por otras a lo largo de la formación en ciencias. La apropiación de las categorías de las ciencias

¹¹ Hemos empleado aquí categorías similares a las que utiliza Aristóteles. En la *Metafísica*, define precisamente cuatro causas o condiciones de existencia de las cosas: causa formal (la forma), causa material (la materia), causa eficiente (el principio de generación o de cambio) y causa final (la finalidad).

permite avanzar en la diferenciación y el reconocimiento de fenómenos. Las nuevas formas de reconocimiento y de diferenciación transforman la mirada y pueden convertirse en una fuente de preguntas y problemas. La percepción de un fenómeno y la representación que nos hacemos de él están condicionadas por la manera de preguntar y por la pregunta misma. Un animal que corre por el campo suscita inquietudes distintas y moviliza conceptos y representaciones diferentes cuando se considera desde la biología o desde la física.

Aprendemos a ver el mundo que nos rodea en la medida en la cual avanzamos en el proceso de distinguir y agrupar las cosas, y de reconocer fenómenos y vínculos entre ellos. En este proceso, el lenguaje es fundamental. Por otra parte, gracias a la información que recibimos a través de los sentidos, de los diálogos con otros, de los medios de comunicación y de la escuela, nuestra percepción se hace más fina y los fenómenos adquieren nuevos significados. Adquirimos, en palabras de D. Hawkins (Hawkins, 1974), una “visión informada”.

En la escuela es preciso fomentar que los estudiantes se conviertan en observadores permanentes y cuidadosos del universo del que hacen parte y estimular la búsqueda de todo tipo de diferencias, analogías, interrelaciones, causas y efectos. Esta primera competencia está íntimamente relacionada con el conocimiento disciplinar de las ciencias naturales, pero es importante enfatizar que no se trata de que el estudiante repita de memoria los términos técnicos, sino de que comprenda los conceptos y las teorías y de que sepa aplicar sus conocimientos en la resolución de problemas. Las preguntas de las pruebas buscan que el estudiante relacione conceptos y conocimientos adquiridos, con fenómenos que se observan con frecuencia, de manera que pase de la simple repetición de los conceptos a un uso comprensivo de ellos.

En la dirección anterior, tal vez sea de utilidad tener en cuenta que los conceptos, los modelos y las teorías de la ciencia son representaciones mentales construidos por la comunidad científica para hacer una interpretación cada vez más cercana de la realidad.

7.2 Indagar. Capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados y para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas.

La educación en ciencias busca promover una forma de trabajo propia de las ciencias naturales como un tipo particular de indagación en el que se parte de una pregunta pertinente y se establecen los elementos que deben ser considerados para resolverla (lo cual implica apoyarse en la información fáctica, en el conocimiento adquirido y en la capacidad de crear o imaginar estrategias de solución posibles). Una vez se ha logrado formular una pregunta relativamente precisa, se puede proceder a establecer un método de trabajo para resolverla.

El proceso de indagación en ciencias puede implicar, entre otras cosas, observar detenidamente la situación, plantear preguntas, buscar relaciones de causa–efecto, recurrir a los libros u otras fuentes de información, hacer predicciones, identificar variables, realizar mediciones y organizar y analizar resultados. La capacidad de buscar, recoger, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para responder una pregunta es central en el trabajo de las ciencias. En el aula de clase no se trata de que el alumno repita un protocolo recogido de una metodología o elaborado por el maestro, sino de que el estudiante plantee sus propias preguntas y diseñe –con la orientación del maestro– su propio procedimiento. Sólo de esta forma podrá “aprender a aprender”.

La competencia INDAGAR incluye la acción planeada, orientada a la búsqueda de información que ayude a establecer la validez de una respuesta preliminar. Esta acción puede tener distintos grados de elaboración. Por ejemplo, cuando un estudiante pregunta qué necesita

una semilla para germinar, se puede partir de las ideas que se tengan en el aula, entendiéndolas como explicaciones posibles, y después contrastar esas explicaciones con la observación directa; aquí no se diseña un experimento, pero sí se planea una búsqueda dirigida. También se puede guiar a los estudiantes en la planeación de un experimento sencillo en el que diferentes tipos de semillas, se ponen a germinar en diferentes condiciones, de modo que el niño o niña sea capaz de reconocer las circunstancias necesarias para la germinación de una semilla.

Pero no basta con la acción orientada a la consecución de datos; éstos deben estar organizados de manera tal que permitan una interpretación preliminar. No es lo mismo una lista de datos acerca de la presión arterial de una persona a diferentes horas del día, durante varios días, que una gráfica que permita identificar patrones o regularidades en estos datos. Las pruebas pone a disposición del estudiante gráficas o tablas de datos, como una forma de reconocer la capacidad de los estudiantes para interpretar representaciones y para reconocer correlaciones, regularidades y patrones.

La competencia Indagar es una competencia muy semejante a la primera de las cinco dimensiones, propuestas por Bybee, para el logro de una alfabetización científica, la cual enuncia de la siguiente manera: “Capacidad y apreciación para identificar cuestiones y conceptos científicos”: De la misma manera, la concepción de indagar expuesta en este documento es coincidente con el “Reconocimiento de cuestiones científicas” propuesto en las evaluaciones del programa PISA. (Fensham 2004 y Harlen 2002,).

Continuando con el análisis de las dimensiones propuestas por Bybee para la alfabetización científica y las competencias definidas para este marco teórico, a continuación se enuncian las otras cuatro competencias propuestas por Bybee:

“Toma de conciencia del diseño y desarrollo de indagaciones científicas”. “Formulación y revisión de explicaciones y modelos utilizando la lógica y las evidencias”.
“Reconocimiento y análisis de modelos y explicaciones alternativas”
“Comunicación y defensa de argumentos científicos”.

Como se puede deducir, la “toma de conciencia del diseño y desarrollo de indagaciones científicas”, implica la disposición, por parte del sujeto, de un conocimiento acerca del cual reflexionar para hacer conciencia del mismo y para relacionarlo con los procesos de indagación científica; en el fondo este enunciado subsume la concepción de indagación que se ha propuesto para esta competencia.

7.3 Explicar. Capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos.

La búsqueda de explicaciones constituye una parte fundamental de la actividad del ser humano y puede considerarse inherente al deseo de entender el mundo que lo rodea; en este sentido, Aristóteles señalaba que el deseo de saber hace parte de la naturaleza humana. Este deseo de saber se manifiesta, por lo general, en la formulación de preguntas; preguntarse es “ir en busca de una explicación”; las explicaciones se han construido desde que existen las preguntas.

La explicación en la vida cotidiana aparece de manera espontánea y laxa; consiste en la producción de razones sobre el por qué de un fenómeno, sobre sus causas y sobre las relaciones que guarda con otros fenómenos, desde distintos marcos de referencia. Hay explicaciones desde la religión, desde la magia, desde los mitos o desde las ciencias. Cada una de estas formas de explicación utiliza referentes propios de su concepción de mundo. Los

mitos, por ejemplo, son respuestas a preguntas que el ser humano se hace sobre el origen del mundo y sobre la razón de ser de los fenómenos que lo afectan.

En el caso particular de las ciencias, las explicaciones se construyen dentro del marco de sistemas como conceptos, principios, leyes, teorías y convenciones, que han sido propuestos y acogidos por la comunidad científica. En las ciencias las explicaciones de un mismo fenómeno cambian cuando los marcos conceptuales cambian.

En la escuela las explicaciones están enmarcadas en el contexto de una “ciencia escolar”¹² cuya complejidad debe ajustarse al grado de desarrollo de los estudiantes. La escuela debe orientar a los niños y a las niñas para que transformen sus explicaciones basadas en la experiencia cotidiana hacia niveles cada vez más cercanos a las explicaciones científicas. En otras palabras, la escuela es un escenario de transición desde las ideas previas de los alumnos hacia formas de comprensión más cercanas a las del conocimiento científico. La competencia explicativa fomenta en el estudiante una actitud crítica y analítica que le permite establecer la validez o coherencia de una afirmación o un argumento.

Es posible dar explicaciones de un mismo fenómeno utilizando representaciones conceptuales pertinentes de diferente grado de complejidad. Por ejemplo, podemos dar explicaciones más o menos complejas de un fenómeno como la disolución de la sal en el agua, empleando modelos distintos del átomo, desde el átomo como una simple unidad de materia hasta concebirlo como un sistema organizado compuesto de partículas diversas (electrones, protones, neutrones).

7.4 Comunicar. Capacidad para escuchar, plantear puntos de vista y compartir conocimiento.

La comunicación forma parte de la naturaleza social del ser humano. Por eso mismo, la educación, entendida como un proceso complejo de socialización, es también un ejercicio permanente de comunicación. La comunicación en la escuela se ejerce de muy diversas formas, entre distintos interlocutores, empleando diversos medios y con una complejidad creciente a medida que avanza el proceso de escolarización.

Inicialmente la comunicación en la escuela se da principalmente sobre la base de la lengua materna, de un desarrollo del lenguaje oral y escrito. En el mundo social de la escuela, sobre la base de un mínimo dominio de la lengua, el estudiante aprende a diferenciar los interlocutores (compañeros, maestros, directivos) y los contextos de comunicación (el patio de recreo, la clase, la oficina del profesor o del director) y aprende a organizar las formas de comunicación (las palabras, el tono, en general el uso del lenguaje) según los interlocutores y el contexto. Aprende a escuchar, a entender distintos usos del lenguaje y a expresar de manera diversa sus puntos de vista. Este aprendizaje, muchas veces tácito, de las formas de comunicación en el microcosmos social de la escuela es parte esencial de la formación del alumno para la vida en sociedad y para el ejercicio de la ciudadanía.

A medida que avanza la escolarización, el alumno será introducido a formas más especializadas de lenguaje y de comunicación. La comunicación oral se puede desarrollar mediante ejercicios de exposición de diferentes temas y en diversas modalidades,

¹² La ciencia que se enseña en la escuela no tiene la misma amplitud y finalidad que la ciencia de las comunidades científicas; los conceptos que se manejan en la escuela no tienen la misma elaboración o complejidad que los que se manejan en la investigación; el lenguaje escolar de las ciencias es distinto de los lenguajes más abstractos que emplean los científicos. Por eso, podemos hablar de una ciencia escolar para diferenciarla de la ciencia de las comunidades científicas.

organizando foros, mesas redondas, congresos o ferias de la ciencia. En cada una de estas modalidades se debe insistir en la claridad y comprensión del tema, así como también en el orden de presentación de las ideas (que, además, ayudan a controlar el miedo a hablar en público). Conviene enfatizar que no es necesario aprender las cosas de memoria, sino planificar y generar distintas estrategias para hacer exitosa una presentación oral.

El desarrollo en la escuela de las capacidades de comunicación escrita de los estudiantes es fundamental. El texto escrito objetiva un pensamiento y lo expresa en una forma particular de tal manera que es posible examinarlo críticamente muchas veces y desde distintos puntos de vista; es posible examinar su coherencia como texto, su contenido, su forma gramatical, su corrección lingüística, su corrección ortográfica, etc. Además, es posible reescribir y enriquecer un trabajo escrito una y otra vez a lo largo del tiempo. La escritura es así una fuente muy rica de reflexión y de desarrollo intelectual. El texto escrito por un estudiante posibilita además el aprendizaje colectivo en el aula si se lee y se trabaja en grupo. De otra parte, cuando un estudiante lee un texto que ha escrito meses o años antes es posible que tome conciencia del proceso que ha seguido su desarrollo personal. El aprendizaje gradual de las ciencias va exigiendo progresivamente formas particulares de escritura. El alumno debe aprender paso a paso a consignar por escrito lo que observa, a describir procedimientos, a utilizar conceptos para analizar observaciones o experimentos, a organizar de diversas formas la información y a seguir en los escritos el orden que imponen las reglas de la indagación o de la inferencia en las ciencias.

Cada campo del saber explora un universo determinado de fenómenos que se constituyen en sus objetos de estudio. Para estudiar este universo, el campo desarrolla formas particulares de nombrar, de describir, de clasificar y de establecer relaciones entre esos objetos. Se generan así, para cada campo, representaciones particulares y se acuñan conceptos para trabajar en el marco de estas representaciones. Cada rama del saber desarrolla, además, formas propias de interpretar las evidencias, de argumentar y de plantear problemas y buscar respuestas. Así, las competencias generales básicas —interpretar, argumentar y proponer— que son competencias inherentes a toda comunicación, adquieren formas especializadas en el dominio de cada rama del saber. En el curso de su educación, el alumno es introducido gradualmente a estas formas de lenguaje y de comunicación que entrañan además ciertas normas de comportamiento y de rigor en el habla, por ejemplo, no distorsionar las evidencias, reconocer los errores y aprender de ellos, someter a la crítica colectiva las ideas propias, respetar y ser crítico frente a las ideas de los otros.

La escuela debería promover constantemente y en todos los grados de escolaridad ejercicios en los cuales un determinado conocimiento se elabora colectivamente a través de acciones de indagación sistemáticas, de discusiones y de escritura de textos. Estos procesos envuelven un uso más especializado del lenguaje y de la comunicación. En estos ejercicios de construcción colectiva el alumno va aprendiendo además a ser sensible a otros puntos de vista, a contrastarlos con los propios, a expresar sus propias ideas y, en general, a compartir con respeto sus conocimientos.

7.5 Trabajar en equipo. Capacidad para interactuar productivamente asumiendo compromisos.

El trabajo en equipo requiere, de parte de los integrantes del grupo, capacidad para interactuar de manera productiva, asumiendo compromisos y respondiendo por ellos. El resultado de un trabajo en grupo debe ser una construcción colectiva de un producto o de un discurso sobre un tema objeto de estudio. Para lograr esta construcción es preciso saber argumentar las posiciones personales y valorar y aceptar los argumentos de otros cuando se reconoce en ellos pertinencia y validez.

El ejercicio de trabajar de manera colectiva le ofrece al estudiante la oportunidad de aprender a participar con libertad de expresión en una discusión, de desarrollar la capacidad de reconocer contextos y características individuales de los participantes y de reconocer, por tanto, que existen diferentes formas de ver y de abordar una situación y que cada uno de los miembros del grupo tiene cosas que decir y aportar al trabajo.

Trabajando con grupos pequeños, el docente facilita que cada uno de los integrantes sea reconocido en sus potencialidades. Es recomendable que los roles asignados en una distribución del trabajo (por ejemplo, director, moderador, relator y otros) no sean fijos, sino que se roten para permitir a cada estudiante fortalecer y proyectar potencialidades muchas veces desconocidas para él.

Además, el trabajo en grupo representa en el aula una oportunidad para que el estudiante aprenda una serie de hábitos sociales de gran importancia para la vida: el respeto a las opiniones de los demás, la aceptación de responsabilidades específicas y el cumplimiento cabal y oportuno de las mismas, el buen uso del lenguaje y la selección del momento apropiado y pertinente para intervenir en una reunión, el sentido de pertenencia e identidad con los valores y las normas establecidas por el grupo.

En la medida en que progresa en el trabajo grupal, el estudiante va aprendiendo la importancia que tiene el respeto a las normas previamente establecidas y aceptadas. El trabajo grupal continuo y orientado en la escuela es un escenario para fomentar aspectos de la personalidad de los estudiantes que trascienden los ámbitos más visibles del aprendizaje y son fundamentales en los procesos de socialización y formación para la convivencia ciudadana.

7.6 Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento.

Las ciencias se han presentado tradicionalmente en la enseñanza como un conjunto de conocimientos establecidos, sobre cuya dinámica de transformación raramente se discute (Duschl, 1995). Los estudiantes, por su parte, conciben su proceso de formación en ciencias como un proceso de aprendizaje de verdades que transmite el maestro o que enseña el texto. Pero estas imágenes no corresponden ni a la naturaleza abierta y cambiante del conocimiento, ni al proceso de construcción de conocimientos en que consiste un verdadero aprendizaje de las ciencias.

La historia de las ciencias muestra cómo se transforman los conceptos y se crean nuevas teorías y nuevas herramientas de análisis. La investigación en la enseñanza de las ciencias, por su parte, pone en evidencia que el aprendizaje de una ciencia implica un cambio conceptual: el reemplazo de unas explicaciones por otras, un cambio en el modo de relacionarse con los fenómenos y de explicarlos. La educación, entonces, debe propiciar un cambio de mirada sobre las ciencias que pase de verla sólo como conocimiento acumulado o terminado para reconocer las transformaciones que se dan también en el conocimiento científico y debe reconocer la importancia del cambio conceptual que viven los alumnos.

Es útil recordar las explicaciones que se daban a ciertos fenómenos antes de las explicaciones científicas. Qué se pensaba del movimiento, de los cambios en la sustancia o de las enfermedades en la edad media o en la antigüedad y qué se piensa ahora. Muchos programas de televisión muestran los cambios que han tenido las ideas sobre los fenómenos que estudian las ciencias; sería útil que se aprovecharan los programas de divulgación científica y que se emplearan materiales sobre la historia de las ciencias. Pero también pueden verse los cambios en las creencias de una generación a otra. Los abuelos tenían algunas ideas muy distintas de las que tenemos nosotros. No necesariamente estaban equivocados, pero no

miraban las cosas del mismo modo. Tampoco el mundo era el mismo cuando no había televisión ni aviones, ni computadores.

Si se hace memoria de lo que se sabía al comienzo del año y se compara con lo que se ha aprendido, es posible reconocer las transformaciones. ¿Conocíamos las partes internas de nuestro cuerpo antes de aprender sobre ellas? ¿Sabíamos la diferencia entre la mezcla y la combinación? ¿Podíamos entender el proceso de evolución de los seres vivos antes de estudiarlo? Hacer una retrospectiva desde un primer aprendizaje hasta el resultado final de un curso o, incluso, comparar lo que creíamos antes de discutir un tema con lo que sabemos después de la discusión nos permite ver cómo cambia nuestro conocimiento. Y tal vez nos ayude a comprender cómo se dio ese cambio. La reconstrucción consciente del proceso de aprendizaje (meta-aprendizaje) nos permite ver cómo cambiamos y cómo conocemos.

Podemos escoger distintas escalas de tiempo y hacer balances de lo que hemos aprendido en una semana o a lo largo de todo el año. Saber cómo conocemos (metacognición) y cómo aprendemos, nos ayuda, por otra parte a organizar mejor el trabajo escolar.

Esta conciencia del cambio no sólo nos sirve para mirar al pasado y reconocer las diferencias; entre pasado y presente, también nos sirve para mirar al futuro e imaginar futuros cambios y para imaginar que si llegamos a conocer lo suficiente tal vez alguna vez podremos descubrir algo nuevo nosotros mismos.

7.7 Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente.

Las nuevas tendencias pedagógicas insisten mucho en las ventajas del trabajo en grupo. El proceso de construcción de conocimientos en que consiste el aprendizaje es más eficaz si se hace en grupo. Cuando los estudiantes discuten entre sí surgen opiniones distintas y muchas veces llegar a un acuerdo significa que se ha cambiado el punto de vista inicial. El maestro enseña cosas fundamentales, pero es posible que unos estudiantes enseñen a los otros cuando se propicia la discusión alrededor de un problema interesante (Désautels, Larochelle, 2003).

Cuando se discute y se argumenta para convencer a otro, y cuando se oye con atención lo que plantea el interlocutor, pueden surgir en la discusión ideas nuevas que ninguno de los que conversan había pensado previamente. Así funciona también el trabajo de equipo en la investigación en ciencias. Propiciar la discusión y el trabajo en equipo en el aula es una manera eficaz de desarrollar la disposición a aceptar la dimensión social del conocimiento.

Hoy en día son muy pocos los científicos que trabajan solos. Los científicos trabajan en equipos y realizan encuentros para intercambiar ideas y para exponer lo que han aprendido. También tienen revistas especializadas en donde publican sus resultados para que puedan ser empleados por otros. El Internet permite hacer encuentros virtuales entre científicos que trabajan en países distantes y en las universidades los científicos de una misma disciplina se reúnen en espacios en donde pueden conversar sobre sus trabajos. La ciencia es un trabajo de comunidades y no de personas aisladas. Las ciencias son un producto del trabajo de los científicos, un trabajo en donde muchas personas aprenden de otras todo el tiempo.

Pero además el conocimiento es importante porque es útil a la sociedad. Los científicos producen conocimientos que se aplican en la transformación de las máquinas que se emplean en las empresas y de los aparatos que se usan en la vida cotidiana. A través de la escuela y de los medios de comunicación, el conocimiento llega a muchas personas y les permite cambiar sus ideas sobre muchas cosas.

Es importante reconocer que hay distintas formas de emplear el saber científico. Aplicados en la lucha contra la enfermedad, los conocimientos han permitido a las personas vivir mucho más tiempo y con menos dolencias. Algunos trabajos se han hecho mucho más fáciles gracias a las técnicas nuevas y en otros se ha reemplazado el esfuerzo de muchos trabajadores por la acción de una máquina. El desarrollo de los conocimientos transforma la vida de las personas y de las sociedades. Inventos como el avión, el teléfono, la penicilina, o la energía atómica, han cambiado el mundo. Pero también se pueden aplicar los conocimientos para construir armas y/o para generar contaminación en el planeta. Por eso es necesario aprender a usar los conocimientos con cuidado y responsabilidad. Es importante que los estudiantes discutan sobre los efectos de algunas técnicas en la vida de las personas y en el ambiente. Es conveniente, como se plantea en los Estándares, que la ciencia no se considere sólo como un conjunto de verdades apartadas de nuestra vida, sino que se estudien las relaciones entre la ciencia, la tecnología, la sociedad y el ambiente.

Algunas veces la aplicación de los conocimientos implica consecuencias negativas si no se emplean adecuadamente.

8. ALCANCES Y LIMITACIONES DE UNA EVALUACIÓN

Como se sabe, no todo lo que se aprende en la institución educativa puede ser evaluado en una evaluación externa; por lo general en estas evaluaciones se obtiene información sobre la competencia de los estudiantes a partir de la resolución de situaciones propuestas en una prueba. En este sentido, las evaluaciones externas arrojan información sobre el estado de desarrollo de un proceso educativo.

Como la mayoría de los conceptos, el de competencia adquiere distintos significados según el contexto en el cual se emplea la palabra. Para las pruebas SABER y ESTADO en ciencias naturales, la competencia ha sido definida como “*capacidad de saber actuar e interactuar en un contexto material y social*”; esta formulación se adecua parcialmente a la circunstancia de una prueba en la cual se trata de explorar ese saber actuar a través de los resultados de una evaluación.

Actualmente es claro para los docentes que la evaluación más importante es la que se realiza en forma permanente en la interacción profesor-alumno. Esa evaluación, sirve para saber qué se ha logrado y con quiénes se interactúa, está orientada a conocer y a reorientar el trabajo. A través de las actitudes y percibiendo los cambios, y no sólo a partir de los resultados de las pruebas, se hace continuamente el balance real de los logros de los estudiantes y del maestro. La evaluación que se realiza permanentemente es la que permite al docente reconocer a tiempo las dificultades, descubrir las carencias, reconstruir la comunicación perdida, reconocer preguntas que interesan a los alumnos y corregir sus propios errores y los de los estudiantes.

La evaluación “sumativa” que se realiza generalmente al final de una etapa del aprendizaje sólo considera lo que puede recogerse en las condiciones de la prueba. Una prueba escrita puede, por ejemplo, plantear situaciones que promuevan la argumentación y explorar de ese modo algunos aspectos del desarrollo moral; pero el docente sabe que el desarrollo moral se manifiesta en actitudes y elecciones muy diversas y no sólo en la capacidad de juzgar sobre situaciones de la vida y de argumentar las propias elecciones. En particular, los sentimientos morales (solidaridad, indignación, vergüenza, resentimiento) son muy difíciles de evaluar en una prueba en donde las reacciones posibles están mediadas por la lectura y por la circunstancia del examen. Tampoco es posible evaluar completamente en una prueba las actitudes y emociones en el campo de lo estético. La sensibilidad a las expresiones artísticas es de tal naturaleza que resulta difícil traducirla en palabras o explorarla mediante respuestas a

una prueba de selección múltiple. Se puede, eso sí, evaluar conocimientos sobre arte; pero conocer de arte es distinto a gozar estéticamente los productos de la cultura, aunque el conocimiento de la historia o de la teoría del arte amplía sin duda la sensibilidad. En una prueba escrita es posible hacer aproximaciones a algunos aspectos de lo ético y lo estético, pero quedan otros aspectos esenciales que escapan a esa forma de evaluación.

En el aula, en cambio, el maestro atento y comprometido con su tarea acompaña al alumno en muchas situaciones de la vida en las cuales reconoce las inquietudes y los talentos y puede hacerse una imagen más completa del desarrollo moral y de los cambios de la sensibilidad estética de sus estudiantes que ha logrado propiciar con su intervención. Quizás esta evaluación no cumple con las condiciones de racionalidad y objetividad que cumple la prueba que aplica el Estado porque el juicio que el maestro se hace depende mucho de su propia experiencia y de sus conocimientos, mientras que las pruebas masivas son el resultado de procesos de análisis y revisión permanente en donde interviene el acumulado histórico de las comunidades de expertos en evaluación en todo el mundo, por lo cual, la evaluación externa es un complemento fundamental que le brinda al docente otra mirada de la educación que se imparte en la institución.

La evaluación que se realiza en las pruebas Saber y en los exámenes de Estado es una evaluación masiva, de carácter escrito y se aplica en un determinado momento del aprendizaje. El docente puede utilizar las pruebas para convertir esta evaluación en una evaluación formativa. Puede discutir con sus alumnos lo que explícita e implícitamente se evalúa en cada pregunta: qué competencia o competencias específicas se examinan, cuáles competencias generales se requieren para responderla, qué formas de razonar o qué ideas pueden llevar a los estudiantes a responder cada opción de respuesta. La prueba puede ser así un valioso material de análisis y discusión sobre qué debe aprenderse, porqué es necesario aprender ciertas formas de interpretar los fenómenos y ciertas maneras de razonar y de trabajar y cuáles son las fuentes de error que nos llevan a responder de ciertos modos. La prueba puede ser un material esencial en la tarea de reconocer lo importante y de comprender por qué es importante. La prueba puede ser muy útil en la tarea de hacer visibles las ventajas y los problemas de los modos de enseñar y de aprender que estamos implementando.

Puesto que la vida escolar en su complejidad no puede ser reconocida en unas pruebas aplicadas en forma masiva, cada sociedad define unos mínimos comunes que orientan la tarea general de las instituciones educativas. Esos mínimos, en las distintas áreas del conocimiento, constituyen las referencias sobre las cuales se construyen los instrumentos que servirán para llevar a cabo la evaluación masiva.

SAYBÉER

Ciencias Naturales

9. LAS PRUEBAS SABER

9.1 Alcances y límites de las pruebas SABER

Las pruebas SABER deben entenderse como un medio para lograr una apreciación sobre la calidad de la educación que se imparte en los planteles escolares. Son, por lo tanto, instrumentos de conocimiento de la situación de la educación en el país. En este sentido, el propósito más general de la evaluación es aportar datos y referentes para apoyar los desarrollos y logros de los docentes y de los estudiantes. Luego de una evaluación unos u otros vuelven, o deberían volver, una y otra vez sobre los procesos y los resultados para reorientar sus acciones y hacer proyecciones de mejoramiento. Como se ha sugerido antes, la interpretación de los resultados obtenidos a la luz de las condiciones particulares de las instituciones, le daría a la evaluación un carácter formativo y transformador, y no simplemente clasificatorio. Así, la evaluación debe incorporarse a la cultura escolar como un proceso continuo que retroalimenta el trabajo en el aula, por cuanto el propósito central de la evaluación no reside en la búsqueda y organización de datos, sino en la acción formativa posterior.

Es claro que una política de evaluación es un instrumento necesario para diseñar y adelantar políticas y planes de mejoramiento.

La escuela es hoy uno de los principales ámbitos de socialización y de apropiación cultural. Ella es en sí misma un microcosmos social regido por normas institucionales y por reglas de interacción y de convivencia. En ella el niño y la niña se encuentran, con frecuencia por primera vez, con lo que no le es familiar, con personas, jerarquías, formas de lenguaje y de comunicación que le son extrañas. Debe aprender a aceptar lo que inicialmente le es ajeno, a hablar, a convivir, a cooperar con otros, a regular sus comportamientos y a actuar según normas que sólo más tarde entenderá y aprenderá a valorar.

Además, a lo largo de su educación básica y media el estudiante debe desarrollar competencias¹³ que le permitan conocer su entorno, actuar sobre él e integrarse culturalmente y como ciudadano responsable a su medio social. Las diferencias culturales que existen en el país exigen un balance delicado en la educación entre lo que es necesario saber para integrarse como actor en los entornos locales y los conocimientos universales de los cuales no puede prescindirse en el mundo de hoy. Las instituciones educativas deben ser respetuosas de la diversidad étnica y cultural y los programas educativos deben tomar en cuenta esta diversidad. Sin embargo, la extensión global de las innovaciones tecnológicas y su incidencia cada vez más grande en la vida cotidiana de las personas exigen una mínima comprensión de elementos fundamentales de las ciencias naturales así como un conocimiento de sus alcances y del tipo de problemas que pueden resolver. Por eso se hace necesario el desarrollo de competencias que le permitan al estudiante poner en juego conocimientos de las ciencias para comprender y contribuir a resolver problemas de su entorno.

Las observaciones anteriores bastan para indicar la complejidad inherente al mundo de la escuela y a la educación que en ella se genera. Como se ha señalado, una prueba externa y de aplicación puntual no puede por sí sola dar cuenta de la calidad de los procesos educativos multidimensionales que se desarrollan en el ámbito escolar. Sin embargo, las evaluaciones de este tipo suministran, a pesar de sus límites, indicaciones valiosas sobre el estado de la educación en ciertas áreas del conocimiento y en un determinado momento. Por

¹³ Conviene recordar que la noción de competencia que se utiliza en la conceptualización de las pruebas SABER incluye la apropiación de conocimientos. Puede decirse que una competencia es la capacidad de poner en juego conocimientos para analizar y resolver situaciones. Véase el aparte sobre competencias en este documento.

esta razón, deben constituirse en un referente necesario para los procesos de discusión y de autoevaluación permanente que cada escuela realiza sobre sus diversas actividades con la participación de todos sus integrantes. Estos procesos de autoevaluación son un medio indispensable para conocer cuáles son los aciertos y los puntos débiles, muchos de los cuales solo se detectan con una evaluación externa, y cuáles las acciones que deben emprenderse para mejorar.

¿Cuáles son entonces los límites y los alcances de la prueba SABER en el área de ciencias? Las pruebas SABER se sitúan por ahora en el dominio de los conocimientos universales¹⁴. Tratan de establecer y diferenciar las varias competencias de los estudiantes para poner en juego conocimientos básicos de las ciencias naturales en la comprensión y resolución de situaciones problema. Las pruebas intentan, además, evaluar la comprensión que los estudiantes tienen sobre las particularidades y los alcances del conocimiento científico y la capacidad que poseen para diferenciar este conocimiento de otros saberes. Se espera que en el futuro la prueba permita percibir las actitudes de los estudiantes frente al conocimiento y a la ciencia.

Evaluar es hacer visible lo que se ha hecho con el propósito de examinarlo críticamente y propiciar transformaciones. En esta perspectiva debe entenderse la prueba SABER como una evaluación cuyo valor es esencialmente formativo en la medida en que les permite, tanto a las instituciones del Estado, como a los planteles educativos, a los docentes y a las familias, hacerse a una idea clara y objetiva, contrastable periódicamente, sobre la distribución de los logros de los estudiantes en distintas competencias en ciencias naturales. La periodicidad y la comparabilidad de las pruebas son fundamentales porque permiten apreciar los cambios cualitativos en la educación y los efectos de las políticas de mejoramiento de la misma.

Se debe reconocer que la evaluación modula el currículo; no lo reemplaza, ni constituye un currículo paralelo, sino que expresa un sistema de jerarquías y énfasis que dan forma especial al contenido de la enseñanza. Los temas evaluados se vuelven más importantes y los tipos de producción exigidos en las pruebas más relevantes¹⁵. Por ello, los resultados de las evaluaciones externas tienen implicaciones en el trabajo de aula y en ese sentido promueven reorientaciones y ajustes a los procesos curriculares.

La prueba SABER se diferencia de los exámenes de Estado en que éstos tienen entre sus propósitos el de “medir”, en una forma mucho más disciplinar e individual, los conocimientos y las competencias requeridas para acceder a la educación superior y en este sentido son referentes esenciales para las acciones de mejoramiento de la educación media. Las pruebas SABER, en cambio, buscan hacer visible un estado de cosas en una institución; pueden entenderse como un sistema que permite obtener un conocimiento del estado de la educación, ciertamente parcial, relativo y controvertible, que, sin embargo, sirve de base para el diseño y la puesta en práctica de planes de mejoramiento de la educación básica. Decimos que el conocimiento que suministran las pruebas sobre el estado de la educación es *parcial* porque sólo se refiere a las competencias relacionadas con conocimientos universales y porque no explora la totalidad de los conocimientos y competencias escolares en el área, es *relativa* porque no pretende dar una medida absoluta de conocimiento; es más bien, una base para caracterizar las regiones, los departamentos, los municipios y los planteles educativos, y es *controvertible* porque siempre es perfectible y porque obedece a un punto de vista y a una política que siempre puede cuestionarse.

¹⁴ Cuando decimos “por ahora” queremos indicar que sería posible que las regiones generaran pruebas adicionales para tomar en cuenta situaciones o problemas locales y, además de los conocimientos de las ciencias, ciertos saberes de experiencia que se desarrollan en las localidades.

¹⁵ A. Atorrési, “Recomendaciones para el uso de información en evaluación” FLACSO, UBA, Argentina 2005.

9.2 Utilidad de la prueba SABER para los distintos actores de la comunidad educativa

Las pruebas SABER, y también los exámenes de Estado, forman parte de políticas generales de evaluación que buscan configurar el mapa educativo del país. Este mapa puede ser un referente periódico importante para el análisis de los cambios de la educación básica en el país desde puntos de vista diferentes: regional, social, cultural etc. Enmarcados dentro de esta gran finalidad es posible enumerar puntualmente la posible utilidad de las pruebas para diferentes actores del proceso educativo.

- Aunque las pruebas SABER no discriminan resultados individuales en el nivel de los *estudiantes*, su análisis en el aula permite que éstos pueden aprovecharlas de distintas maneras: para conocer diversos tipos de competencias que puede ser importante desarrollar, para reflexionar sobre sus aciertos y sus dificultades al responder la prueba, para reflexionar sobre el espectro de los resultados del colegio en distintas áreas y en diversas competencias y para comparar la distribución de aciertos del colegio con la de otros planteles educativos.
- A los *docentes* las pruebas les pueden ser muy útiles como herramientas pedagógicas en el aula de clase. Las preguntas de las pruebas pueden suministrar claves útiles sobre las competencias que deben desarrollar los estudiantes. Además su discusión en clase puede ser un buen ejercicio pedagógico sobre la puesta en juego de los conocimientos científicos para abordar problemas con cierto grado de complejidad. Las pruebas pueden también darle claves al docente para orientar el currículo y las formas de enseñanza.
- A los rectores de las instituciones educativas las pruebas les suministran indicadores de la calidad de la educación ofrecida y puntos de comparación con otros planteles. Esta información puede suministrar guías para el mejoramiento institucional.
- A los *padres de familia* les permiten tener indicadores sobre el énfasis y la orientación de la educación que reciben sus hijos y les ofrecen herramientas para analizar y argumentar en las instituciones educativas la manera de potenciar las capacidades e intereses de éstos.
- A las *autoridades educativas* nacionales y a las *comunidades educativas* los resultados de las pruebas deben servirles para reorientar el currículo, el plan de estudios y los métodos de enseñanza y de evaluación. Esto es posible en la medida en que el Ministerio de Educación Nacional (MEN), las Secretarías de Educación (SED) y los equipos directivos de las comunidades educativas generen espacios de reflexión acerca de la información obtenida en las pruebas. De hecho, el buen aprovechamiento de los datos sólo está garantizado si la tarea de interpretación y el diseño de medidas al respecto se aborda de manera prioritaria en las instituciones educativas. Es indispensable que la interpretación de los resultados lleve a la formulación de decisiones pedagógicas concretas que permitan mejorar la calidad de la educación.
- A las *Facultades de Educación* y a las *Escuelas Normales Superiores* de todo el país las pruebas les suministran información útil para reorientar sus programas de formación inicial y de actualización permanente del profesorado.
- A los *investigadores de la educación* en el país las políticas de evaluación, las pruebas mismas y sus resultados les aportan material de análisis importante.

9.3 Objetivos de las pruebas SABER

Objetivo general:

Proporcionar un insumo fundamental para el mejoramiento de la calidad de la educación en el país.

Objetivos específicos:

- Fortalecer la cultura de la evaluación en el país como elemento esencial para mejorar la calidad de la educación.
- Identificar el estado de desarrollo de algunos rasgos importantes del proceso educativo en los Entes Territoriales del país, en relación con los fines de la educación consignados en la legislación colombiana.
- Establecer las competencias que deben reforzarse en el proceso educativo con el fin de propiciar apoyos a los docentes en sus prácticas pedagógicas.
- Proporcionar información importante a las instituciones educativas, a las secretarías de educación, a las facultades de educación, a las escuelas normales, al MEN, a la comunidad educativa y a las asociaciones de docentes para realizar las transformaciones educativas que sean necesarias.
- Servir de insumo a las instituciones y a los docentes para examinar problemas en la apropiación de los conocimientos por parte de los estudiantes y para trabajar sobre esas dificultades.

10. ESTRUCTURA Y COMPONENTES DE LA PRUEBA

El trabajo en ciencias naturales puede caracterizarse como un esfuerzo sistemático por contestar preguntas y por resolver problemas relacionados con la comprensión de los fenómenos de la naturaleza. La comprensión de estos fenómenos abre la posibilidad para actuar sobre ellos, para controlarlos y usarlos en beneficio de la sociedad. La validez de las preguntas y de los problemas está determinada por los lenguajes y los métodos de trabajo propios de las distintas ciencias. La formulación de los problemas y de las preguntas es crucial; podría decirse que un problema bien planteado está ya en el camino seguro de su solución. El principio del conocimiento es la búsqueda de una explicación, (Aristóteles, *Metafísica*, Libro 1), o como lo afirma más recientemente Bachelard, (Bachelard, 1948) todo conocimiento es la respuesta a una pregunta. Las tradiciones de trabajo de una disciplina (los conocimientos y pautas de acción acumulados en ella) aportan los caminos y las herramientas para dar explicación a los fenómenos que esa disciplina estudia o para formular correctamente las preguntas orientadas a buscar las explicaciones.

La investigación en educación en el campo de las ciencias naturales ha reconocido esta condición fundamental del trabajo en ciencias y promueve el aprendizaje a partir de problemas. Distintas propuestas pedagógicas que incorporan los resultados de la investigación reconocen que el aprendizaje de las ciencias debe realizarse alrededor del planteamiento, discusión y resolución de problemas. Entre estas propuestas pedagógicas vale la pena destacar el aprendizaje significativo (Ausubel, 1978, 1989; Luffiego, 2001; Pozo et al, 1998) , según el cual cada sujeto construye su propio conocimiento mediante el

establecimiento voluntario de relaciones entre los conocimientos nuevos y los conocimientos que ya posee.

La palabra “problema” exige, como todas las que se usan en la caracterización de las ciencias, una explicación de su significado. En sentido estricto, un problema exige una formulación adecuada a los conceptos y a las condiciones de aplicación de una teoría. En este sentido, un problema estará bien formulado cuando el significado de los términos en los que se plantea está claramente definido y cuando se inscribe en un sistema de explicación que ha elaborado unas pautas de trabajo (método) y unos criterios y condiciones de validez de los resultados. La formulación del problema en ciencias es entonces un momento posterior a la definición del campo conceptual y a la apropiación de las correspondientes herramientas y orientaciones metodológicas. Es lo que ocurre en el campo de la investigación en ciencias naturales pero no todo problema está sometido a exigencias tan rigurosas. En todo caso, un buen problema es garantía de un trabajo continuo y de integración de intereses y de esfuerzos. Una pregunta de los estudiantes es ya un problema en la medida en la cual sea la manifestación de una tensión creada por el deseo de saber y que busca solucionarse a través de una explicación. Lo que podría llamarse el “espíritu científico” es precisamente la disposición a hacerse preguntas y a buscar y encontrar explicaciones en la forma racional y sistemática en que lo hacen las ciencias (los científicos). Una buena pregunta puede echar a andar un largo proceso de construcción de conocimientos.

La experiencia cotidiana de los niños y niñas se transforma cuando se convierte en una fuente de preguntas. A partir de las preguntas y de la discusión sobre ellas se cambia la mirada sobre las cosas. Ni el sol, ni la lluvia, ni la luz, ni las características de las estructuras o los comportamientos de los seres vivos son lo mismo cuando se los examina desde una pregunta. Las preguntas llenan de un nuevo contenido la información percibida a través de los sentidos y enriquecen la experiencia. La mirada es más atenta y más cuidadosa cuando se mira para responder una pregunta.

Por estas razones en la educación es más importante la pregunta y el camino de indagación que conduce a una respuesta sustentable que la respuesta misma. Los “errores” que se cometen en el camino deben ser pensados como oportunidades de reflexión y de ampliación de la mirada. En este sentido el trabajo sobre las pruebas SABER, en el contexto del aula, representa una oportunidad de reflexión, para estudiantes y docentes, sobre cada una de las alternativas de respuesta y las posibles estrategias que unos y otros emplean para llegar a su solución. Cabe recordar que los alumnos empiezan a estudiar con un gran número de preconceptos basados en sus experiencias cotidianas. Esas ideas deben incluirse en el proceso educativo para transformarlas, ampliarlas y profundizarlas, promoviendo de esta manera cambios conceptuales y actitudinales (Luffiego, 2001; Pozo et al, 1998). Para lograrlo, al cuestionamiento debe seguir una acción orientada a ver los fenómenos desde nuevas perspectivas, que pueden ampliarse a través del desarrollo de las competencias específicas en ciencias.

10.1 Competencias Generales y Competencias Específicas

Las competencias generales definidas por el ICFES (interpretativa, argumentativa y propositiva) son inherentes a la experiencia humana, al lenguaje y a la comunicación. Incluso en los actos de comunicación más elementales de la vida cotidiana ponemos en juego, con distintos énfasis pero de manera interrelacionada, nuestras capacidades para interpretar los signos, los gestos o las palabras, dar razones o construir explicaciones, proponer acciones y elaborar significados.

Los estándares generales definidos por el Ministerio de Educación expresan los conocimientos básicos comunes de la formación en un contexto multicultural y pluriétnico en

el que se pretende sentar las bases para la unidad nacional respetando las diferencias. Al evaluar las competencias específicas en ciencias naturales se reconocen los distintos niveles de desarrollo de las competencias y del conocimiento que proponen los estándares, y que pueden ser alcanzados por los estudiantes, según el grado escolar. La prueba explora, consecuentemente, unos niveles de realización de las competencias específicas que es posible alcanzar sobre la base del desarrollo de las competencias generales.

Las competencias específicas, como las generales, pueden tener grados de desarrollo diferentes según los distintos niveles de desarrollo intelectual de los estudiantes y según otros factores de índole socio-económico y cultural, pero también pueden tener pesos distintos en los diferentes los proyectos educativos institucionales, PEI. Estos grados de desarrollo también pueden ser distintos por efecto de las diferencias entre estrategias pedagógicas de cada docente o institución y varían de un estudiante a otro.

Las siete competencias específicas definidas para el área de ciencias naturales son desarrolladas en el aula y sólo tres de ellas, para las cuales se han elaborado instrumentos de medición, son evaluadas en la prueba SABER.

Los aspectos de las competencias específicas que serán evaluados en la prueba son:

1. **Identificar.** Capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos y representaciones (entendemos por representaciones las nociones, los conceptos, las teorías, los modelos y, en general, las imágenes que nos formamos de los fenómenos) a partir del conocimiento adquirido.

Esta competencia se desarrolla, como las demás, a lo largo de la vida escolar. El niño y la niña comienza diferenciando los objetos y los fenómenos según categorías básicas, desde la cotidianidad. Más tarde, la escuela introduce formas de diferenciación de objetos y fenómenos según categorías o criterios más elaborados. La apropiación de las categorías de las ciencias permite avanzar en la diferenciación y el reconocimiento de fenómenos. Las nuevas formas de reconocimiento y de diferenciación transforman la mirada y pueden convertirse en una fuente de preguntas y problemas. Aprendemos a ver el mundo que nos rodea en la medida en la cual avanzamos en el proceso de distinguir y agrupar las cosas, y de reconocer fenómenos y vínculos entre ellos. En este proceso, el lenguaje es fundamental.

Las preguntas de la prueba SABER relacionadas con esta competencia buscan que el estudiante relacione conceptos y conocimientos adquiridos, con fenómenos que se observan con frecuencia, de manera que pase de la simple repetición de los conceptos a un uso comprensivo de ellos. Involucran el reconocimiento, la diferenciación, la comparación a partir del establecimiento de relaciones entre nociones, conceptos y elementos propios de la disciplina. Tienen que ver con la capacidad para, por ejemplo, clasificar organismos o materiales de acuerdo con sus propiedades, características, funcionamiento y usos, u otras categorías, finas y gruesas que permitan una agrupación; reconocer la estructura que le permite a un organismo particular vivir en un ambiente determinado; asociar elementos comunes, que determinen una particularidad, a un grupo de organismos o materiales.

2. **Indagar.** Capacidad para seleccionar, organizar e interpretar información relevante y para diseñar y elegir procedimientos adecuados con el fin de dar respuesta a una pregunta.

La educación en ciencias busca promover una forma de trabajo propia de las ciencias como un tipo particular de indagación en el que se parte de una pregunta pertinente y se establecen los elementos que deben ser considerados para resolverla (lo cual implica apoyarse en la información fáctica, en el conocimiento adquirido y en la capacidad de crear o imaginar

estrategias de solución posibles). Una vez se ha logrado formular una pregunta relativamente precisa, se puede proceder a establecer un método de trabajo para resolverla. Incluye, además, la acción planeada, orientada a la búsqueda de información que ayude a establecer la validez de una respuesta preliminar y la planeación de un experimento sencillo, entre otros.

Para la evaluación de la competencia Indagar en la prueba se han incluido ítems relacionados con la capacidad para el planteamiento de nuevas preguntas, la búsqueda y establecimiento de relaciones de causa–efecto, la consulta en los libros u otras fuentes de información, la capacidad para hacer predicciones, identificar variables, seleccionar experimentos adecuados y organizar y analizar resultados. La prueba presenta gráficas y tablas de datos como una forma de reconocer la capacidad de los estudiantes para interpretar representaciones y para reconocer correlaciones, regularidades y patrones.

3. Explicar. Capacidad para seleccionar y comprender argumentos y representaciones adecuados para dar razón de fenómenos.

La búsqueda de explicaciones constituye una parte fundamental de la actividad del ser humano y puede considerarse inherente al deseo de entender el mundo que lo rodea. En la escuela las explicaciones están enmarcadas en el contexto de una “ciencia escolar”¹⁶ cuya complejidad debe ajustarse al grado de desarrollo de los estudiantes. La escuela debe orientar a los niños y a las niñas para que amplíen sus interpretaciones de los fenómenos que ocurren en su entorno, basadas en la experiencia cotidiana, y las enriquezcan con los conocimientos aprendidos para construir explicaciones cada vez más cercanas a las explicaciones científicas. La competencia explicativa fomenta en el estudiante una actitud analítica que le posibilite establecer la validez o coherencia de una afirmación o de un argumento.

Para evaluar esta competencia en la prueba se han incluido preguntas en las cuales el estudiante debe seleccionar la explicación más adecuada para dar razón de un problema o de una situación particular, deducir la validez de un argumento a partir de los referentes conceptuales que posee, o que se presentan en el enunciado, o a partir de la búsqueda de relaciones y conexiones entre fenómenos y conceptos.

Dada la existencia de distintos grados de desarrollo de las competencias, en la prueba SABER se reconocen tres niveles de desarrollo de las competencias: B, C y D para grado quinto, y C, D y E para grado noveno.

10.2 Niveles de Competencia

El nivel de competencia es el grado de complejidad y abstracción de los procesos que el niño y la niña debe realizar en el momento de dar respuesta a una determinada pregunta. Las preguntas consideradas por la prueba tienen en cuenta los lineamientos curriculares y los estándares en ciencias, y rastrean 3 niveles de competencia.

Estos niveles se constituyen en puntos de referencia para la construcción de las preguntas, para la descripción del progreso de los estudiantes, para fijar algunas metas de la enseñanza de las ciencias y para orientar las actividades de los docentes en el aula. Estos niveles señalan el desarrollo de las competencias en un determinado grado de escolaridad, en relación con los entornos físico, vivo y de ciencia tecnología y sociedad. Quien elabora una pregunta entonces debe partir de estas definiciones para adecuar tanto el enunciado de la pregunta como la competencia a la cual hace referencia a dichas características. Una vez

¹⁶ Ciencia escolar: en la escuela la ciencia que se enseña no tiene la misma amplitud y finalidad que la ciencia de las comunidades científicas; los conceptos que se manejan en la escuela no tiene la misma complejidad. Por eso, podemos hablar de una ciencia escolar para diferenciarla de la ciencia de las comunidades científicas.

aplicada la prueba los resultados son susceptibles de análisis desde diferentes ángulos, incluyendo las formas estadísticas de procesamiento e interpretación de datos.

Las competencias y los niveles de desarrollo de las mismas serán tenidos en cuenta para la discusión sobre las metas de la educación en ciencias a corto y mediano plazo. Con estos horizontes, las instituciones pueden generar estrategias didácticas para proceder en el aula con sus docentes.

A partir de la reflexión sobre las competencias y los niveles, y sobre los resultados de la prueba, cada docente al interior de su clase, puede planificar su trabajo y atender de manera más eficiente las necesidades de algunos de sus alumnos o de grupos de ellos. Adicionalmente, los niveles de competencia y, en general, la estructura de la prueba son también insumos importantes para el análisis y construcción de otras evaluaciones.

En la prueba SABER se definen 3 niveles de competencia: B, C y D en quinto grado y C, D y E en noveno. Los estudiantes que por diversas circunstancias, no controladas por la prueba, no se ubican en ninguno de los niveles antes propuestos, se ubican en el nivel A.

El nivel más básico establecido por la prueba (B para quinto y C para noveno) da razón de lo más particular y concreto: la percepción diferenciada de fenómenos en la experiencia cotidiana. Para el nivel intermedio (C para quinto y D para noveno) la percepción se afina gradualmente, la diferenciación se hace cada vez más elaborada y se establecen nuevas y más generales relaciones entre los contenidos de la percepción; y para el nivel más alto (D en quinto y E en noveno) el estudiante logra ordenar y comprender los fenómenos desde conceptualizaciones universales y teorías que implican un grado mayor de abstracción y conocimiento.

10.2.1 Grado 5º

Nivel B: El estudiante ubicado en este nivel reconoce y diferencia fenómenos del entorno cotidiano e identifica relaciones sencillas¹⁷ entre los fenómenos a partir de la experiencia cotidiana y del sentido común. Interpreta información explícita contenida en textos, tablas y gráficas para la comprensión cualitativa de los fenómenos. En este nivel logra construir explicaciones sencillas y coherentes sobre los fenómenos del entorno vivo, físico y de ciencia, tecnología y sociedad, utilizando lenguaje no especializado.

Nivel C: El estudiante que se ubica en este nivel reconoce y diferencia los fenómenos del entorno cotidiano a partir de nociones o categorías, como por ejemplo metales y no metales, vivo y no vivo, lugar y tiempo, que le permiten discriminar aspectos cualitativos y cuantitativos. Hace uso comprensivo de su conocimiento cotidiano y escolar para solucionar problemas del entorno vivo, del entorno físico y para reconocer la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad. Utiliza la información que proporcionan los textos, tablas y gráficas para establecer relaciones sencillas entre dos fenómenos o dos variables. Identifica o reconoce las características y condiciones que los determinan y establece semejanzas y diferencias entre ellos.

Construye explicaciones sencillas basándose en nociones o categorías que le permiten dar cuenta de fenómenos cotidianos utilizando un lenguaje más amplio.

¹⁷ El término "sencillo" en el texto hace referencia al uso de pocas variables y nociones en la explicación o descripción de un fenómeno. Así mismo, el término "complejo" hace referencia al uso de múltiples variables y relaciones entre ellas, o al empleo de un mayor número de nociones para explicarlo o describirlo.

Nivel D: El estudiante que alcanza este nivel reconoce, diferencia y analiza los fenómenos del entorno cotidiano empleando nociones y categorías que involucren teorías y conceptos en el nivel más elemental de la ciencia, propios del quinto grado escolar. Muestra así un mayor desarrollo de su capacidad de abstracción y de generalización.

Utiliza un lenguaje más especializado dentro del campo de las ciencias para dar cuenta de los fenómenos naturales que lo circundan y de la relación entre ciencia, tecnología y sociedad. Usa adecuadamente la información que proporcionan las distintas fuentes bibliográficas y la que ha obtenido en sus prácticas de aula para establecer relaciones y hacer inferencias sobre un fenómeno, atendiendo a criterios de causalidad y regularidad.

10.2.2 Grado 9º

Nivel C: El estudiante que alcanza este nivel reconoce y diferencia los fenómenos del entorno cotidiano a partir de nociones o categorías que le permiten discriminar aspectos cualitativos y cuantitativos de estos eventos. Hace uso comprensivo de su conocimiento cotidiano y escolar para la solución de problemas del Entorno Vivo, del Entorno Físico y reconoce la influencia de la ciencia y la tecnología en la sociedad.

Utiliza la información que proporcionan los textos, tablas y gráficos y la que ha obtenido a partir de su práctica de aula para establecer relaciones sencillas entre dos fenómenos o variables atendiendo a criterios de causalidad.

En este nivel logra construir explicaciones basándose en nociones o categorías que le permiten reconocer fenómenos cotidianos.

Nivel D: El estudiante que alcanza este nivel reconoce, diferencia y analiza los fenómenos de la naturaleza empleando categorías y conceptos. En consecuencia, maneja un lenguaje más elaborado de los fenómenos naturales y sociales.

Utiliza la información que proporcionan los textos, tablas, gráficos y la que ha obtenido en sus prácticas de aula para establecer relaciones entre fenómenos o variables atendiendo a principios de causalidad, a criterios de inclusión o exclusión y de correlación.

En este nivel logra construir explicaciones empleando nociones o conceptos que permiten caracterizar los fenómenos naturales.

Nivel E: El estudiante que alcanza este nivel reconoce, interpreta, analiza y hace inferencias de los fenómenos de la naturaleza basándose en conceptos y teorías. En consecuencia, maneja un lenguaje más elaborado de los fenómenos naturales y sociales.

Utiliza la información que proporcionan textos, tablas y gráficos, selecciona métodos adecuados y usa conceptos y teorías para la resolución de problemas. En este nivel construye explicaciones basándose en conceptos y teorías que permiten dar razón de una situación problema o de un fenómeno natural.

10.3 Los Componentes

Un componente es un elemento integrador de un sistema de representaciones que emerge ante la limitación del ser humano para abordar el estudio de la naturaleza en forma global. En el contexto de la prueba SABER en el área de las ciencias naturales, los sistemas de

representaciones a que hacen relación los componentes se enmarcan en las construcciones humanas de conceptos, principios, leyes y teorías, a partir de las cuáles se investiga, interpreta y da explicación acerca de los fenómenos que ocurren en el mundo natural.

La comprensión de las ciencias naturales en el contexto de la vida cotidiana se va adquiriendo gradualmente a través de las experiencias que responden a la curiosidad propia de los niños y las niñas y en la medida en que el estudiante conoce el lenguaje y principios de la ciencia. La estructura de la prueba, entonces, propone preguntas alrededor de situaciones de la vida diaria para estimular la costumbre de observar el medio y las situaciones cotidianas y de preguntar por los fenómenos desde la perspectiva de las ciencias naturales.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta los estándares básicos de competencias, se proponen tres componentes denominados Entorno Vivo, Entorno Físico y, Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).

10.3.1 Entorno Vivo

Durante muchos años el ser humano especuló sobre la estructura básica de plantas y animales. Una vez fueron desarrolladas herramientas ópticas adecuadas, fue posible proponer la teoría celular que en forma satisfactoria explicó cómo estaban organizados los seres vivos. Más tarde se descubrieron los cromosomas y se entendió la función que cumplen en la división celular y en la herencia. Con el desarrollo de tecnologías avanzadas y la construcción de aparatos sofisticados como el microscopio electrónico y la ultracentrifugadora, así como también con la evolución de los conceptos y de los principios teóricos de otras ciencias y de la misma biología, el estudio de los sistemas vivos amplió su horizonte a los aspectos subcelulares y moleculares de los organismos.

El desarrollo de los conocimientos de la biología en el siglo XX, abrió dos nuevas perspectivas en el estudio de la vida: lo molecular y lo ecosistémico. El desarrollo de la biología celular incorporó nuevos temas y conceptos en el universo biológico como los genes, los virus y el ADN. El conocimiento de la estructura y dinámica subcelulares llevó a proponer nuevos modelos y aplicaciones de la biología que han generado profundas transformaciones y nuevos modos de relación del hombre con lo vivo. Actualmente estamos más o menos familiarizados con temas como el uso de las vacunas, los antibióticos, el trasplante de órganos y los cultivos transgénicos. Lo que antes era ciencia ficción es ciencia en el siglo XXI.

El componente Entorno Vivo en la prueba aborda los temas relacionados con los seres vivos y sus interacciones. Se centra en el organismo para entender sus procesos internos y sus relaciones con los medios físico y biótico. Esta aproximación, aparentemente simple, envuelve una gran complejidad puesto que tanto la noción de ser vivo como el conocimiento de las interacciones que se establecen entre los organismos y la biosfera se han ido ampliando en la medida en que surgen nuevas visiones del mundo y nuevas tecnologías que ayudan a precisarlas.

En el componente Entorno Vivo se abordan los siguientes temas unificadores: estructura y función, homeóstasis, herencia y reproducción, ecología, evolución, diversidad y similaridad. La salud, entendida como el respeto y cuidado del cuerpo, hace parte de este componente y del componente de Ciencia, Tecnología y Sociedad.

El conocimiento de los temas anteriores redundará en una vida más consciente en el nivel personal, social y global, y contribuirá a que los estudiantes asuman, individual y colectivamente, una mayor responsabilidad en la conservación y aprovechamiento racional de los recursos del planeta.

10.3.2 Entorno Físico

Entre las grandes preguntas que se ha formulado el hombre desde la antigüedad están las que se refieren al movimiento de los astros, el origen del universo y su propia procedencia. El hombre ha producido conocimiento acerca de la historia y la estructura del universo, de los procesos que ocurren en él y de las relaciones entre los fenómenos. El conocimiento y la comprensión de la estructura y de la dinámica del universo en la actualidad no son y tal vez nunca lleguen a ser completos pero se han hecho importantes avances en esta dirección. El amplio conocimiento que se tiene en este campo se extiende desde lo más grande hasta lo más pequeño; desde las enormes distancias que separan los cuerpos siderales hasta las mínimas partículas de naturaleza subatómica a partir de las cuales se explica la estructura corpuscular de la materia.

Así, el componente Entorno Físico se orienta, hasta donde ello es posible en el nivel de la formación básica, a la comprensión de los conceptos, principios y teorías a partir de los cuales el hombre describe y explica el mundo físico con el que interactúa. Dentro de este componente se estudia el universo -haciendo énfasis en el sistema solar y la Tierra como planeta- y la materia y sus propiedades, apropiando nociones o conceptos como energía, movimiento, fuerza, tiempo, espacio y alguna aproximación a las formas de medirlos. El componente Entorno Físico debe enfocarse de manera que promueva una actitud orientada al cuidado y conservación del planeta.

10.3.3 Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)¹⁸

La ciencia y la tecnología constituyen unas potentes fuerzas en la generación de cambios en la sociedad contemporánea. La tecnología que resulta de la aplicación práctica del conocimiento científico en la producción de bienes y servicios tiene efectos importantes en la sociedad y en el ambiente. El componente Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) busca estimular en los jóvenes la independencia de criterio – basada en conocimientos y en evidencias– y un sentido de responsabilidad crítica hacia el modo como la ciencia y la tecnología pueden afectar sus vidas, las de sus comunidades y las del mundo en general. Desde este componente se busca un mayor acercamiento entre la ciencia y el mundo del estudiante, propiciando una mayor comprensión del significado social de los conocimientos científicos y el desarrollo tecnológico.

Otros objetivos del componente CTS son generar una reflexión sobre cómo los conocimientos y competencias en ciencias se aplican en situaciones de la cotidianidad en beneficio individual y colectivo; examinar la repercusión que tienen la ciencia y la tecnología en el medio y cómo contribuyen a su sostenibilidad, y desarrollar en el estudiante la capacidad para interpretar logros y problemas de los avances científicos y tecnológicos en términos de sus efectos materiales y sociales y de fuerzas sociales que los promueven y que buscan sostenerlos.

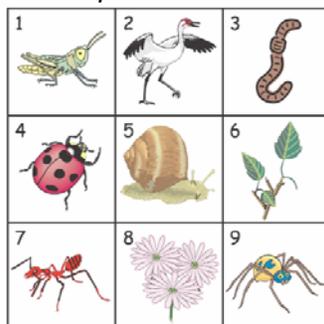
El componente CTS de la prueba explora si los estudiantes diferencian entre objetos diseñados por el hombre y aquellos que provienen de la naturaleza; si reconocen las herramientas y técnicas que ayudan a resolver problemas y contribuyen al bienestar de las personas; si identifican, analizan y explican situaciones o fenómenos en los que la ciencia y la tecnología han cambiado el curso de la vida de la gente, por ejemplo en el hogar, en la salud, en las comunicaciones y en el transporte. Así mismo, la prueba explora si los estudiantes reconocen las transformaciones que la ciencia y la tecnología han generado en el medio y en la sociedad.

¹⁸ Recientemente y dados los importantes problemas actuales sobre el medio ambiente que está teniendo la humanidad, la comunidad científica en didáctica de las ciencias ha comenzado a proponer que se incluya el ambiente de manera explícita en las relaciones CTS pasando a denominarse CTSA o STSE en inglés (Yore y Treagust, 2006; Gil, et al 2005.).

EJEMPLOS DE PREGUNTAS

1.

Manuel dibujó animales y plantas que le llamaron la atención.



De los seres vivos que dibujó Manuel, son herbívoros

A. 9 y 2

B. 5 y 1

C. 8 y 6

D. 1 y 2

Acción de pensamiento: Describo características de los seres vivos, establezco semejanzas y diferencias entre ellos y los clasifico. Clasifico seres vivos en diversos grupos taxonómicos.

Grado: 5º
Componente: Entorno Vivo
Competencia: Identificar
Nivel: C
Clave: B

En el proceso de aprendizaje el estudiante aprende cómo algunos organismos comparten características, pero otros no, lo cual puede ser aprovechado pedagógicamente para agrupar a los organismos en conjuntos o categorías. Esto conduce a la clasificación, una herramienta valiosa cuando se utiliza apropiadamente en el aprendizaje porque, al clasificar el estudiante va estableciendo relaciones entre los objetos que agrupa y al formar subgrupos reconoce características compartidas al interior de cada uno.

Clasificar es un proceso difícil porque significa abstraer semejanzas y diferencias y, a partir de ellas, proponer relaciones entre los objetos (formas de organizar). En la historia de la ciencia han aparecido muchos sistemas de clasificación de los organismos, que se desecharon, modificaron o ajustaron a medida que se tuvo más comprensión de la naturaleza y se contó con herramientas más precisas. En este sentido, en la enseñanza primaria la clasificación tiene la utilidad de relacionar al estudiante con una forma de organizar el mundo para comprenderlo, pero siempre recordando que los niños pueden encontrar más de una forma de clasificar dependiendo del referente y que cada propuesta debe ser analizada. En las salidas pedagógicas, o en los alrededores del colegio, se pueden realizar actividades

cuyo propósito sea observar el entorno, para trabajar y afianzar algunos temas que resulta difícil trabajar dentro del aula. En el caso de esta pregunta se aprovecha la curiosidad del estudiante para establecer relaciones y asociaciones y luego clasificar algunos organismos como herbívoros.

Cada opción de respuesta propone un par de organismos. El estudiante debe analizar lo que come cada uno y decidir si puede generalizar o no. Aquí se aplican procesos de abstracción y síntesis que hacen parte de la formación en ciencias naturales.

En la opción A se señala a una araña y a una garza. Las arañas se incluyeron en este ítem porque son animales muy comunes y si bien no es objeto de la formación en primaria que los niños sepan qué come cada animal, si es parte de su propósito que el niño sea capaz de establecer asociaciones y hacer deducciones. En este caso, se sabe que las arañas elaboran telarañas con las cuales capturan animales. El niño debe usar el conocimiento de su vida diaria y relacionarlo con el concepto de herbívoro vs. carnívoro que ha aprendido en el aula. Si la araña caza animales es para comerlos, por lo tanto no es herbívora. Esta conclusión acerca de la alimentación de la araña, debería llevarlo a rechazar la opción A, así no conozca la alimentación del otro animal propuesto en el par. El propósito de esta opción de respuesta es mostrar que no es necesario saberlo todo, sino que a partir de razonamientos basados en experiencias, observaciones y conocimiento se puede aceptar o rechazar una generalización.

Al elegir la opción B, los estudiantes identifican correctamente que los grillos y los caracoles se alimentan de hierbas y por eso los ubican como herbívoros. Establecen una relación entre lo que comen y una categoría específica. Para elegir esta opción los niños pueden reflexionar sobre los caracoles y recordar que se comen las plantas. Muchos niños no necesariamente saben qué comen los insectos (que de hecho pueden tener dietas diversas) pero al pensar en los grillos saltando en el pasto es posible asociar que éste sea su fuente de alimento.

La opción C, tiene el propósito de establecer si los niños diferencian entre plantas y herbívoros. Al seleccionarla reconocen que los elementos mostrados en los cuadros 8 y 6 son partes de una planta, pero sólo asocian parcialmente herbívoros con plantas, dejando ver que aún no tienen claro que el concepto se relaciona con la clase de alimento que consume un animal. Es posible que los niños sepan qué es un herbívoro pero aún no hacen uso competente del lenguaje de las ciencias naturales pues lo confunden con hierba o planta. En este sentido, actividades como las salidas de campo o los documentales sobre animales pueden ser aprovechados por el docente para facilitar la comprensión de conceptos relacionados con la clasificación y vida de los animales.

En la opción D, el grillo y la garza fueron seleccionados como herbívoros, lo cual sugiere que al elegirla no se tendrían en cuenta algunas características del ave para relacionarlas con su tipo de alimentación. En muchas partes del país se puede observar que cuando llegan las garzas se paran con sus largas patas en los lagos o pantanos, y allí capturan peces y pequeños animales con su pico. Al elegir esta opción los niños relacionan los hábitos de muchas aves con una alimentación basada en hierbas o sus derivados. El docente puede aprovechar esta opción para que los niños investiguen qué comen los diferentes tipos de aves y relacionen algunas características del cuerpo de esos animales con sus hábitos y formas de alimentación.

2.

En la orilla de la laguna Diana observa el siguiente letrero.



La unidad que debe estar escrita en el letrero es

- A. m^3
- B. m
- C. m^2
- D. cm

Acción de pensamiento: Establezco relaciones entre magnitudes y unidades de medida apropiadas.

Grado: **5º**
Componente: **Entorno Físico**
Competencia: **Indagar**
Nivel: **C**
Clave: **B**

Esta pregunta se ubica en el nivel de competencia C, que hace referencia al reconocimiento y diferenciación de los fenómenos del entorno cotidiano a partir de nociones que permiten discriminar los aspectos cualitativos y cuantitativos de dichos eventos. La competencia evaluada es indagación, la cual tiene que ver con la interpretación y el análisis de información relevante, en el caso particular de la pregunta, para establecer la relación correcta entre la magnitud y la unidad de medida, dimensión, adecuada. Para responderla correctamente es necesario que el estudiante, a partir de la información suministrada en el letrero, establezca la relación entre la profundidad de la laguna y la unidad de longitud apropiada.

Al elegir la opción A como respuesta, es claro que la relación establecida es profundidad-volumen, puesto que la unidad de medida seleccionada está en tres dimensiones (m^3). Es probable que la elección de esta opción de respuesta se deba a que los estudiantes relacionaron profundidad con cantidad de líquido, atributo conocido como volumen, medible en m^3 . Así, se puede afirmar que al seleccionar esta opción se asocia la característica de profundidad con volumen y no con longitud.

Al seleccionar la opción D, si se elige una unidad de longitud no se tiene en cuenta lo expresado en el letrero: “Prohibido nadar laguna profunda...”, y la magnitud que se presenta en el mismo. ¿Por qué está prohibido nadar si la profundidad de la laguna tan sólo es de 3,50 cm? No hay una identificación de las proporciones de la unidad de medida requerida.

Teniendo en cuenta las condiciones de la pregunta, en la que el letrero advierte un posible peligro, zona profunda, si se analizan adecuadamente tanto la dimensión como las proporciones de las unidades de medida presentadas en cada una de las opciones de respuesta, las únicas opciones que se refieren a unidades de longitud son B y D, sin embargo, un metro es 100 veces mayor que un cm. Lo anterior permite afirmar que desde la observación cotidiana es imposible hablar de que una laguna de 3,50 cm de profundidad represente un peligro.

A la luz del análisis anterior y de acuerdo con lo propuesto en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, es necesario fortalecer el trabajo interdisciplinar, entre las ciencias y la matemática, orientado al estudio de temáticas relacionadas con los sistemas de medición y su aplicación, por ejemplo, en el establecimiento de las relaciones entre magnitudes y unidades de medida. Problemáticas como la presentada en la pregunta, proporcionan

un espacio en el que se vinculan, no sólo, situaciones cotidianas con las nociones, conceptos y procedimientos propios de las ciencias, sino también, hace posible su trabajo con otras áreas del conocimiento.

El docente de ciencias, junto con el de matemática, pueden dirigir actividades en el aula que involucren, desde la exploración perceptual de las cualidades que se van a medir hasta la toma de varias mediciones de una misma característica, pasando por la selección adecuada de los instrumentos de medida y la utilización de la medición para resolver problemas de longitud, área, temperatura y tiempo, entre otros.

3.

La propagación de plantas por medio de cultivo de tejidos in vitro es un método de reproducción asexual en el cual, a partir de células de tejidos jóvenes de una planta se producen gran cantidad de plántulas. Las plántulas producidas por este método

- A. heredan todas las características de la planta madre.*
- B. heredan la mitad de las características de la planta madre.*
- C. sólo heredan las características ventajosas de la planta madre.*
- D. no heredan ninguna característica de la planta madre.*

Acción de pensamiento: *Comparo mecanismos de división celular y argumento su importancia en la generación de nuevos organismos y tejidos.*

Grado: **9º**
Componente: **Ciencia, tecnología y sociedad**
Competencia: **Explicar**
Nivel: **D**
Clave: **A**

Esta pregunta evalúa la comprensión que el estudiante tiene acerca de las características de los descendientes obtenidos por un método de propagación asexual, como el cultivo de tejidos o la propagación por estacas, entre otros. La propagación de plantas empleando métodos de reproducción asexual tiene una serie de ventajas y desventajas que deben tenerse en cuenta al cultivar en pequeña o gran escala.

La pregunta se centra en la reproducción asexual o vegetativa, proceso reproductivo en el cual un organismo genera individuos nuevos por división celular. En este proceso no interviene la unión de dos gametos, no hay intercambio genético (como sucede con la reproducción sexual en la cual intervienen la meiosis y la fecundación) y, por tanto, los individuos producidos asexualmente son genéticamente idénticos a sus padres.

La opción de respuesta A plantea que al tomar células de una planta y multiplicarlas, en este caso en una condición de laboratorio, las características de las nuevas plantas serán iguales a las de la planta donante. La opción B tiene en cuenta aspectos de la reproducción sexual en la cual los progenitores aportan la mitad de la información genética; posiblemente consideran que al no haber unión sexual de dos gametos sólo se hereda la mitad de las características. Quienes la seleccionen no diferencian la reproducción asexual de la sexual, y consideran que como cada progenitor aporta la mitad del material genético, entonces una planta donante solo da la mitad de su información genética al nuevo individuo. Los interrogantes que deja esta opción son entonces ¿De donde se obtiene la otra mitad de la información?, ¿Puede un individuo vivir con la mitad de su información genética y por qué? Preguntas que podrán generar mucho interés en los estudiantes si se trabajan como discusión.

La opción C en la cual se introduce un preconceito según el cual cuando se producen organismos en el laboratorio estos organismos siempre tienen las características deseadas, como por ejemplo ser resistentes a plagas, o ser más productivas. Aunque esto es cierto porque para el mejoramiento se seleccionan las plantas con las mejores características, también debe tenerse en cuenta que las plantas madres o donantes aportan todas sus características, incluso las que no son ventajosas.

Quienes seleccionen la opción D es probable que no empleen los conceptos de herencia al aceptar que las características de la planta donante no pasan a la descendencia. No se asocia la experiencia cotidiana, que muestra que los descendientes heredan características de los padres, con la herencia en las plantas que sigue principios similares. Esto último puede aprovecharse para trabajar en el aula la importancia de tener en cuenta hechos y observaciones de la vida diaria en la comprensión de algunos conceptos y en la resolución de problemas.

12. BIBLIOGRAFÍA

ATORRÉSI, A. "Recomendaciones para el uso de información en evaluación" FLACSO, UBA, Argentina 2005.

AUSUBEL Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo México. Trillas 1978

AUSUBEL, DP., NOVACK, J.D., Y HANESIAN, H. Psicología educativa. México. Trillas 1989

BACHELARD, G. La formación del espíritu científico. 1948

Constitución Política de Colombia de 1991.

DÉSOUTELS, J. Y LAROCHELLE, M. Educación científica: el regreso del ciudadano y de la ciudadana. Enseñanza de las ciencias, 2003, 21 (1), 3-20

- DUSCHL, R. A. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las ciencias*, 1995, 13 (1), 3-14
- Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales p.5
Altablero No 30, p 4
- GIL, D. MACEDO, B., MARTÍNEZ J, SIFREDO, P. VILCHES, A. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. *Década de la educación para el desarrollo sostenible*. UNESCO, 2005, 475 p
- HAWKINS, David *The Informed Vision*, Agathon Press, New York. (1974)
- LEMKE, J.L.. Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1), 5-12. (2006)
- Ley general de Educación Ley 115 de 1994
- Ley 715, 2001
- LUFFIEGO., M. Reconstruyendo el constructivismo: Hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las ciencias*, 2001, 19 (3), 377-392
- Lineamientos Curriculares Ciencias Naturales y Educación Ambiental, Ministerio de Educación Nacional. 1998
- MOCKUS, A., “La Misión de la Universidad” en *Reforma Académica: Documentos*, Universidad Nacional, Bogotá. (1995)
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata. (1998)
- Vasco, C. E. *La Integración: Una metodología fundamental en la construcción comprensiva de los conocimientos*. Cinep. Bogotá. (1998)
- YORE, L.D. & TREAGUST, D. F. Current realities and future possibilities: Language and science literacy —empowering research and informing instruction. *International Journal of science education*, 2006,

Estructura de Prueba

Examen de ESTADO Para Ingreso
a la Educación Superior

Ciencias Naturales

MARCO TEÓRICO
EXAMEN DE ESTADO

PRUEBA DE BIOLOGÍA

Autores:

Javier Toro Baquero
Carmen Reyes
Rosario Martínez

Marco Teórico del Examen de Estado

Prueba de Biología¹⁹ Núcleo Común y Profundización

RECONOCIMIENTO

Este capítulo se realizó con base a la obra de Alexandra Olaya, Myriam González, Aura Montañez, Gloria Sánchez, César Herreño. Este capítulo se ajustó después de un estudio riguroso del trabajo hecho inicialmente, y con los aportes de discusiones por parte de la actual colegiatura de Biología, de un trabajo que se inició a finales del año 2004.

INTRODUCCIÓN

Los cambios efectuados en la prueba de Estado en Biología obedecen, en primera instancia, a un interés en evaluar la competencia en biología en contextos más cercanos a la realidad de los estudiantes y, en consecuencia, menos abstractos y articulados con un tópico o hilo conductor. En segundo lugar, reflejan también el deseo de evaluar la nueva competencia de *Indagación* planteada en los estándares de Ciencias Naturales.

Las tendencias recientes en la enseñanza de las ciencias nos indican que el aprendizaje de conceptos de manera desarticulada y sin sentido alguno para el estudiante no es efectiva y los conceptos se olvidan rápidamente. En consecuencia, utilizando un contexto cotidiano, las preguntas indagan por las competencias de los estudiantes para aplicar el conocimiento de conceptos y teorías científicas en situaciones de la vida real. Lograr aplicar un conocimiento aprendido en un contexto y aplicarlo en otro distinto muestra un aprendizaje significativo.

La indagación es una actividad multifacética caracterizada por observar, hacerse preguntas, examinar libros y otros tipos de información, diseñar experimentos, analizar datos obtenidos y proponer explicaciones para los resultados obtenidos. Esta competencia tiene como fin el desarrollar en los jóvenes colombianos además de un pensamiento científico, un pensamiento crítico y la capacidad de tomar decisiones con base en conocimientos y evidencias.

¹⁹ Elaborado por: Luis Javier Toro Baquero —Profesional del Icfes y Doctorando en educación con énfasis en la evaluación en ciencias naturales—, Carmen Reyes Blandón —Docente Universidad Nacional, Magíster en Ecología— y Rosario Martínez —Formulación Estándares básicos de Competencias en Ciencias Naturales, Magíster en Microbiología—.

1. PROPÓSITOS DE LA EVALUACIÓN EN CIENCIAS NATURALES Y EN BIOLOGÍA

Las pruebas de Examen de Estado, en especial las de Ciencias Naturales se sitúan por ahora en el dominio de los conocimientos universales²⁰. Buscan establecer y diferenciar las varias competencias de los estudiantes para poner en juego conocimientos básicos de las ciencias naturales en la comprensión y resolución de problemas. Las pruebas, además, evalúan la comprensión que los estudiantes tienen sobre las particularidades y los alcances del conocimiento científico y la capacidad que poseen para diferenciar este conocimiento de otros saberes. Se espera que en el futuro la prueba permita conocer las actitudes de los estudiantes frente al conocimiento y la ciencia.

Las pruebas evalúan la competencia para identificar y explicar hechos y fenómenos del mundo natural e indagar sobre ellos. Esta evaluación también busca conocer la capacidad de los estudiantes para establecer relaciones entre nociones y conceptos provenientes de contextos propios de la ciencia y de otras áreas del conocimiento, poniendo en ejercicio su capacidad crítica, entendida como la habilidad para identificar inconsistencias y falacias en una argumentación, para valorar la calidad de una información o de un mensaje y para asumir una posición propia. Lo anterior hace parte de los requerimientos del mundo moderno que exige la capacidad de interpretar y actuar socialmente de manera reflexiva, eficiente, honesta y ética.

En este mismo contexto, la prueba evalúa el conocimiento del lenguaje de la ciencia para la comunicación según distintas circunstancias y modalidades en el mundo moderno. En este sentido, se tiene en cuenta que para lograr el dominio y la comprensión del lenguaje propio de las ciencias, el joven transita paulatinamente desde un universo de significados muy ligado a su realidad cercana, que se enriquece permanentemente, hasta alcanzar niveles cada vez más altos de abstracción y de generalización.

Se tiene presente que en las instituciones escolares no se trata de formar científicos en sentido estricto²¹, sino de formar personas que sean capaces de reconstruir significativamente el conocimiento existente, aprendiendo a aprender, a razonar, a tomar decisiones, a resolver problemas y a tomar decisiones basándose en evidencias, a pensar con rigurosidad y a valorar de manera crítica el conocimiento y su impacto en la sociedad y en el ambiente.

Visión de la Biología

Las competencias específicas en biología permiten establecer relaciones entre diferentes ramas de la biología para entender la vida, los organismos, sus interacciones y sus transformaciones, para este fin se abordan los procesos vitales, la descripción y organización de los seres vivos; la importancia de las especies en los ecosistemas en la medida que modelan y transforman su entorno, las relaciones entre los seres vivos con los ecosistemas en los procesos de intercambio de energía.

En la aproximación al estudio de la biología como ciencia se debe enfatizar en reconocer los procesos de surgimiento, organización y herencia genética de la vida en el Tierra; en comprender los mecanismos implicados en la transferencia de características por los genes,

²⁰ Cuando decimos “por ahora” queremos indicar que sería posible que las regiones generaran pruebas adicionales para tomar en cuenta situaciones o problemas locales y, además de los conocimientos de las ciencias, ciertos saberes de experiencia que se desarrollan en las localidades.

²¹ La visión propedéutica de la formación en ciencias es otra de las tendencias que se mantiene en la actualidad (Furió. Et al, 2001). El enseñar para desenvolverse en una carrera científica se torna desdibujado con el contexto y los deseos de los estudiantes. Esta tendencia propedéutica se centra en la formación de físicos, químicos o biólogos en la básica secundaria, sin tener en cuenta que muchos estudiantes no les interesa la ciencia; y en ese sentido se pierde, en gran media, los pocos conocimientos que se logran comprender (Bell, 1988 citado por Furió. Et. Al. 2001).

que junto con otros mecanismos han permitido la adaptación y evolución de la diversidad de formas vivientes y en entender la reproducción como el proceso a través del cual se logra perpetuar la especie.

A partir del estudio de la biología, se pueden hacer varias aproximaciones al estudio de la diversidad, cuya importancia radica en reconocer los principales grupos de organismos y sus características más representativas. Se reconocen también los diferentes niveles de diversidad²² como parte fundamental del desarrollo y evolución de los organismos.

Otras aproximaciones se refieren a la estructura y funciones de los organismos y a la conformación de ecosistemas, a las interrelaciones de grupos de especies y al intercambio que establecen entre ellos y con el ambiente. El uso de los recursos naturales a través de pautas para un manejo adecuado también es fundamental en el estudio de la biología.

2. ESTRUCTURA DE LA PRUEBA

A lo largo de su educación básica y media el estudiante debe desarrollar competencias que le permitan conocer su entorno, actuar sobre él e integrarse culturalmente y como ciudadano responsable a su medio natural y social. Las diferencias culturales que existen en el país exigen un balance delicado en la educación entre lo que es necesario saber para integrarse como actor en los entornos locales y los conocimientos universales de los cuales no puede prescindirse en el mundo de hoy. Las instituciones educativas deben ser respetuosas de la diversidad étnica y cultural y los programas educativos deben tomar en cuenta esta diversidad. Sin embargo, la extensión global de las innovaciones tecnológicas y su incidencia, cada vez más grande en la vida cotidiana de las personas, exigen una comprensión mínima de elementos fundamentales de las ciencias naturales así como un conocimiento de sus alcances y del tipo de problemas que pueden resolver. Por eso se hace necesario el desarrollo de competencias que le permitan al estudiante poner en juego conocimientos de las ciencias para comprender y contribuir a resolver problemas de su entorno.

La comprensión de las ciencias naturales, en el contexto de la vida cotidiana, se va adquiriendo gradualmente a través de las experiencias que responden a la curiosidad propia de los niños y en la medida en que el estudiante conoce el lenguaje y los principios de la ciencia. La estructura de la Prueba de Biología propone, entonces, preguntas alrededor de contextos del mundo natural ya sea desde situaciones propias de la disciplina, como de diseños experimentales, investigaciones y situaciones de la vida diaria para estimular la costumbre de observar el medio. La presentación de preguntas o problemas, desde el entorno del estudiante, promueve un acercamiento hacia el mundo natural y una mayor comprensión de su importancia para adquirir competencias para la vida.

La prueba de biología consta de 24 preguntas elaboradas a partir de uno o varios contextos que dan cuenta de las tres competencias específicas: **Identificar, Explicar e Indagar** y de los tres componentes que subyacen a una de las formas de comprender y acercarse a las

²² Nivel específico: La gran variedad conocida de especies que habitan la Tierra constituye la manifestación más espectacular de la diversidad biológica. Las especies conocidas son sólo una porción del total existente, ya que se calcula que quedan millones de formas de vida sin describir.

Nivel genético: la mayoría de las especies cuentan con individuos que son diferentes. Estas diferencias son el reflejo de una diversidad en el código genético que posee cada individuo.

Nivel ecológico: la gran variedad de regiones geográficas conocidas como la tundra, la taiga, los bosques templados, los páramos, los desiertos, las praderas, los arrecifes de coral, las sabanas o las selvas, son sólo ejemplos de la variedad de ecosistemas que hay en el planeta, puesto que estos ecosistemas a su vez cuentan con numerosas variantes locales. Adaptado de (<http://www.unescoeh.org/ext/manual/html/biodiversidad.html>)

relaciones de los organismos con su entorno²³. Estos componentes son el Celular, el Organísmico y el Ecosistémico. 4 de estas 24 preguntas se derivan de un contexto común del cuál surgen preguntas de física, química y biología, con el fin de invitar a los maestros a reconocer cómo un mismo problema puede ser visto desde estas tres disciplinas.

2.1 Los Contextos de la prueba

Un contexto en la prueba de Biología es un escenario en el que se desarrollan eventos particulares como el desarrollo de una investigación o las características de un ser vivo que involucran temáticas universales y cercanas a la enseñanza en el aula.

La elección de los contextos obedece al interés de reducir la brecha que existe entre la enseñanza de temáticas sueltas, y muchas veces sin un sentido claro para el estudiante, al uso significativo de lo que ha aprendido. El contexto, entonces, sitúa al estudiante en un espacio que le permite vincular lo aprendido en la escuela con su cotidianidad; busca además, proponerle al docente orientaciones para que, desde el aula, conecte el conocimiento proveniente de la biología con la realidad de los estudiantes.

2.2 LOS COMPONENTES

Al tratar de nombrar las características que separan a los seres vivos de los no vivos, se desea hacer algo más que simplemente mencionar y describir sus características distintivas; sería importante llegar a comprender las bases químicas y físicas de cada uno. Aunque la lista de propiedades de los seres vivos—organización, metabolismo, movimiento, irritabilidad, crecimiento, reproducción, y adaptación— parece específica y definida, la línea que separa a los seres vivos de los no vivos es bastante tenue. Los virus, por ejemplo, presentan algunas de las características de los seres vivos, pero no todas. La pregunta acerca de si los virus, viroides y priones²⁴ son seres vivos o no vivos ha sido una de las inquietudes de la biología moderna, cuya respuesta aun se encuentra en construcción. Es indispensable reconocer el universo cambiante de la biología o del estudio de lo vivo, por ejemplo, las características que actualmente identifican a lo vivo en un futuro pueden ser insuficientes para caracterizar nuevos descubrimientos. (Hickman, 2002; Curtis 1994, Bernstein, 1998)

Los seres vivos están formados por diferentes partes cada una de ellas con funciones específicas: son sistemas. Por tanto, el estudio de lo vivo debe ser abordado por subsistemas o componentes dependiendo de la visión que tenga el docente o el estudiante. Para construir las preguntas que hacen parte de las pruebas se han estructurado tres componentes para agrupar, en parte, el estudio de lo vivo. Un componente en la prueba de biología es un elemento integrador de un sistema de representaciones que surge de la necesidad de abordar el estudio de lo vivo a partir de categorías.

²³ El Enfoque de Niveles de Organización ha sido propuesto por varios autores en el estudio de la biología. Aunque este sea el enfoque actual de la prueba, es importante recordar que las preguntas de la prueba buscan explorar las relaciones que se presentan entre cada uno de los niveles, idealmente al hablar de célula, ésta debe ubicarse en un organismo donde está sujeta al entorno inmediato en el que se encuentra. De igual manera los organismos no se pueden entender aislados de sus ecosistemas o de su historia evolutiva. Esto se hace con el fin de transformar la mirada de conceptos atomizados, a verlos asociados pertinentemente en la resolución de un problema.

²⁴ Los viroides son moléculas de ARN desnudo y se encuentran en las plantas, uno de ellos es el causante de la enfermedad del tubérculo de la papa; y los priones son partículas proteínicas pequeñas que se encuentran en los animales, causante de la enfermedad “picazón” una enfermedad neurológica infecciosa similar a enfermedades humanas como el Alzheimer. Tanto los viroides como los priones se replican en células susceptibles.

En la prueba de biología se han estructurado tres componentes para evaluar la aproximación al estudio de las interrelaciones de los organismos con el medio. Estos componentes son: *Celular, Organísmico y Ecosistémico*.

2.2.1 Componente: CELULAR

La unidad estructural y funcional de todos los seres vivos es la célula, la unidad de vida más sencilla que puede vivir con independencia. Los procesos de todo el organismo son la suma de las funciones coordinadas de sus células constitutivas. Estas unidades celulares varían considerablemente en tamaño, forma y función. Algunos de los organismos tienen cuerpos de una sola célula; el cuerpo de un hombre o un árbol, en contraste, está formado por incontables miles de millones de células unidas. (Hickman, 2002; Curtis 1994, Bernstein, 1998)

La teoría celular, por su parte, es uno de los fundamentos de la biología moderna. Esta teoría afirma que:

- ☛ todos los organismos vivos están compuestos por una o más células;
- ☛ las reacciones químicas de un organismo vivo, incluyendo sus procesos liberadores de energía y sus reacciones biosintéticas, tienen lugar dentro de las células;
- ☛ las células se originan de otras células, y
- ☛ las células contienen la información hereditaria de los organismos de los cuales son parte, y esta información pasa de célula progenitora a célula hija.

Toda la evidencia disponible indica que hay una continuidad ininterrumpida de las células y los organismos que ellas componen con las primeras células primitivas que aparecieron sobre la Tierra. Las células comparten características esenciales, desde una perspectiva bioquímica; tres características distinguen a las células vivas de otros sistemas químicos:

- ☛ El material genético (la información hereditaria) que dirige las actividades de una célula y le permite reproducirse y transmitir las características a la progenie. La organización del material genético es una de las características que distinguen dos tipos distintos de células, las procariotas y las eucariotas.
- ☛ La presencia de enzimas, proteínas complejas que son esenciales para las reacciones químicas de las que depende la vida;
- ☛ Una membrana que separa a la célula del ambiente circundante y le permite mantener una identidad química distinta llamada membrana celular o membrana citoplasmática. (Hickman, 2002)

El que la célula sea considerada como la base de los sistemas biológicos se relaciona también con el hecho de que el objeto de estudio que se propone para esta propuesta evaluativa sean los sistemas homeostáticos y adaptables, y en este sentido la célula constituye la individualidad más pequeña desde la cual se puede dar cuenta de estos sistemas biológicos.

Mirar las interacciones, por su parte, involucra no sólo aquellas características de la célula que la diferencian de otros niveles de organización biológica, sino también aquellas que, sin superar las fronteras del nivel celular, evidencian diversidad en el interior de éste. En el primer grupo de características se encuentran, por ejemplo, todos aquellos aspectos relacionados con la replicación y expresión genética, la entrada y salida de sustancias de la célula y la reproducción celular. En el segundo grupo se encuentran temas relacionados con las diferencias entre autótrofos y heterótrofos, procariotas y eucariotas, meiosis y mitosis, aerobios y anaerobios. Así mismo, la mirada sobre las interacciones de un sistema celular puede corresponder al establecimiento de aquellas interrelaciones que al nivel celular

permiten y de hecho son necesarias para que se presenten otras en los niveles de orden de complejidad mayor” (González et al, 2000).

Ejemplo de pregunta del componente celular:

En un hato se encontró un único toro resistente a la aftosa. Se quiere obtener un clon de este animal para disminuir la incidencia de esta enfermedad en el hato. Para la clonación debe implantarse en un óvulo sin núcleo de una vaca del hato

- A. un espermatozoide del toro
- B. una célula somática del toro
- C. el núcleo del espermatozoide del toro
- D. el núcleo de la célula somática del toro

Componente: **Celular**
Competencia: **Identificar**
Clave: **D**

La pregunta plantea la situación de un óvulo sin núcleo que debe completarse para activar su desarrollo y dar lugar a un nuevo ser. Todas las células del cuerpo requieren núcleo para su multiplicación porque allí va la información genética, de manera que las opciones C y D aportarían el núcleo que le falta al óvulo. Sin embargo, sólo la opción D considera el núcleo con la condición diploide de cromosomas, que es la condición necesaria para que el clon tenga toda la información del toro que se desea clonar. La opción C considera un núcleo que contienen solamente la mitad de la información genética que dará como resultado un ser haploide no viable. Elegir esta opción indica que los estudiantes reconocen que el núcleo del espermatozoide y el núcleo del óvulo son los necesarios para formar un nuevo ser, pero olvidan que se trata de un clon y no de un organismo generado a partir de la reproducción sexual.

La opción C “el núcleo del espermatozoide” o la opción A “el espermatozoide” indagan por un conocimiento fundamental que es reconocer a los espermatozoides como elementos de la reproducción sexual, mientras que las otras dos opciones B y D indagan por el reconocimiento de que la clonación se basa en el uso de la información genética de las células somáticas.

Contestar correctamente esta pregunta requiere la comprensión profunda de un tema que ahora hace parte de nuestra cotidianidad, pero que es bastante abstracto.

2.2.2 Componente: ORGANÍSMICO

Desde el marco de fundamentación del año 2000, el organismo constituye el nivel inmediatamente superior al celular. Dentro de él se advierte un aumento de en la complejidad biológica, la cual no debe ser entendida sólo como el aumento en el número de células, que hacen parte del mismo sistema, sino sobre todo como un aumento en el número de interrelaciones que se establecen entre ellas. Como consecuencia de esto, aumenta el número de propiedades que surgen en este nivel en relación con el anterior; ejemplo de esto lo constituye la especialización celular que se presenta en un organismo pluricelular.

El organismo pluricelular ya no puede ser considerado como un conjunto de células sin interconexión entre sí, sino más bien como un sistema conformado por un conjunto de células, las cuales, a pesar de cumplir las mismas funciones, establecen una relación tal, que la existencia del sistema depende de la interrelación de sus partes y no del funcionamiento de cada una de ellas por separado (González et al, 2000).

De igual forma las características, tanto morfológicas como fisiológicas de un organismo, le permiten actuar en un instante determinado como un sistema homeostático. Así pues, desde esta perspectiva de abordaje se pueden analizar aquellos tópicos que tienen que ver, por ejemplo, con las características de un tejido o las concentraciones de ciertas sustancias en el torrente sanguíneo (González et al, 2000).

Este componente hace referencia a la comprensión y el uso de nociones y conceptos relacionados con la composición y el funcionamiento de los **organismos**, a sus niveles de organización interna, su clasificación, sus controles internos (homeostasis) y a la reproducción como mecanismo para mantener la especie. Involucra el conocimiento de la herencia biológica, las adaptaciones y la evolución de la diversidad de formas vivientes.

Entre los temas abordados en este componente se encuentran:

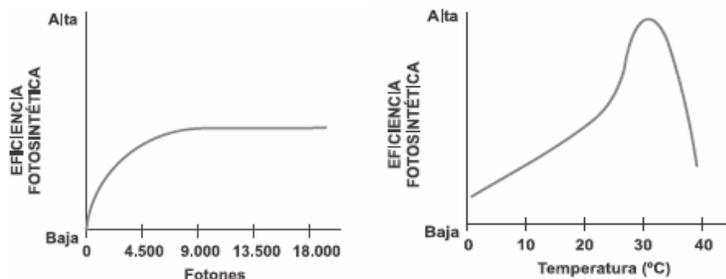
Estructura y funciones. Abarca la composición y funcionamiento de los organismos, los rasgos que los relacionan dentro de la diversidad de organismos; los niveles de organización interna de los seres vivos, que va desde la célula, pasando por los tejidos y los órganos hasta la formación de sistemas; los procesos biológicos relacionados con los sistemas que poseen los seres vivos, como el sistema nervioso, endocrino, respiratorio y excretor.

Continuidad. Contempla procesos de surgimiento, organización y herencia genética de la vida en el Tierra; la comprensión de la herencia biológica y los mecanismos que implica ésta, que junto con otros han permitido la adaptación y evolución de la gran diversidad de formas vivientes; y la reproducción como proceso a través del cual se logra perpetuar la especie.

Transformación. Hace referencia al concepto de cambio aludiendo a sus causas y consecuencias y estudia las teorías de la evolución.

Ejemplo de pregunta del componente orgánico:

Los siguientes gráficos representan los efectos de la intensidad de la luz y de la temperatura en la eficiencia fotosintética.



Si en una experiencia de laboratorio se someten tres plantas de la misma especie a las siguientes condiciones de luz y temperatura,

Planta N°	Fotones	Temperatura °C
1	2.000	10
2	16.000	20
3	13.000	30

se esperaría que el proceso fotosintético fuera

- A. bajo en la planta 1 y eficiente en 2 y 3
- B. eficiente en las plantas 1 y 2 y bajo en 3
- C. más eficiente en la planta 1, medianamente en la 2 y bajo en la 3
- D. más eficiente en la planta 3, medianamente en la 2 y bajo en la 1

Componente: **Organísmico**
 Competencia: **Identificar**
 Clave: **D**

Esta pregunta requiere la interpretación de una situación asociada a dos variables. La gráfica indica que a partir de 9.000 fotones la eficiencia es constante y que en 30° C se registra la mayor eficiencia fotosintética, de manera que una superposición de las gráficas permite identificar la condición más eficiente (opción D). El gráfico muestra un pico a 30° C y esto facilita la toma de decisiones, sin necesidad de tener en cuenta el resto de la información.

La opción A reconoce la limitación de la condición 1, y aunque es válido aceptar que las condiciones 2 y 3 son eficientes, no asocia el incremento de temperatura con un incremento de la eficiencia fotosintética.

Por otra parte, las opciones de respuesta que atribuyen una condición ventajosa a la situación 1 (opciones B y C), sugiere dificultades para trasponer el dato proporcionado en una tabla a una gráfica dada e interpretar la información resultante.

2.2.3 Componente: ECOSISTÉMICO

A mediados del siglo XIX el zoólogo alemán Ernst Haeckel introdujo el término ecología, que definió como la relación de un ser vivo con su medio, tanto orgánico como inorgánico. El medio debe entenderse como todo aquello que es externo con respecto al organismo. La ecología es una ciencia altamente sintética, que incluye todo lo que se sabe sobre el comportamiento, la fisiología, la genética, la evolución de los seres vivos y las interacciones entre las poblaciones y sus ambientes. (Bernstein, 1998)

El mayor éxito de los estudios ecológicos radica en comprender la manera en que estas diferentes interacciones determinan la distribución geográfica y la abundancia de las poblaciones. Estos conocimientos son fundamentales para asegurar la supervivencia de muchas poblaciones cuando sus ambientes naturales se ven alterados por la actividad humana.

En la naturaleza, los organismos conviven con otros de la misma especie. Estos grupos se conocen como **poblaciones**. Las poblaciones tienen ciertas características que no pueden apreciarse cuando se estudian los seres vivos sólo como individuos, incluyendo la variabilidad genética entre individuos (polimorfismo)²⁵, el crecimiento en número a lo largo del tiempo y los factores que limitan la densidad de individuos en el área en que viven. Los estudios ecológicos

²⁵ Polimorfismo puede entenderse como múltiples alelos de un gen entre una población, normalmente expresados como diferentes fenotipos

de las poblaciones nos ayudan a predecir el futuro de las especies en peligro y a encontrar mecanismos de control contra las plagas. (Hickman, 2002; Curtis 1994, Bernstein, 1998)

Del mismo modo que los individuos no viven solos, las poblaciones de diferentes especies coexisten y forman unas asociaciones más complejas llamadas **comunidades**. La variedad de una comunidad está dada por su diversidad de especies. Las diferentes poblaciones de una comunidad interactúan unas con otras de muchas maneras, de las cuales, las más evidentes son la depredación, el parasitismo y la competencia.

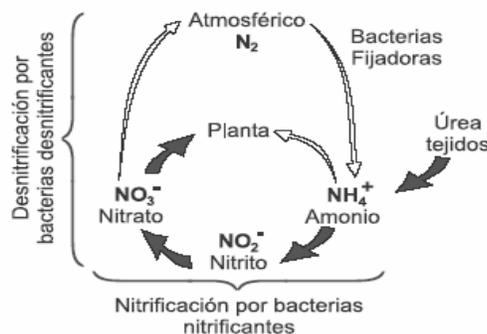
Los depredadores obtienen la energía y los nutrientes matando y comiéndose a sus presas. Los parásitos obtienen unos beneficios similares de sus hospedadores, pero generalmente no los matan. **La competencia** se produce cuando la comida o el espacio son bienes limitados y los miembros de diferentes especies interfieren unos con otros para poder utilizar esos recursos limitados. Las comunidades son complejas ya que todas estas interacciones se producen de manera simultánea y los efectos de cada una de ellas sobre la comunidad en conjunto no pueden aislarse unos de otros.

Las comunidades ecológicas son los componentes biológicos de entidades aún más grandes y complejas llamadas **ecosistemas**. Un ecosistema está formado por todas las poblaciones de una comunidad junto con su ambiente físico. El estudio de los ecosistemas nos ayuda a entender dos procesos naturales fundamentales, **el flujo de la energía** y los **ciclos de los materiales** a través de los canales biológicos. El mayor de los ecosistemas es **la biosfera**, la delgada capa de tierra, agua y atmósfera, que envuelve a la gran masa del planeta y que soporta a toda la vida de la Tierra. (Hickman, 2002)

Este componente, entonces, hace referencia a la organización de grupos de especies, a las relaciones que establecen los organismos con otros organismos, al intercambio que establecen entre ellos, con su ecosistema y con **el ambiente en general**, al establecimiento y conservación de los ecosistemas. También considera el papel de las especies en lo que se relaciona con la transformación de los ecosistemas, los ecosistemas del mundo; y los procesos de intercambio de energía. Hace referencia al concepto de evolución aludiendo a sus causas y consecuencias en el nivel ecosistémico.

Ejemplo de pregunta componente ecosistémico:

Aunque las plantas pueden utilizar el amoníaco directamente, en general éstas absorben el nitrato del suelo a través de las raíces. En el siguiente esquema se representa el papel que cumplen las bacterias en el ciclo del nitrógeno



En un determinado suelo el nitrógeno disponible para las plantas es bajo. Esta situación se debe probablemente a que existe una gran cantidad de

- A. cianobacterias
- B. bacterias nitrificantes

- C. bacterias desnitrificantes
D. bacterias fijadoras de nitrógeno

Componente: **Ecosistémico**
Competencia: **Indagar**
Clave: **C**

El contexto de la pregunta indica que aunque las plantas pueden usar amonio, los nitratos son la principal fuente de nitrógeno para las plantas (flecha de mayor tamaño); así mismo el modelo del ciclo del nitrógeno indica que parte del mismo se pierde a la atmósfera en presencia de bacterias desnitrificantes. Por esta razón la opción C explica la baja disponibilidad de nitrógeno que plantea la pregunta.

En las opciones B y D se forman las sustancias que aportan el nitrógeno disponible para las plantas y la pregunta indaga por la situación contraria. La opción A incorpora un elemento que no hace parte del modelo presentado, pero hace parte de los ejemplos más trabajados en la escuela.

2.3 LAS COMPETENCIAS

Para el área de ciencias naturales se han definido siete competencias específicas que corresponden a capacidades de acción que se han considerado relevantes, pero sólo tres de ellas, Identificar, Indagar y Explicar, son evaluadas en la prueba. Las otras cuatro competencias: Comunicar, Trabajar en equipo, Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y Disposición para aceptar la naturaleza cambiante del conocimiento deben desarrollarse en el aula como parte de la formación en ciencias, aunque de momento no se puedan rastrear desde una evaluación externa.

A partir de la definición de cada una de las competencias propuestas en el capítulo “competencias específicas en ciencias naturales” se definen a continuación los niveles de desarrollo para la prueba de Biología en Núcleo Común.

La siguiente tabla presenta las características que describen cada uno de los niveles de desarrollo de las competencias en la prueba de Biología:

Tabla de niveles en las competencias

Nivel	C1 IDENTIFICAR	C2 INDAGAR	C3 EXPLICAR
Bajo	En este nivel el estudiante reconoce y diferencia , es decir, discrimina entre fenómenos y eventos tangibles y cercanos, en el nivel celular, del organismo y del ecosistema empleando nociones construidas desde la vida cotidiana y escolar.	En este nivel el estudiante tiene nociones de elementos del diseño experimental, comprende el objetivo de un experimento y hace interpretaciones directas de la información presentada en gráficas y tablas.	En este nivel el estudiante da razones de fenómenos y eventos tangibles y cercanos poniendo en juego la imaginación y el dominio de nociones y relaciones lógicas sencillas en el nivel celular, del organismo y del ecosistema.

Medio	En este nivel el estudiante reconoce y comprende características, variables y relaciones cualitativas y cuantitativas empleando nociones y conceptos pertinentes para el análisis de eventos o procesos en el nivel celular, del organismo y del ecosistema.	En este nivel el estudiante hace deducciones a partir de información cuantitativa y cualitativa presentada en tablas, gráficas y modelos haciendo un uso comprensivo de la información biológica que se suministra en el problema con base en nociones y conceptos .	En este nivel el estudiante da explicaciones de fenómenos, eventos y procesos tangibles y abstractos del nivel celular, del organismo y del ecosistema a partir de la aplicación de conceptos pertinentes y la comprensión de su significado biológico .
Alto	En este nivel el estudiante reconoce , comprende y analiza fenómenos y eventos tangibles y abstractos , en el nivel celular, del organismo y del ecosistema empleando conceptos pertinentes y aproximaciones teóricas de la biología.	En este nivel el estudiante abstrae e interpreta la información contenida en gráficas, tablas ó modelos, relaciona dicha información con conceptos y aproximaciones teóricas de la biología y se vale de lo anterior para resolver un problema o para establecer relaciones de causa-efecto.	En este nivel el estudiante da explicaciones a fenómenos, eventos y procesos tangibles y abstractos , en el nivel celular, del organismo y del ecosistema basándose en la aplicación de conceptos y aproximaciones teóricas de la biología y en el uso de un pensamiento relacional con la información proporcionada.

2.4 EJEMPLOS DE PREGUNTAS POR COMPETENCIA

A partir del siguiente contexto conteste las preguntas 1 y 2

El Tapir

El Tapir o Danta es un animal herbívoro que se alimenta de una gran variedad de hojas, de plantas acuáticas, de frutas y de tubérculos. Llega a pesar entre 200 y 300 kg. y puede medir entre 1,90 y 2,50 m. Los adultos difieren de los jóvenes en su pelaje; el de las crías es pardo claro con manchas y rayas amarillentas, mientras que el de los adultos es de un color pardo oscuro en el lomo y pardo claro en el vientre. Le gusta darse baños de barro y es común verle en las orillas de ríos o sumergido en ellos. Es un animal solitario, pero en época de reproducción se le ve bien acompañado. Su período de gestación dura alrededor de 14 meses y en general tienen 1 cría por parto.

Al igual que muchos animales del país se encuentra en vía de extinción por la destrucción de su hábitat y el comercio de su piel.



1. La diferencia en la coloración del pelaje entre las crías y los adultos se debe principalmente a que

- A. los adultos reconocen a sus crías por las manchas.
- B. las manchas y rayas hacen que las crías sean menos visibles en el entorno.
- C. el color pardo claro absorbe más radiación del sol y calienta más a las crías.
- D. El patrón de coloración es determinado por la dieta ingerida.

Componente: **Organísmico**
Competencia: **Identificar**
Clave: **B**

Esta pregunta tiene la intención de relacionar el ecosistema donde se desarrolla el tapir con las características físicas que le permiten sobrevivir. Hace parte del componente organísmico porque se enfoca en una característica corporal e indaga por la relación adaptación-ecosistema. Y de la competencia Identificar porque pide al estudiante hacer un reconocimiento de las características del pelaje como una adaptación al entorno del animal. Los cachorros presentan un pelaje distinto al de los adultos porque éste les permite pasar desapercibidos de los depredadores.

En el contexto inicial se menciona que *“Los adultos difieren de los jóvenes en su pelaje; el de las crías es pardo claro con manchas y rayas amarillentas, mientras que el de los adultos es de un color pardo oscuro en el lomo y pardo claro en el vientre”*. Este párrafo es muy descriptivo, enuncia una serie de características que los estudiantes pueden pasar por alto a menos que se pregunten el porqué de este fenotipo. Las preguntas orientadoras sirven como estrategias pedagógicas para que el estudiante se acerque significativamente a las ciencias pues no es lo mismo hacer una lectura literal que reflexionar y preguntarse sobre la información que se lee.

La opción A, indica que un patrón de coloración es una buena estrategia de reconocimiento, como sucede por ejemplo con las cebras donde las crías reconocen a sus padres por la distribución de las rayas, porque tanto adultos como hijos son muy similares; sin embargo, en la mayoría de los mamíferos el reconocimiento se basa en los olores. Los tapires tienen trompas grandes, su olfato está muy desarrollado y, por ende, las rayas no son la base del reconocimiento.

La opción C se basa en la necesidad de calor de las crías mientras que la opción D relaciona el cambio de dieta de las crías con el cambio en su coloración, donde se asume que la dieta influye en la coloración del pelaje. Es aceptable pensar que un adulto exprese de manera completa la coloración en todo su pelaje porque los alimentos que consume contribuyen a formar los pigmentos. Es posible que un animal bien nutrido exprese mejor los colores del pelaje pero los patrones de coloración son determinados genéticamente.

En la opción correcta, B, se hace la relación de una adaptación con el medio en el cual se desarrolla el cachorro; es interesante notar que la mayor parte de coloración de los cachorros es diferente a la que tendrán en un estado adulto y si se ha conservado es porque debe tener valor adaptativo.

2. A los pocos meses de vida los tapires empiezan a cambiar su pelaje, a adoptar comportamientos de adulto y dejan de alimentarse de leche materna; este cambio de dieta obedece a

- A. cambios en la oferta alimenticia del medio.
- B. cambios en los nutrientes que aporta la leche materna.
- C. incremento en el requerimiento energético.
- D. respuesta adaptativa a un cambio en el medio.

Componente: **Celular**
Competencia: **Explicar**
Clave: **C**

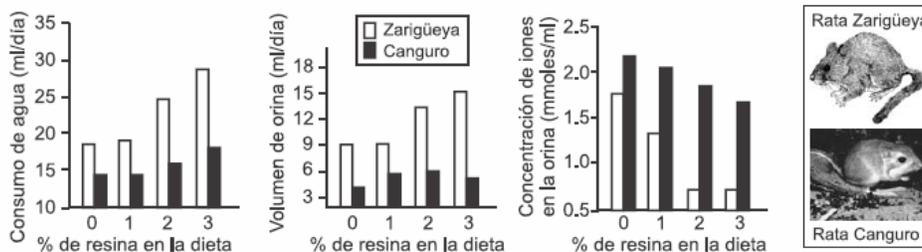
Esta pregunta, como la anterior, indaga por un proceso en el desarrollo de las crías del tapir — el cambio de dieta— una característica común en todas las crías de los mamíferos. Es del componente celular porque indaga por el requerimiento energético del organismo, el cual puede trabajarse desde el organismo o desde la célula. Y es de la competencia Explicar porque el estudiante debe acudir a su conocimiento sobre nutrición para dar una razón que satisfaga la pregunta.

La opción A explica el cambio de dieta por cambios en el medio, lo cual sería cierto si este animal fuera itinerante en diferentes ecosistemas, aunque el animal se desplace grandes distancias, la oferta alimenticia es similar, por lo cual no es una razón que conteste satisfactoriamente a la pregunta.

En La opción B es necesario reconocer que los nutrientes de la leche materna no cambian. A medida que van creciendo los tapires, se independizan y dejan de consumir leche materna. Existe el pre-concepto de que si las crías cambian la leche por otros alimentos es porque ésta deja de ser nutritiva. No se están teniendo en cuenta las condiciones de cambio de las crías: mayor tamaño, mayores respuestas a estímulos, mayor desplazamiento y cambios en la producción de enzimas para degradar los alimentos de la dieta que tendrá de adulto, condiciones muy diferentes a las de los primeros meses de vida. Los cambios suceden porque la leche materna ya no satisface el requerimiento energético que la cría necesita, que es lo indicado en la opción C.

La opción D da razón del cambio de dieta por adaptación a un cambio en el medio. Un individuo puede sobrevivir en una nueva condición si tiene la información genética adecuada lo cual puede deberse a una mutación individual. Para que una especie se adapte a situaciones nuevas se requiere de mucho tiempo a través del cambio generacional, en consecuencia lo expuesto en la opción no es una explicación válida en el sentido de que se indaga por una regularidad en la especie.

Las hojas de algunas plantas del desierto tienen resinas que forman una película delgada, brillante y de olor fuerte que las protege. Unos investigadores quisieron evaluar el efecto del consumo de hojas con resina sobre dos roedores del desierto: ratas zarigüeyas y ratas canguro. Los resultados de la investigación se muestran en las siguientes gráficas.



3. La pregunta que llevó a los investigadores a realizar este estudio es

- A. ¿Cuál es el efecto de las resinas sobre el consumo de agua en las dos especies de roedores?
- B. ¿Cuál es el efecto de las resinas sobre el volumen de orina en las dos especies de roedores?
- C. ¿Cuál es el efecto de las resinas sobre la concentración de orina en las dos especies de roedores?
- D. ¿Cuál es el efecto de las resinas sobre el balance hídrico en las dos especies de roedores?

Componente: **Ecosistémico**
 Competencia: **Indagar**
 Clave: **D**

Esta pregunta está enmarcada en el contexto del desierto donde las interacciones entre los organismos y el medio están fuertemente determinadas por las condiciones extremas (temperaturas superiores a los 37°C en el día y cercanas a 0° en la noche, y poca disponibilidad de agua) de este tipo de hábitat. Aunque son poco visibles, los roedores son frecuentes en los desiertos y han desarrollado adaptaciones fisiológicas para sobrevivir en lugares donde la escasez es casi permanente. Una de estas adaptaciones tiene que ver con su alimentación que incluye hojas y semillas con alto contenido de resinas y otra con la regulación de la orina y otros fluidos corporales. La pregunta hace parte de un experimento realizado con las ratas canguro y las ratas zarigüeya, donde se indaga sobre el efecto de las resinas de unas plantas del desierto en el balance hídrico de las dos especies de roedores. Para ello se tuvieron en cuenta: el efecto de las resinas en el consumo de agua, el volumen de la orina en cada rata después de consumir diferentes concentraciones de resina y la concentración de la misma en el alimento suministrado.

Esta pregunta, al igual que muchas de indagación, se realiza para acercar al estudiante al estudio experimental de las ciencias. Hemos escogido experimentos en los que no se hace daño a los organismos para evitar propiciar estas prácticas en las aulas. Este experimento es llamativo, ya que nos permite caracterizar cómo puede afectar un estilo de dieta o alimentación a los organismos en un ecosistema en particular. Por ejemplo, en este experimento es claro que para sobrevivir en el desierto las ratas que estarían mejor adaptadas serían las ratas canguro, conclusión que puede sacarse de unos resultados que han sido comprobados a partir de una experimentación. El fin de la pregunta, entonces, era reconocer, a partir de los resultados, qué querían averiguar los científicos; muchas veces nos hacemos preguntas que no pueden ser contestadas a la luz de las ciencias sino de otras ramas del conocimiento. Una buena pregunta o una pregunta clara en ciencias es la guía para obtener resultados concisos y confiables.

Es importante que el maestro guíe a sus estudiantes en la formulación de preguntas y en el desarrollo de estrategias para solucionarlas. Las opciones de respuesta a este ítem sirven para que los estudiantes caigan en cuenta de cómo se estructura una pregunta que sintetice lo que se desea conocer, es decir, lo que llevó a los investigadores a realizar el experimento.

2.5 PROFUNDIZACIÓN

En el marco teórico del año 2000 (González et al, 2000) se proponen cuatro categorías para la construcción de la prueba. Dos de ellas, avanzado 1 y 2, corresponden a las pruebas de profundización. Estas categorías se relacionan con el planteamiento de situaciones que hacen referencia a dos o tres de los componentes del núcleo común. La categoría avanzado 1 agrupa las preguntas que involucran las relaciones célula-organismo u organismo-ecosistema; la categoría avanzado 2 agrupa las preguntas que involucran relaciones entre la célula, el organismo y el ecosistema.

La siguiente tabla presenta las características que describen cada uno de los niveles de profundización en la prueba:

Niveles de profundización

Nivel I	Nivel II	Nivel III
---------	----------	-----------

Profundización	<p>En este nivel el estudiante reconoce, comprende y analiza fenómenos y eventos tangibles y abstractos de los componentes celular, orgánico y ecosistémico. Relaciona una o dos variables con los conceptos y aproximaciones teóricas de la biología para dar respuesta a un problema.</p>	<p>En este nivel el estudiante comprende y analiza fenómenos, eventos y diseños experimentales tangibles y abstractos de los componentes celular, orgánico y ecosistémico. Abstrae e interpreta la información contenida en gráficas, tablas ó modelos, y relaciona dos o más variables con los conceptos y aproximaciones teóricas de la biología para dar respuesta a un problema.</p>	<p>En este nivel el estudiante tiene una visión clara y amplia de las interrelaciones y mecanismos de control y retroalimentación que existen en los sistemas biológicos. Comprende y analiza fenómenos, eventos y modelos de las relaciones entre la célula, el organismo y el ecosistema. Abstrae e interpreta la información de modelos que explican las relaciones temporales y/o espaciales en el nivel celular-organismico-ecosistémico</p>
-----------------------	---	---	---

2.6 EJEMPLOS DE PREGUNTAS PROFUNDIZACIÓN

1. A través de los años, el ser humano ha podido cultivar especies que ha escogido por sus características deseables. Las plantas seleccionadas presentan, entonces, ciertas ventajas frente a las especies silvestres que habitaban ese ecosistema porque el hombre le ha dado las condiciones para su supervivencia.

Un granjero utiliza las semillas de tomates rojos y jugosos para producir nuevas plantas. Si se sabe que la *selección natural* actúa favoreciendo la reproducción de individuos con características que resultan ventajosas para su supervivencia en un ambiente determinado, se puede afirmar que el aumento en la producción de los tomates deseados es un ejemplo de

- A. selección natural porque no se introducen cambios en el genoma del tomate
- B. selección artificial porque para la producción de tomates se escogen ciertas características
- C. selección natural porque las características seleccionadas son propias de los tomates
- D. selección artificial porque se inducen artificialmente mutaciones

Componente:	Celular-Organismico-Ecosistémico
Competencia:	Explicar
Clave:	B

La opción C considera que preferir tomates rojos y jugosos es un ejemplo de selección natural. Esta opción indica una relación entre la noción de selección natural con la prevalencia de una característica, independientemente de si ésta es manipulada por el hombre o favorecida por la naturaleza.

La opción B tiene en cuenta que cuando el hombre intencionalmente prefiere una característica por encima de otra está promoviendo el aumento de la proporción de los genes que determinan la característica deseada, lo cual constituye una de las bases de la selección artificial.

Algunos estudios han mostrado que la mayor parte de los estudiantes considera que *artificial* es aquello que es manipulado genéticamente en el laboratorio (opciones A y D), mientras que lo que tiene que ver con el mejoramiento en campo es *natural* porque no se introducen modificaciones en el nivel celular (opción B). Es necesario replantear este tipo de interpretación y comprender que de muchas maneras el hombre ha venido dirigiendo, desde hace siglos, el cambio en algunos organismos, por ejemplo en el proceso de domesticación de plantas y animales. Aunque se sabe que la selección natural es un concepto complejo, es

importante dedicarle tiempo en la escuela por ser uno de los temas clave y fascinantes de la biología.

2. Se prepara una ensalada cortando zanahorias frescas en trozos y agregándoles sal. Después de un rato se observa que la zanahoria se empieza a deshidratar; esto sucede porque

- A. la sal desplaza gradualmente el agua del interior de la zanahoria.
- B. el medio externo a la zanahoria es más concentrado y por tanto el agua sale de ésta.
- C. la diferencia de concentración hace que los iones se muevan hacia el exterior de la zanahoria.
- D. la sal descompuesta en sus elementos ingresa en la zanahoria.

Componente: **Celular-Organísmico**
Competencia: **Explicar**
Clave: **B**

Esta pregunta aborda el tema de movimiento de sustancias en un gradiente de concentración, aprovechando en este caso la deshidratación que se observa cuando sobre un vegetal se coloca un poco de sal. En primer lugar, se explora la comprensión que tienen los estudiantes de profundización en biología acerca del término deshidratación o pérdida de agua de un organismo. Las opciones A y B se relacionan con el movimiento del agua, mientras que las opciones C y D se refieren a los iones.

La opción C plantea una diferencia de concentración, lo cual es correcto, pero no el movimiento de los iones hacia el exterior, esta opción permite revisar la comprensión del movimiento de sustancias desde donde están más concentradas hacia donde están en menor concentración. En este caso la sal se ioniza sobre la zanahoria y los iones Na^+ Cl^- que están formando una salmuera tienden a pasar al interior de la zanahoria. De manera que la opción C contradice este proceso.

La opción D indica que la sal “descompuesta” o disociada en sus elementos ingresa a la zanahoria, lo cual es correcto, pero no explica la deshidratación planteada en la pregunta. Esta opción tiene como correcto la ionización de la sal y que la concentración de iones en el interior de la célula es menor, por lo cual los iones tienden a entrar a la célula, pasando de mayor a menor concentración. Sin embargo, no hay una explicación sobre la deshidratación, esta opción deja de lado la pregunta inicial.

Las opciones A y B tienen en cuenta el agua como eje de la respuesta. La opción A indica que la sal desplaza el agua del interior, planteando el problema en términos de intercambio y balance de masas. El agua no se ioniza cuando se mueve a través de las membranas celulares, el agua se mueve como H_2O , de manera que un Na^+ , no es reemplazado por un H^+ como lo sugiere la opción A. Lo que determina la dirección en que se mueve el agua de la célula es la relación entre la concentración total del citoplasma y la concentración del medio extracelular. Cuando el medio extracelular está muy concentrado atrae agua de la célula para diluirse un poco; por esa razón, la zanahoria comienza a deshidratarse cuando la sal en su alrededor genera un ambiente más concentrado que el del citoplasma, independientemente de que la concentración del citoplasma esté determinada por muchos tipos de iones y moléculas. La opción B sintetiza esta tendencia.

BIBLIOGRAFÍA

- AUSUBEL Psicología educativa. Un punto de vista cognoscitivo México. Trillas 1978
- AUSUBEL, DP., NOVACK, J.D., Y HANESIAN, H. Psicología educativa. México. Trillas 1989
- BERNSTEIN, R; BERNSTEIN, S. (1998). Biología. Mac Graw-Hill interamericana S.A. Avenida de las Américas 46-41. Santafé de Bogotá, D. C., Colombia.
- BUNGE, M. La Ciencia, su Método y su Filosofía. Siglo Veinte. Buenos Aires. 1972
- BOYER, R y TIBERGHIE, A. Las finalidades de la enseñanza de la física y la química vista por profesores y alumnos franceses. Enseñanza de las ciencias, 1989, 7 (3), 213-222
- CURTIS, H., BARNES, N.S. Biología. Quinta edición. Editorial Médica Panamericana S.A.
- DÉSAUTELS, J. Y LAROCHELLE, M. Educación científica: el regreso del ciudadano y de la ciudadana. Enseñanza de las ciencias, 2003, 21 (1), 3-20
- DUSCHL, R. A. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. Enseñanza de las ciencias, 1995, 13 (1), 3-14
- FURIÓ, C. VILCHES, A. GUIASOLA, J Y ROMO, V. Finalidades de la enseñanza de las en la secundaria obligatoria; ¿Alfabetización Científica o preparación propedéutica? Enseñanza de las ciencias, 2001, 19 (3), 365-376
- GIL, D. MACEDO, B., MARTÍNEZ J, SIFREDO, P. VILCHES, A. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años. Década de la educación para el desarrollo sostenible. UNESCO, 2005, 475 p
- GONZALEZ, M., MONTAÑEZ, A. OLAYA, A. SANCHEZ, G. Nuevo Examen de Estado para ingreso a la educación Superior. Cambios para el Siglo XXI. Ciencias Naturales. Servicio nacional de pruebas ICFES, Ministerio de Educación. 2000. Pp 36 – 46
- HEDERICH M. Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo – influencias culturales e implicaciones para la educación. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona. Diciembre 2004
- HICKMAN. C., ROBERTS., L., LARSON, A. Principios integrales de zoología. McGraw – Hill. Interamericana de España, S. A. U. 2002
- JESSUP, M., Resolución De Problemas Y Enseñanza De Las Ciencias Naturales Digitalizado por RED ACADEMICA
- LUFFIEGO., M. Reconstruyendo el constructivismo: Hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. Enseñanza de las ciencias, 2001, 19 (3), 377-392
- POZO, J.I. y GÓMEZ CRESPO, M.A. Aprender y enseñar ciencia. Madrid: Morata. (1998)
- ROTH, W. Aprender ciencias en y para la comunidad. Enseñanza de las ciencias, 2002, 20 (2), 195-208
- SAUVÉ, L. La educación ambiental entre la modernidad y la posmodernidad: en busca de un marco de referencia educativo. Tópicos en Educación Ambiental 1 (2), 7-25 (1999)

TORREGROSA, J., GIL, D., La Universidad Como Nivel Privilegiado Para Un Aprendizaje Como Investigación Orientada Universidad de Alicante Universidad de Valencia

VÉLEZ., F. La ecuación no es una ciencia, es un arte. Revista Escuela Colombiana de Ingeniería No 50, Abril - Junio 2003

VIGOTSKY L.S. Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. Publicado en psicología y pedagogía. Akal 1973.

Páginas web

HERNÁNDEZ, F. Biodiversidad <http://www.unescoeh.org/ext/manual/html/biodiversidad.html>

DE BUDAPEST. Declaración de Budapest (1999). Marco general de la acción de la Declaración de Budapest, <http://www.oei.org.co/cts/Budapest.dec.html>

MARCO TEÓRICO
EXAMEN DE ESTADO

PRUEBA DE QUÍMICA

Autores

Yanneth Castelblanco (ICFES)
Fidel Cárdenas (Universidad Pedagógica Nacional)
Carlos Eduardo Ostos (Universidad Nacional)

Marco Teórico del Examen de Estado

Prueba de Química Núcleo Común

RECONOCIMIENTO

El presente capítulo, representa un paso más en el camino que se ha venido construyendo, desde hace varios años, para la transformación continua que se adelanta alrededor de los exámenes de estado y que debemos, con toda seguridad, seguir haciendo siempre que seamos concientes del mundo cambiante en el que nos encontramos y de la dinámica de cambio permanente de la química. Este capítulo se realizó con base a la obra de Alexandra Olaya, Myriam González, Aura Montañez, Gloria Sánchez, César Herreño y con el enriquecedor aporte de nuestro colega, Dr. José Villaveces. A ellos y a cuantos pudieron haber participado en la elaboración de este documento, estos “pequeños” pero muy valiosos ajustes se han realizado tras un estudio riguroso del trabajo hecho inicialmente con la investigación y aportes realizados por la actual colegiatura de Química con un trabajo de discusión continua que se inició a principios del año 2006.

A todos gracias por su conocimiento y reflexión.

1. CONTEXTO ACTUAL DE LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

La química, como campo del saber de las ciencias puras requiere, en el contexto de la educación, de la búsqueda de distintas alternativas y estrategias pedagógicas y didácticas, para lograr que sus contenidos y formas de proceder sean entendidos y apropiados adecuadamente por los estudiantes. Esta es quizás la razón por la cual, en las últimas décadas, se ha incrementado la investigación en el campo de su enseñanza y aprendizaje, no solamente en ambientes escolares sino también fuera de ellos.

Más recientemente, tanto desde la misma investigación como desde la evaluación se hacen esfuerzos, a nivel nacional e internacional, para que los conceptos principios y leyes de esta ciencia que sean aprendidos durante la vida escolar, no solamente acompañen a los alumnos durante toda su vida sino que los apoyen en los constantes y necesarios cambios que deben enfrentar para vivir productivamente y con dignidad en las sociedades actuales. Las reformas curriculares que desde los años ochenta han teniendo lugar en la educación científica se orientan, en muchos casos, hacia la denominada “alfabetización científica” de los futuros ciudadanos y ciudadanas.

Dicha alfabetización científica está orientada a que la gran mayoría de la población disponga de conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, ayudar a resolver los problemas y necesidades de salud y supervivencia básicos, tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad y, en definitiva, considerar la ciencia como parte de la cultura de nuestro tiempo (Furió, C. y Vilches, A., 1997). Lógicamente, la enseñanza de las ciencias deberá contribuir a la consecución de dichos objetivos, con la comprensión de conocimientos, procedimientos y valores que permitan a los estudiantes tomar decisiones y percibir tanto las utilidades de las ciencias y sus aplicaciones en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos como las limitaciones y consecuencias negativas de su desarrollo (Latorre, Á. y Sanfélix, F., 2000).

Según (Olorundare, 1988), citado por Latorre y Sanfélix, (Latorre y Sanfélix, 2000), la alfabetización científica, incluye cinco componentes:

1. conocimiento de hechos significativos, conceptos, principios y teorías de la ciencia;
2. habilidad para aplicar el conocimiento relevante de la ciencia a las situaciones cotidianas de la vida;
3. habilidad para utilizar los procedimientos de la investigación científica;
4. comprensión de las ideas básicas sobre las características de la ciencia y sobre la importancia de las interacciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad; y
5. posesión de actitudes basadas en una información fidedigna y de intereses relacionados con la ciencia.

La química, como disciplina básica en la educación básica secundaria y media, se constituye en un instrumento para lograr la alfabetización científica, orientada a que la gran mayoría de la población disponga de conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, ayudar a resolver los problemas y necesidades de salud y supervivencia básicos, tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad y, en definitiva, considerar la ciencia como parte de la cultura de nuestro tiempo (Furió, C. y Vilches, A., 1997).

Frente a esto, en la actualidad, tal vez el problema más reconocido en la educación básica y media colombiana en relación con el aprendizaje de la química es el abordaje desarticulado, desde su enseñanza, de una gran cantidad de categorías conceptuales sin, que los estudiantes y muchas veces los mismos docentes tengan el tiempo suficiente para reflexionara sobre ellos, sobre sus relaciones con otros campos del saber y mucho menos sobre su utilidad y aplicación. La situación anterior ha dificultado la comprensión de estos referentes teóricos y, por ende, limitado la posibilidad de que puedan ser utilizados de manera significativa por los estudiantes, no sólo en el contexto escolar sino en aquellos otros ámbitos de actuación en los que se desenvuelven a diario.

La solución a este problema no reside en eliminar de la enseñanza de la química el abordaje de conceptos y de categorías conceptuales para centrarla en procesos, sino en estructurar y tener en cuenta referentes que puedan ser útiles a los estudiantes para una comprensión globalizadora de lo que se estudia desde esta disciplina y de ciertas maneras de proceder en ella.

Esa comprensión debería posibilitar a los estudiantes desde de la química, el reconocimiento básico de las características atribuidas a los materiales, sustancias y mezclas, así como también aquellas que se derivan de su permanente interacción con el medio en que se encuentran. Comprensión ésta con la que se pretendería fomentar en las generaciones futuras una convivencia más armónica con el entorno natural y social y una permanente búsqueda de conocimientos aplicados y útiles para la vida.

En lo que sigue de este documento se presenta una aproximación al establecimiento de unos referentes teóricos de la química como ciencia, los cuales, de una parte orientan la elaboración de las pruebas de Estado y de otra, pretender ser una guía para que los docentes y estudiantes reflexionen acerca de esta ciencia y acerca de otras posibles aproximaciones al establecimiento de distintos referentes desde los cuales pensar la química y abordar su aprendizaje y su enseñanza.

2. CONTEXTO DE LA QUÍMICA PARA LA EVALUACIÓN

2.1 El objeto de estudio de la Química

La química es la ciencia que estudia la materia, su constitución y estructura, las transformaciones que experimenta y las variaciones de energía con ellas asociadas. Como toda ciencia, el objetivo fundamental de la química es comprender la naturaleza, buscar explicaciones para los hechos y fenómenos observados y, usando conocimientos y métodos de trabajo propios, predecir qué ocurrirá en determinadas situaciones. Su estudio permite conectar al individuo con la realidad física y le proporciona los conocimientos necesarios para explicar aspectos básicos de la misma. Esta comprensión del mundo físico debería posibilitar a los estudiantes el reconocimiento básico de los materiales y de la permanente interacción de éstos con el medio en que se encuentran. Comprensión con la que se pretendería fomentar una convivencia más armónica con el entorno natural.

“Aún cuando el interés por el estudio de problemas relacionados con la composición de los materiales²⁶, sus propiedades y transformaciones ha sido una constante en la actividad de las comunidades de químicos, su objeto de estudio ha variado de acuerdo con las perspectivas teóricas que sobre la materia han predominado en determinadas épocas del desarrollo de esta ciencia. Estas perspectivas se pueden agrupar en dos grandes visiones de la materia: la sustancialista y la atomista.

La concepción sustancialista consideraba la materia como un “todo divisible” en donde a cada cualidad material le correspondía una sustancia que era su principio fundamental constitutivo. (Cubillos y otros, 1990). La concepción atomista, basada en un pensamiento mecanicista, sostenía que la materia estaba formada por pequeñas partículas cuyas propiedades y cambios se daban en términos de la forma, tamaño y movimiento de las partículas (átomos), constituidos por materia inmutable e indivisible.

Común a estas dos visiones era el hecho de considerar que la actividad química se debía centrar en el estudio de lo interno para dar cuenta de las características propias e inherentes de los materiales. Con la introducción de las ideas de la termodinámica, se coloca el material en un ambiente tal que su caracterización como sistema, es decir, como un todo que interactúa con ese ambiente, depende no sólo de lo que lo conforma sino, precisamente, de su interacción con el medio (Prigogine, 1991).

Comienzan así a consolidarse los discursos químicos por la generación del ambiente teórico para la aceptación de tesis como las de Avogadro, en las que se plantea la existencia de moléculas diatómicas de un mismo elemento gaseoso. La termodinámica permite afirmar que varios materiales, en iguales condiciones de temperatura, presión y volumen, tendrán el mismo número de partículas, sin importar de qué tipo sean, átomos, moléculas, átomos de hidrógeno o moléculas de oxígeno.

La visión termodinámica de la materia, junto con el reconocimiento de las entidades microscópicas interactuantes que la constituyen, son los dos elementos que se retoman para afirmar, según una visión contemporánea, que los materiales, desde una perspectiva discontinua o corpuscular, están conformados por partículas (átomos, iones y/o moléculas) que, al interactuar entre sí y con el medio donde se encuentren, configuran los diferentes tipos de sustancias y, por ende, los distintos materiales. Desde esta panorámica, la química pretende dar razón del mundo material en cuanto a las sustancias que lo componen, sus propiedades y los procesos en los que ellas cambian al interactuar en el universo.

Estado de un sistema

De manera amplia, el estudio de los sistemas materiales en un instante determinado se puede abordar desde los siguientes interrogantes:

1. *¿Qué clase de entidades conforman los sistemas materiales?*
2. *¿Cuánto tienen estos materiales de cada tipo de entidad?*
3. *¿Cuáles son las condiciones termodinámicas de un sistema?*

Estas preguntas se refieren a la caracterización de los materiales como sustancias o como mezclas a través del estudio de su composición y estructura. Desde esta perspectiva, analizar el estado de un material en química, implica el estudio de cómo es y qué es el material en un instante determinado y bajo ciertas condiciones de interacción interna o con el medio donde se encuentre. Por lo tanto, el estudio del estado de un material no se restringe a la caracterización de su estado físico sino que se centra en el reconocimiento de la clase de mezcla o de sustancia que es.

Para este tipo de análisis, es importante tener en cuenta que las estructuras químicas se caracterizan por los tipos de relaciones que se suscitan entre los componentes del sistema en determinadas condiciones, y no sólo por la naturaleza de éstos.

Interacciones

De manera amplia, el estudio sobre las interacciones internas y externas del sistema en un instante determinado o cuando cambian las condiciones de interacción los sistemas materiales en un instante determinado se puede abordar desde el siguiente interrogante:

1. *¿Cuáles son los tipos de relaciones que se dan entre las entidades que conforman los sistemas o entre este y otros sistemas?*

Con esta pregunta se abordan dos grandes aspectos. El primero de ellos, se refiere a las “propiedades” de los materiales y a las mediciones que se pueden realizar de dichas características, como resultado de las interacciones que se generan al interior de los materiales y entre éstos, el medio y el observador - nivel de análisis macroscópico. El segundo, se relaciona específicamente con los tipos de interacciones que se generan dentro del sistema, como por ejemplo, las interacciones intermoleculares y/o intramoleculares²⁷ y las interacciones soluto-solvente - nivel de análisis atómico-molecular o microscópico.

En relación con las “propiedades” es importante anotar que éstas se entienden como el producto de las relaciones al interior del sistema y las de éste con otros sistemas, y no como características inherentes al cuerpo material, e independientes de todo observador. Esto permite comprender por qué lo que se considera característico de una sustancia en determinadas condiciones ya no lo es cuando la sustancia interactúa con otros sistemas y en otros medios. Por ejemplo, comúnmente se piensa que es propio del metano ser gas y ser un combustible, y, sin embargo, éste probablemente puede hallarse en estado líquido y sólido en Titánic (una de las lunas de Saturno) y quizás no combusta por la falta de un comburente o de las condiciones en las que puede llevarse a cabo la combustión.

²⁷ Entre las que se discriminan los enlaces químicos y en su medición la longitud de enlace.

Desde las interacciones como eje de análisis de los materiales, lo que interesa es la determinación cualitativa y cuantitativa de lo que comúnmente los químicos han denominado «propiedades». Desde el punto de vista termodinámico o macroscópico, se abordan atributos como el punto de ebullición, la temperatura y la densidad. Mientras que a nivel atómico-molecular (microscópico), se abordan atributos como la longitud de los enlaces.

En el estudio de las interacciones no sólo interesa el reconocimiento del tipo de interacción que caracteriza la estructura del sistema, sino también la ponderación de la misma. Por ejemplo, en el estudio de los enlaces que caracterizan la estructura de una sustancia, el interés no radica únicamente en el reconocimiento del tipo de enlace predominante sino además en determinar la longitud de enlace o la energía de ionización. Para el estudio de las soluciones, el interés se centra en determinar la concentración de la solución como expresión de la proporción en que se encuentra interactuando una cantidad de soluto en una determinada cantidad de solvente en un momento dado.

Dinámica del sistema

De manera amplia, el estudio sobre los procesos en los que cambia el sistema se puede abordar desde los siguientes interrogantes:

1. *¿Qué cambios pueden ocurrir en la estructura, composición y “propiedades” de los sistemas materiales cuando cambian las condiciones de interacción?*
2. *¿Cuáles son las condiciones termodinámicas en las que el sistema puede reaccionar y/o cambiar?*

Estas preguntas hacen alusión a la dinámica de los materiales en relación con los procesos en los que éstos cambian a nivel físico (por ejemplo, los estados físicos) o fisicoquímico (por ejemplo, las reacciones químicas), cuando interactúan con otros y/o cuando cambian las condiciones del medio donde se encuentran. La caracterización del estado, las interacciones y la dinámica de un sistema químico (sustancia o mezcla) involucra en cada caso los conceptos, principios y procedimientos asociados a dos grandes apartados que se han denominado química analítica y fisicoquímica.

La química analítica se relaciona con la detección e identificación de la naturaleza - análisis cualitativo- y de la medida de las cantidades -análisis cuantitativo- de las diversas sustancias presentes en un sistema material. Comprende no sólo las técnicas manipulativas, sino también las consideraciones teóricas en que se fundamentan las separaciones, detecciones y medidas.

La fisicoquímica por su parte, integra los elementos conceptuales que permiten dar cuenta de la forma como los átomos y las moléculas se relacionan para conformar estructuras químicas, así como las condiciones termodinámicas o energéticas (relaciones de presión, volumen y temperatura) en las que hay mayor probabilidad que la estructura y la composición de un sistema material cambien (reacciones químicas). De la misma manera, la fisicoquímica explica qué tan factible es que se lleve a cabo, o no, la interacción química de los sistemas materiales”.

3. ESTRUCTURA DE PRUEBA

La descripción realizada hasta el momento permite resaltar el interés general de los químicos por el estudio de los materiales, esto es, de lo que los conforma y caracteriza en términos

cualitativos y cuantitativos. El abordaje de este amplio campo de conocimiento, especialmente desde mediados del siglo XX, ha puesto de manifiesto diversas estrategias de organización para el entendimiento y para la profundización en la química de manera sistemática y altamente sinérgica.

Actualmente gran parte de la comunidad científica nacional, bajo un marco de globalización internacional, trabaja sobre el principio mencionado pero con un grado de reflexión y de conciencia más profundo sobre el hecho de que no es posible y, mucho menos recomendable, continuar abordando el estudio de la ciencia, a partir de conceptualizaciones teóricas y experimentales con límites perfectamente definidos y autónomos entre ellos.

De esta manera, el conocimiento en química ya no se considera parte de un área específica con un nombre particular, como puede ser la inorgánica, la orgánica o la bioquímica. Por el contrario, es un gran conjunto de nociones y conceptos, muchos de ellos fundamentados en leyes y teorías bien establecidas, que interactúan de manera completamente transversal y armónica; se eliminan así, casi por completo, esos límites propios de cada área y se abre la posibilidad de pensar la química como “un todo” desde el cual es posible abordar el estudio de un fenómeno o de una situación que se desee identificar y caracterizar o, acerca de la cual se quiera indagar o generar una posible explicación.

Sin embargo, y como sucede con las competencias, para los fines de una evaluación como la que se realiza a través de las Pruebas de Estado, o para el caso de la comunidad científica –en aspectos netamente logísticos y administrativos- se procura una estructura que permita advertir y tener en cuenta las relaciones existentes entre los diferentes sistemas materiales que están presentes en el universo, independientemente de su naturaleza orgánica o inorgánica. De esta manera, se cuenta con unos ejes articuladores y diferenciadores de las bases conceptuales involucradas en los diversos campos de la química.

Para nuestro caso, estos ejes corresponden a los dos tipos de sistemas que se estudian en química (sustancias y mezclas) en cada uno de los cuales, el estudio de su estado, de sus interacciones y/o de su dinámica, exige relacionar coherentemente aspectos fisicoquímicos y analíticos²⁸.

Así, los componentes que conforman la estructura de prueba, *son aspectos analíticos de sustancias, aspectos fisicoquímicos de sustancias, aspectos analíticos de mezclas y aspectos fisicoquímicos de mezclas*²⁹. Éstos componentes corresponden con la organización propuesta en los estándares básicos de competencias para el área en el ciclo de educación media, grados 10° y 11°³⁰.

Es pertinente resaltar que la categorización anterior, involucra directamente el hecho que la resolución de una pregunta particular por un estudiante, requiere trabajar de manera transversal y simultánea las tres competencias específicas establecidas en el área de ciencias naturales en relación con algunos de los dos referentes teóricos propuestos³¹. Lo anterior hace que no se planteen límites definidos para ninguno de los referentes, pero sí que se procure un espacio en donde la intención de la pregunta junto con la respectiva metodología empleada

²⁸ En el Anexo 1 del documento se abordaran aspectos teóricos asociados a los dos referentes básicos, las sustancias y las mezclas.

²⁹ Esta organización corresponde a la evaluada desde el año 2000.

³⁰ Esta estructura, a diferencia de la contemplada para la educación básica primaria y secundaria, hace mayor énfasis en la importancia y especificidad de cada disciplina, procesos biológicos, procesos químicos y procesos físicos, por lo tanto se evalúan por separado.

³¹ Para el área de ciencias naturales se han definido siete competencias específicas que corresponden a capacidades de acción que se han considerado relevantes, pero sólo tres de ellas, Identificar, Indagar y Explicar, son evaluadas en el Examen de Estado. Las otras cuatro competencias: Comunicar, Trabajar en equipo, Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y Disposición para aceptar la naturaleza cambiante del conocimiento deben desarrollarse en el aula como parte de la formación en ciencias, aunque de momento no se puedan rastrear desde una evaluación externa.

para su elaboración, se encuentren en un marco de fundamentación definido para cada referente particular y se establezca de manera clara, que el margen de sensibilidad para su clasificación puede resultar ambiguo en un momento dado. Sin embargo, y con base en los argumentos expuestos en los inicios de esta sección, la finalidad de la prueba es el abordaje de la química como una totalidad y, que, los límites entre los referentes que se plantean son puramente de naturaleza organizativa.

La prueba de química de núcleo común del Examen de Estado está conformada por 24 preguntas formuladas a partir de distintos contextos, en los cuales se pueden aplicar de manera significativa los conceptos de la química que se pretenden evaluar. Cada una de las preguntas evalúa una de las tres competencias específicas para el área de ciencias naturales, y uno de los tres componentes.

3.1 Los componentes

Un componente en la prueba es un elemento integrador de un sistema de representaciones que surge de la necesidad de abordar el estudio de las ciencias naturales a partir de categorías. Las ciencias naturales son entendidas como una construcción humana de conceptos, principios, leyes y teorías, a partir de los cuales el ser humano investiga, interpreta y da explicación acerca de los fenómenos que ocurren en el mundo natural y social. De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta los estándares básicos de competencias, se proponen cuatro componentes para la evaluación de la química, aspectos analíticos de sustancias, aspectos fisicoquímicos de sustancias, aspectos analíticos de mezclas y aspectos fisicoquímicos de mezclas. En el cuadro siguiente se describe cada uno de los cuatro componentes.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
<p style="text-align: center;">Aspectos Analíticos de Sustancias</p>	<p>Este componente incluye aspectos relacionados con el análisis cualitativo y cuantitativo de las sustancias. Dentro del análisis cualitativo se evalúan situaciones que tienen que ver con la determinación de los componentes de una sustancia y de las características que permiten diferenciarla de otras. En lo relacionado con el análisis cuantitativo, se evalúan situaciones en las que se determina la cantidad en la que se encuentran los componentes que conforman una sustancia. En el caso de las reacciones químicas, mediante análisis cuantitativo, se determina en qué cantidades reaccionan las sustancias, en qué cantidades se obtienen los productos, su grado de pureza y eficiencia de la reacción; mientras que a nivel cualitativo, se realizan ensayos de reconocimiento de las nuevas sustancias a través de sus características físicas y químicas.</p>

<p style="text-align: center;">Aspectos Físicoquímicos de Sustancias</p>	<p>En este componente se analiza la composición, estructura y características de las sustancias desde la teoría atómico-molecular y desde la termodinámica. El primer referente permite dar cuenta sobre cómo son los átomos, iones o moléculas y la forma como se relacionan en estructuras químicas. El segundo permite comprender las condiciones termodinámicas en las que hay mayor probabilidad que el material cambie al nivel físico o fisicoquímico. Para la evaluación, se retoman algunos de los referentes que permiten una mayor comprensión de las características y transformaciones de los materiales. Estos son: teoría cinética de gases, periodicidad química, ley de las proporciones definidas y múltiples, cinética química, ley de acción de masas, cambios físicos y cambios fisicoquímicos.</p>
<p style="text-align: center;">Aspectos Analíticos de Mezclas</p>	<p>En este componente se describen al nivel cualitativo, las características que permiten diferenciar una mezcla de otra y cuáles son sus componentes. Al nivel cuantitativo, se determina la proporción en que se encuentran los componentes de la mezcla y se realizan mediciones de sus características discriminativas. Por ello, aborda no solamente las técnicas para el reconocimiento o separación de mezclas y las mediciones en general, sino también las consideraciones teóricas en que se fundamentan dichas mediciones.</p>
<p style="text-align: center;">Aspectos Físicoquímicos de Mezclas</p>	<p>En este componente se realizan interpretaciones desde la teoría atómico molecular, cuyos enunciados caracterizan la visión discontinua de materia (materia conformada por partículas) y desde la termodinámica que interpreta a los materiales en su interacción energética con el medio. Desde el primer referente, se realizan interpretaciones sobre cómo es la constitución de las entidades químicas (átomos, iones o moléculas) que conforman el material y de cómo interaccionan de acuerdo con su constitución. Complementariamente, desde el segundo referente, se contemplan las condiciones en las que el material puede conformar la mezcla (relaciones de presión, volumen, temperatura y número de partículas). Por ello, para la evaluación se consideran algunos conceptos que permiten una mayor comprensión de las características de las mezclas como son: la solubilidad y las propiedades coligativas de las soluciones.</p>

3.2 Las competencias

Las pruebas de estado no permiten evaluar todas las competencias específicas que, para el área de ciencias naturales, son imprescindibles de desarrollar en el aula de clase y hasta cierto punto posibles de ser evaluadas por el docente con pruebas específicas internas. Las tres competencias propuestas para ser evaluadas en la prueba de estado son: identificar, como la capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos y representaciones sobre estos fenómenos; indagar, como la capacidad para plantear preguntas y procedimientos adecuados y para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas; y explicar, como la capacidad para construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos.

3.3 Niveles de Competencia

Con el propósito de evaluar las competencias de los estudiantes para identificar, indagar y explicar, se establecieron tres niveles de complejidad. El nivel se refiere al grado de complejidad y abstracción de los procesos que el estudiante debe realizar en el momento de dar respuesta a una determinada pregunta. Estos niveles señalan el desarrollo de las

competencias específicas identificadas a partir de la resolución de preguntas enmarcadas en los componentes definidos para la prueba de química.

El nivel bajo establecido por la prueba da razón de lo más particular y concreto: la percepción diferenciada de fenómenos en la experiencia cotidiana. Para el nivel medio, la percepción se afina gradualmente, la diferenciación se hace cada vez más elaborada y se establecen nuevas y más generales relaciones entre los contenidos de la percepción. En el nivel más alto, el estudiante logra comprender los fenómenos desde conceptualizaciones más universales y teorías que implican un grado mayor de abstracción y conocimiento.

Nivel	IDENTIFICAR	INDAGAR	EXPLICAR
Bajo	En este nivel el estudiante reconoce y diferencia , es decir, discrimina fenómenos y eventos tangibles y cercanos, al nivel analítico y fisico-químico, para diferenciar sistemas materiales, empleando nociones construidas desde la vida cotidiana y escolar.	En este nivel el estudiante tiene nociones de elementos del diseño experimental, comprende el objetivo de un experimento y hace interpretaciones directas de la información presentada en gráficas y tablas.	En este nivel el estudiante da razones de fenómenos y eventos tangibles y cercanos, a partir del dominio de nociones y relaciones lógicas sencillas desde los aspectos analíticos y fisicoquímicos de las sustancias y las mezclas.
Medio	En este nivel el estudiante reconoce, comprende y emplea características y propiedades para diferenciar materiales; variables y relaciones cualitativas y cuantitativas empleando nociones y conceptos relacionados con los aspectos analíticos y fisicoquímicos de las mezclas y sustancias.	En este nivel el estudiante hace deducciones a partir de información cuantitativa y cualitativa presentada en tablas, gráficas y modelos haciendo un uso compleensivo de la información cualitativa y cuantitativa que se suministra en el problema con base en nociones y conceptos .	En este nivel el estudiante da explicaciones de fenómenos, eventos y procesos tangibles y abstractos desde referentes analíticos y fisicoquímicos que describen el comportamiento de los sistemas materiales, empleando para ello, la comprensión y aplicación de conceptos pertinentes.

<p style="text-align: center;">Alto</p>	<p>En este nivel el estudiante reconoce, comprende y analiza fenómenos y eventos tangibles y abstractos, para realizar estimaciones cualitativas y cuantitativas al nivel analítico y fisicoquímico, empleando para ello, conceptos pertinentes y aproximaciones teóricas de la química.</p>	<p>En este nivel el estudiante abstrae e interpreta la información contenida en gráficas, tablas ó modelos, relaciona dicha información con conceptos y aproximaciones teóricas de la química y emplea lo anterior para resolver un problema o para establecer relaciones de causa-efecto.</p>	<p>En este nivel el estudiante da explicaciones a fenómenos, eventos y procesos tangibles y abstractos, desde referentes analíticos y fisicoquímicos que describen el comportamiento de los sistemas materiales, basándose en la aplicación de conceptos y aproximaciones teóricas de la química.</p>
--	--	--	---

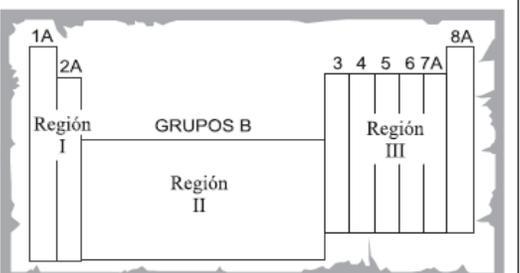
EJEMPLOS DE PREGUNTAS

A continuación se presentan, a manera de ejemplo, algunas preguntas formuladas con base en el marco de fundamentación expuesto, con su respectiva clasificación de acuerdo con la competencia, el componente y el nivel evaluado. Finalmente, se hace una breve discusión sobre la intención de la pregunta y las diferentes opciones de respuesta.

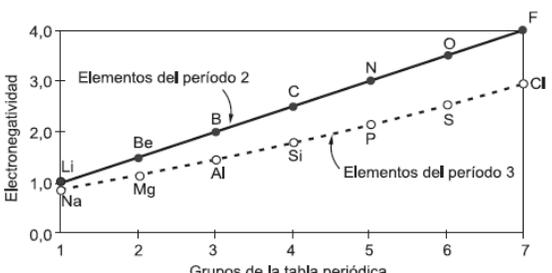
Ejemplo 1

La tabla periódica

El trabajo de dos científicos Meyer y Medeleiev, condujo a la organización de los elementos químicos en grupos y periodos determinados, según sus propiedades físicas y químicas. Esta organización se conoce hoy como Tabla Periódica de los Elementos.



Esta Tabla se basa en la ley de la periodicidad química. Con ella se pueden predecir algunas características sobre el comportamiento de átomos, moléculas, iones y compuestos, y en general de la interacción frente a sí mismos y frente a otros sistemas con distintos entornos químicos y físicos. La siguiente gráfica muestra el valor de la electronegatividad para algunos elementos químicos.



Elemento	Grupo	Electronegatividad
Li	1	1.0
Be	2	1.5
B	3	2.0
C	4	2.5
N	5	3.0
O	6	3.5
F	7	4.0
Na	1	0.9
Mg	2	1.3
Al	3	1.5
Si	4	1.8
P	5	2.1
S	6	2.5
Cl	7	3.0

El enlace que se forma entre un elemento de la región I de la tabla periódica con otro de la región III, presenta alta polaridad e incluso carácter iónico. Lo anterior es debido a

- A. la diferencia en el valor de sus radios atómicos.
- B. la semejanza en el valor de sus radios iónicos.
- C. la misma naturaleza metálica de los dos elementos.
- D. la diferencia de electronegatividad entre los dos elementos.

Acción de pensamiento: Explico y utilizo la tabla periódica como herramienta para predecir procesos químicos. Explico la relación entre la estructura de los átomos y los enlaces que forma.

Componente: **Aspectos fisicoquímicos de sustancias**

Competencia: **Explicar**

Clave: **D**

El enunciado de la pregunta hace referencia al concepto de unión química entre dos elementos, el enlace químico y se basa principalmente en el hecho de que los átomos pueden compartir o transferir electrones entre sí. La naturaleza de los átomos que conforman este enlace, un elemento de la región I y un elemento de la región III, hace que la molécula presente características físicas como una alta polaridad y un carácter iónico predominante.

De acuerdo con los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, en cuanto al manejo de los conocimientos propios de los procesos químicos, el estudiante debe mostrar un manejo adecuado de la información que proporciona la tabla periódica para determinar las propiedades físicas de los elementos. Así mismo, debe manejar las distintas teorías que explican la estructura atómica y poder relacionarla con los enlaces que un elemento particular puede formar.

El estudiante debe reconocer que los elementos del grupo 1A y 2A se encuentran en la región I, y que los elementos de los grupos 4A al 7A se ubican en la región III de la tabla periódica. Luego, con la información de la gráfica debe establecer el comportamiento de una propiedad periódica, la variación de la electronegatividad con respecto a los elementos presentes en cada uno de los grupos relacionados y reconocer cómo a medida que se avanza de izquierda a derecha en la gráfica el valor de la electronegatividad va aumentando. Este comportamiento y diferencia de electronegatividad permite la formación del enlace iónico, razón que se expresa en la opción D.

La opción A, hace referencia al radio atómico, característica que no es adecuada para explicar el concepto de enlace químico entre un elemento metálico (región I) y otro elemento no metálico (región III). Con este análisis también se descarta la opción C, ya que los dos elementos no presentan la misma naturaleza metálica, unos son metálicos, otros metaloides y otros no metales. La opción B, emplea el radio iónico como explicación de la polaridad y el carácter iónico. El radio iónico está relacionado con el concepto de carga nuclear efectiva, fuerza de enlace, propiedades físicas como la solubilidad y el punto de fusión entre otras, pero de forma más concreta y empleando la carga del ión, se define el concepto de densidad de carga, pero al final se debe recurrir al concepto de electronegatividad para comprender la naturaleza del enlace químico. Por lo anterior, es incorrecto sólo tener en cuenta el radio iónico para explicar el fenómeno de alta polaridad y carácter iónico de la molécula en estudio.

Ejemplo 2

En la siguiente tabla, se muestra la configuración electrónica, el grupo en la tabla periódica y algunas propiedades de tres elementos, que se han simbolizado como M, G y T. El número del grupo indica el número de electrones de valencia.

Elemento	Configuración electrónica	Grupo	Propiedades
M	$1s^2 2s^1$	1A	Tiene brillo, es sólido, conduce la corriente eléctrica. Forma cationes y reacciona con el oxígeno.
G	$1s^2 2s^2 2p^3$	5A	Se encuentra en estado gaseoso y es muy electronegativo. Reacciona con el oxígeno y los halógenos.
T	$1s^2 2s^2 2p^5$	7A	Es gaseoso a temperatura ambiente en su grupo y es el de mayor electronegatividad. Es un elemento muy activo y forma aniones.

De acuerdo con la información de la tabla, un catión del elemento M se puede representar como M^{+1} y su configuración electrónica es $1s^2$. La configuración electrónica más probable para el anión J^{1-} del elemento J con $Z=17$ es

- A. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$
- B. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$
- C. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$
- D. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

Acción de pensamiento: Uso la tabla periódica para determinar propiedades físicas y químicas de los elementos.

Componente: **Aspectos analíticos de sustancias**

Competencia: **Indagar**

Clave: **A**

Para resolver la pregunta, el estudiante debe comprender las características electrónicas que diferencian un átomo neutro, un catión y un anión, y su relación con la configuración electrónica que adopta cada uno de ellos. Además, con la información y la tabla base dada en la pregunta, el estudiante aplica su capacidad de indagar, para buscar, seleccionar y hacer uso de la información requerida para la resolución de un problema.

La competencia que se evalúa es la indagación. No es suficiente que el estudiante cuente con el conocimiento necesario para representar la configuración electrónica de un elemento determinado, si previamente no tiene la certeza de que un anión tiene un número mayor de electrones que un átomo en estado neutro y cuyo valor se indica con la carga del respectivo ion, y de forma contraria, para el caso de un catión, en el cual se presenta menos electrones en su configuración electrónica con respecto a este mismo átomo en estado neutro. Lo anterior es resultado de la interpretación de la información, previamente seleccionada, que se incluye en el enunciado de la pregunta.

El nivel de dificultad de esta pregunta es alto dado que se requiere resolver una situación con base en un análisis específico teniendo a priori nociones y conceptos del átomo, que han sido contemplados en el nivel más elevado para la competencia de indagación.

Ejemplo 3

El aumento en el punto de ebullición y la disminución en el punto de congelación de una solución, son propiedades que dependen de la cantidad de soluto no volátil disuelto. En el laboratorio se prepararon 4 soluciones de igual volumen y diferente concentración; para cada solución se determinó el pH. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Solución	Concentración (mol/L)	pH
X	1,0 g	13,0
Y	1,5	12,0
J	2,0	13,5
K	2,8	14,0

De acuerdo con la información anterior, la solución que permite realizar un proceso de separación con una destilación a la menor temperatura es la solución X porque

- A. presenta una mayor alcalinidad.
- B. es la más diluida de las cuatro soluciones.
- C. tiene la menor cantidad de solvente.
- D. tiene un mayor contenido de soluto disuelto.

Acción de pensamiento: Relaciono información proporcionada en tablas de datos con conceptos de la química.

Componente: **Aspectos analíticos de mezclas**

Competencia: **Explicar**

Clave: **B**

La pregunta anterior se enmarca en un nivel de dificultad alto dentro del tema de las propiedades coligativas de las sustancias en una mezcla, en la cual el aumento de un soluto, generalmente de carácter iónico, aumenta significativamente el punto de ebullición y disminuye el punto de congelación de la solución. Esta temática es fundamental cuando en un proceso químico se requiere identificar un producto o un subproducto determinado, purificarlo mediante una destilación o cristalización, para obtener un descenso crioscópico en una solución, y en general, para operar con aspectos instrumentales y experimentales adecuados a la hora de caracterizar y cuantificar las sustancias presentes en una mezcla.

En el enunciado de la pregunta no se especifica en que sentido afecta, las propiedades coligativas de una solución, el incremento o la disminución de la cantidad de soluto, pero el estudiante debe tener la capacidad de construir, comprender y dar una *explicación* de la manera como influye el contenido de sales en una de las propiedades coligativas de la solución dada. De nuevo, y como se planteó en la pregunta del ejemplo anterior, el estudiante debe *identificar* los conceptos y nociones que requiere utilizar, e *indagar* sobre los datos presentados en la tabla para seleccionar los que finalmente le serán útiles, competencias éstas que emplea de manera transversal para la resolución de la pregunta. Dentro del mismo contexto, el alumno emplea transversalmente temáticas del apartado de fisicoquímica y demuestra como la integración de componentes y competencias generan un sinergismo global que favorece, en gran medida, el proceso de aprendizaje y desarrollo de los estudiantes a sus respectivos niveles de exigencia.

Ejemplo 4

Con base al enunciado de la pregunta anterior, si a la solución J se le adicionan 0,5 moles de soluto, es probable que

- A. disminuya la concentración final de la solución.
- B. permanezca constante el punto de congelación de la solución.
- C. permanezca constante el pH de la solución.
- D. aumente el punto de ebullición de la solución.

Acción de pensamiento: Relaciono información proporcionada en tablas de datos con conceptos de la química.

Componente: **Aspectos fisicoquímicos de mezclas**

Competencia: **Identificar**

Clave: **D**

La pregunta anterior enfoca el tema de soluciones con una mirada desde la fisicoquímica, no como el empleo de datos y características para realizar una separación de las sustancias que las componen, sino de la manera como la alteración en un sistema en equilibrio, una mezcla homogénea, con la incorporación de una cantidad apreciable de soluto, afecta una o varias propiedades de una solución con respecto a su estado inicial.

El contexto de la pregunta aborda en el estudiante el interrogante de lo que sucede cuando se adiciona más cantidad de soluto a una solución, sin llegar a la sobresaturación, a unas condiciones de temperatura y presión determinadas. En la tabla el estudiante indaga como a medida que la concentración de la solución aumenta, de la misma manera se afecta el pH, y reconoce que la opción C no es la respuesta correcta. A través de este proceso indagativo el estudiante debe, entonces, identificar qué otras características se alteran dentro de la problemática establecida en el enunciado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CUBILLOS, G., POVEDA, G. y VILLAVECES, J. (1990). *Hacia Una Historia Epistemológica de la Química*. Editorial Guadalupe Ltda., Bogotá.

BRIGGS, J. Y PEAT, F. (1989). *A través del maravilloso espejo del universo*. Editorial Gedisa, Barcelona.

FURIÓ, C. y VILCHES, A. (1997). Las actitudes del alumnado hacia las Ciencias y las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. En L. del CARMEN (coord.), *La enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE/HORSORI., 47-71.

GALLEGO, R. (1994) *La Química Como Ciencia: Una perspectiva constructivista*. Documento de Trabajo. Universidad Pedagógica Nacional.

HOLTON, G. (1989) *Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas*. 2ª Edición. Editorial Reverté, Barcelona.

LATORRE, Ángel y SANFÉLIX, Fernando. Alfabetización científico-tecnológica en estudiantes de secundaria y universidad: un análisis experimental. Departamento de Psicología Evolutiva y de la Educación. Universitat de València (Estudi General). En *Enseñanza de las Ciencias*, 2000, 18 (1), 55-69.

LLORENS, J. (1989). *Comenzando a Aprender Química*. Aprendizaje Visor, Barcelona.

MILONE, J. (1995). *Química IV General e Inorgánica*. Angel Estrada y Cía. S.A., Buenos Aires.

OLORUNDARE, S.A. (1988). Scientific Literacy in Nigeria: The role of Science Educations Programmes. *International Journal of Science Education*, 10(2), pp. 151-158.

REID, D. V. y HODSON, D. (1993). *Ciencia para todos en secundaria*. Madrid: Narcea.

PRIGOGINE, I. (1991). *El nacimiento del tiempo*. Madrid.

SANCHEZ, C. y VILLAREAL, M. (1994). *Propuesta Constructivista de Enseñanza . Aprendizaje por Investigación para el Aprendizaje Significativo del Concepto Mol*. Trabajo de grado. U.P.N.

ANEXO 1

A continuación se abordaran aspectos teóricos asociados a los dos referentes básicos, las sustancias y las mezclas.

“Las Sustancias

En contextos diferentes al de la química, e incluso en los primeros discursos de esta ciencia, como ya se mencionó, sustancia es connotada de diversas formas, con significados próximos al portador de una cualidad³² de los cuerpos materiales o que determinan la existencia o esencia de algo.

Desde el contexto actual de la química, la sustancia tiene una connotación particular: es un tipo de material conformado por un solo sistema multiatómico, multiiónico y/o multimolecular³³. Las sustancias son diferenciadas como elementos o compuestos, de acuerdo con el tipo de entidades químicas que las conforman, clases de átomos. Hay que tener en cuenta que, después de la determinación de los isótopos, las clases de átomos se establecen de acuerdo con el número de protones presentes en el átomo³⁴. Si los átomos que conforman la sustancia son de una misma clase, se dice que la sustancia es un elemento, pero si está conformada por dos o más tipos de átomos, se dice que la sustancia es un compuesto. Esta división implica aspectos fisicoquímicos y analíticos distintos y claramente diferenciadores para estos dos tipos de sistema, lo cual permite afirmar que, aunque ambos son sustancias puras, se comportan de manera diferente.

Sistema Elemento: El elemento, concebido como sustancia simple, es visto como un sistema multiatómico que está conformado por átomos, iones y/o moléculas y que no puede ser descompuesto químicamente en otros sistemas multiatómicos. Esta distinción permite, en parte, diferenciar al átomo del elemento y comprender por qué es inapropiado decir que el elemento sodio tiene una masa atómica 22,9898 u.m.a. o que, la masa atómica del oxígeno es 15,999 g. Incluso ayuda a comprender por qué la estructura del elemento hidrógeno es molecular, H₂, y no necesariamente atómica³⁵, como generalmente se considera que es la estructura de un elemento.

La caracterización del estado de un elemento, permite responder a las preguntas; ¿qué clase de entidades los conforman? y ¿cuáles son las condiciones termodinámicas de un elemento en un momento particular?; e involucra básicamente los conceptos elemento, átomo, unidad de masa atómica (u.m.a.) y periodicidad química, así como TAMBIÉN el análisis del estado termodinámico (sólido, líquido o gaseoso) y de las propiedades físicas y químicas (punto de fusión, punto de ebullición, etc.), y de aspectos fundamentales de la teoría cinética de los gases y del gas ideal.

La respuesta a la pregunta por la interacción en este tipo de sistemas implica abordar los conceptos enlace químico y electronegatividad. Por su parte, la dinámica involucra los conceptos de reacción química y cambio físico, para el análisis de los posibles sistemas que

³² Esta connotación, junto con la de esencia, se aproximan más al significado etimológico del término sustancia, vista como riqueza, haber, propiedad, autoposesión. De ahí que la sustancia sea vista como lo que es y existe en sí, sin requerimiento de otro (sustancia es todo lo que existe, naturaleza de las cosas, jugo que se extrae de ciertos alimentos). Esta concepción de sustancia caracterizó el discurso químico de finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX, desde el cual se consideraba que la química debía centrarse en el estudio de lo interno para dar razón de las características propias e inherentes de los materiales.

³³ Remite a la idea de que en la estructura de una sustancia se pueden estar presentando diferentes tipos de interacción entre sus entidades. Por ejemplo, para una muestra de agua líquida se puede hablar de un alto porcentaje de estructura molecular y una pequeña proporción de entidades iónicas (constante de ionización del agua).

³⁴ Caracterización realizada por Moseley en 1913.

³⁵ Generalmente se asume que la estructura de los elementos es atómica, y la de los compuestos, molecular. En otras palabras, se considera que los elementos están conformados por átomos y los compuestos por moléculas.

se obtendrían si dos o más elementos reaccionaran químicamente, formación de otro tipo de sustancia química, llamada compuesto; o si interactúan físicamente, formación de una mezcla,

Sistema Compuesto: El compuesto, concebido como sustancia simple, es visto como un sistema multiatómico que está conformado por iones y/o moléculas y que puede ser descompuesto químicamente en otros sistemas multiatómicos. Conviene recalcar que, vistos de esta manera, no es válido afirmar que los compuestos estén conformados por elementos, como usualmente se concibe en la educación básica y media.

La pregunta por el estado de un compuesto involucra los conceptos de compuesto propiamente dicho, mol, masa molecular, reactividad, fuerzas intermoleculares e intramoleculares, propiedades físicas y químicas, ley de las proporciones definidas y de las proporciones múltiples, así como los elementos básicos de la estequiometría.

Al igual que en el caso de los elementos, las interacciones y la dinámica del sistema compuesto incluyen el análisis de lo que se puede obtener cuando dos compuestos reaccionan químicamente (para producir un nuevo compuesto) o interactúan físicamente (formación de una mezcla) y de los cambios que le ocurren a un compuesto cuando se somete a cambios de presión y/o de volumen (cambios de estado).

Las mezclas

Continuamente realizamos diferenciaciones, y en ellas siempre empleamos referentes para distinguir lo comparado. De igual manera, se han demarcado formas de diferenciar las mezclas de las sustancias; sin embargo, estas formas de reconocimiento sólo tienen sentido cuando se comprenden los atributos instrumentales y experimentales (que son, a su vez, conceptuales) para entender por qué no pueden ser considerados como un mismo material una mezcla y una sustancia.

La instrumentación, como extensión de las teorías, y la experimentación, como su espacio de contrastación, son ordenamientos metodológicos que forman parte de aquellos modos de proceder característicos de las comunidades de químicos, en los que la matematización y metrización son parte crucial de sus teorizaciones.

Algunos de los métodos más usuales son representativos de la variedad de principios que pueden utilizarse para la determinación de la cantidad de un constituyente buscado presente en una mezcla; se emplean entre otros, los métodos gravimétricos (precipitación, electrodeposición y volatilización), los métodos volumétricos (titrimétricos y gasométricos) y los métodos fisicoquímicos (ópticos y eléctricos).

Las mezclas se obtienen a partir de la interacción física de los sistemas materiales (sustancias). Esta interacción no involucra un cambio en la estructura ni en las propiedades físicas y químicas de los sistemas materiales constituyentes. La caracterización del estado de una mezcla surge de la necesidad de responder a las preguntas: ¿qué clase de sistemas materiales la conforman? y ¿qué cantidad de los sistemas materiales se encuentran presentes en la mezcla? Involucra básicamente los conceptos de solución, mezcla homogénea y heterogénea, mol, solvente y soluto, concentración, solubilidad, así como propiedades físicas y químicas.

De la respuesta a las preguntas: ¿qué cambios pueden ocurrir en la composición y en las propiedades de las mezclas cuando cambian las condiciones del medio? y ¿cuáles son los tipos de relaciones que se dan entre las mezclas?, emerge la interacción en este tipo de sistemas materiales. Para ello se deben abordar los conceptos de concentración, solubilidad,

propiedades coligativas (aumento en el punto de ebullición, descenso en el punto crioscópico, entre otros), iones en solución acuosa y electrolitos.

La dinámica de las mezclas responde a la pregunta: ¿qué cambios pueden ocurrir en la estructura, composición y propiedades en éstas cuando se relacionan químicamente con otros sistemas materiales?. Para entender éste tópico se deben abordar los conceptos básicos relacionados con reactividad, cinética química, electroquímica, termoquímica y equilibrio (cambio de entalpía, cambio en la energía libre de Gibbs, concentración y constantes de equilibrio)" (GONZALEZ, M., MONTAÑEZ, A. OLAYA, A. SANCHEZ, G., 200)

MARCO TEÓRICO

EXAMEN DE ESTADO

PRUEBA DE FÍSICA

Autores:

**El siguiente capítulo es tomado
del Marco Teórico para Ciencias Naturales
publicado en el año 2000. p. 55-68.**

Ajustes en las Competencias

**Claudia Marcel Bonilla (Universidad Nacional)
Oscar Javier Avella (Universidad Nacional)**

Marco Teórico del Examen de Estado

Prueba de Física Núcleo Común

RECONOCIMIENTO

El presente capítulo se ajusto de la versión escrita por Alexandra Olaya, Myriam González, Aura Montañez, Gloria Sánchez, César Herreño. A continuación encontrará las reflexiones sobre física y los 4 componentes propuestos para el año 2000: *mecánica clásica de partículas, termodinámica, eventos ondulatorios y eventos electromagnéticos*. Para el año 2006 la prueba de física para examen de estado evalúa las competencias específicas de *Identificar, indagar y explicar*, para lo cual los profesionales Oscar Javier Avella y Claudia Marcel Bonilla, físicos de la Universidad Nacional, ajustaron los niveles de competencia y los ejemplos pertinentes para el marco.

CONTEXTO DE LA FISICA PARA LA EVALUACIÓN

“En esencia, todas las teorías y revoluciones que han tenido lugar en la construcción del mundo de la Física intentan combinar el macrocosmos de las estrellas, el microcosmos de los átomos y el cosmos de las cosas de cada día en un todo consistente y coherente” Max Born (1969)”.

3.1 ¿Qué es Física?

La delimitación de un contexto de la física para la evaluación, en consonancia con los lineamientos expuestos en el capítulo I, orienta a tomar como puntos de referencia las consideraciones de la física desde una perspectiva disciplinar, los aportes de las diversas investigaciones acerca de las concepciones y maneras de resolver problemas de los estudiantes, así como lo esperado y deseado de una persona que egresa de la educación media.

En concordancia con la idea articuladora de la física como una manera de ver el mundo y de actuar en él, aun cuando centra la mirada en ciertos eventos, cobra sentido preguntarse qué y cómo se “mira” desde la física.

Al hablar de física, muchos afirman que es la más fundamental y general de las ciencias (Feynman, 1987). Esto ha ser vivo de sustento para que, en algunas ocasiones, se considere que la química es solo una parte de la física, o se afirme que las cuestiones que le conciernen a la biología podrían explicarse por completo desde la física. Si bien es cierto que se dan relaciones entre estas ciencias - por ejemplo, se puede decir que la física moderna es la base de lo que muchos denominan química cuántica - existen asuntos propios de la química que no son conceptos fundamentales de la física (por ejemplo, la diferenciación entre mezcla y sustancia). Asimismo, aunque para la física resultan complejos y no hacen parte de su estructura conceptual, algunos conceptos considerados elementales y fundamentales en la biología, tales como homeóstasis y nutrición, es también importante destacar que algunos de los conceptos de la física han ayudado a la comprensión de algunos asuntos de la biología (por ejemplo, el análisis de la estructura espacial del ADN, fue hecho a través de rayos X).

No obstante, lo fundamental y general de esta ciencia puede validarse destacando el hecho de que la física, como disciplina científica, ha sido protagonista de muchas de las revoluciones científicas que han introducido nuevas concepciones y métodos de trabajo, teniendo, de esta forma, una profunda incidencia en el desarrollo de las demás ciencias. De hecho se afirma que la ciencia moderna comenzó con las mediciones y los análisis de situaciones ideales³⁶ hechos por Galileo acerca de los cuerpos en movimiento, refutando las creencias aristotélico-escolásticas que no se habían evaluado hasta el momento e introduciendo pautas de trabajo completamente diferentes a las implícitas en dichas creencias.

Se puede afirmar que el objeto de estudio construido por los físicos ha variado con la evolución de esta ciencia y, por tanto, depende del momento histórico. Inicialmente se consideraba como el estudio de la "naturaleza" tal y como se veía, lo cual correspondía a lo que en un momento se denominó filosofía natural; desde la perspectiva clásica puede afirmarse que la física era el estudio de los movimientos de los cuerpos que conforman el universo y de las fuerzas que actúan sobre los mismos. Si bien el problema de delimitar qué estudia la física es anterior a la teoría cuántica, con el nacimiento de esta última se agudiza, convirtiéndose incluso en un problema filosófico. Para algunos, como Boltzmann y Planck, es simplemente el estudio de los sistemas y fenómenos físicos, y en esta última línea hay quienes, como Mach y Heisenberg, consideran que la física se refiere al conjunto de pares "observador-acontecimiento físico", mientras para otros, como Bohr, la física es considerada como un conjunto de construcciones mentales para poner orden al panorama caótico observado (March, 1984).

No obstante las controversias entre las diferentes escuelas filosóficas, se destaca el hecho de que, como lo afirma Born (1969), "en esencia, todas las teorías y revoluciones que han tenido lugar en la construcción del mundo de la física intentan combinar el macrocosmos de las estrellas, el microcosmos de los átomos y el cosmos de las cosas de cada día en un todo consistente y coherente". Estas teorías, como afirma Einstein (1940), son resultado de un laborioso proceso de adaptación: hipotético, nunca completo y siempre sujeto a cuestionamiento y duda. Son teorías que se basan en las mediciones, y cuyos conceptos y proposiciones orientan por sí mismos a una formulación matemática.

Estas ideas y el hecho de que los eventos abordados desde la física puedan ser considerados sistemas, son los dos elementos en los cuales se funda la afirmación de que, en la construcción de ese todo coherente, en el análisis y estudio de una situación física, es relevante, como punto de partida, pensar en términos de las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el estado de un sistema en un momento determinado, es decir cuáles son los atributos del sistema o de sus entidades, pertinentes para su estudio ?

2. ¿Qué interacciones se dan entre las entidades del sistema, o entre este y otros sistemas?

3. ¿Qué mediciones (interacciones observador-sistema) son necesarias para el estudio del sistema?

4. ¿Cuál es la dinámica del sistema, es decir, cuáles son sus posibles estados, las transiciones entre estos estados y sus comportamientos permanentes?

³⁶ Por ejemplo, Einstein afirma en su libro La evolución de la Física (1986), que el experimento ideal, y no tanto la observación directa, es la clave que constituyó la verdadera fundamentación de la mecánica del movimiento.

Las respuestas dadas a las dos primeras preguntas constituyen los argumentos acerca de las condiciones que deben satisfacerse para que la situación analizada sea tal como se describe. Así, en principio, responder estos interrogantes implica como mínimo tener claro qué tipos de entidades conforman un “sistema físico”.

Tomando como referencia los dos grandes apartados teóricos de la física, que son, la física clásica y la física moderna (cuántica y relativista), puede decirse que las entidades físicas pueden ser partículas, ondas o “quantons”³⁷. El concepto de partícula trae consigo el carácter discreto de las entidades, es decir, la susceptibilidad de ser enumeradas y de ser posicionadas en un punto espacio - temporal, mientras que la noción de onda, en contraste con la de partícula, involucra como esencial su carácter continuo, pues es una entidad definida para cada punto del espacio-tiempo. Por su parte, las entidades de la física moderna, o quantons, se destacan por su usualmente denominado carácter dual onda-partícula. Sin embargo, las características fundamentales de esas entidades por sí solas no permiten conceptualizar y analizar por completo un sistema físico; el comportamiento o evolución del mismo cobra sentido, además, en términos de las interacciones entre sus entidades, y entre este y otros sistemas.

Hablar de **estado** de un sistema físico remite a asociar al sistema un conjunto de magnitudes para describirlo, en términos de las cuales será posible hablar de su estado final o de los sucesivos estados por los que pasa en un proceso particular. Algunas de tales magnitudes sólo podrán ser calculadas para un instante particular (por ejemplo, posición y velocidad) y no en un intervalo temporal o durante un proceso (por ejemplo, trabajo o calor).

La atención a las **interacciones** implica fundamentalmente tres consideraciones. La primera tiene que ver con el hecho de que las magnitudes de un sistema sólo pueden cambiar cuando éste interactúa y que por tanto algunas de sus características sólo pueden ser observadas en la interacción; esto es, las posibilidades de interacción de un sistema, o de sus entidades, evidencian características que hablan de su naturaleza. Las entidades de un sistema pueden interactuar eléctricamente, por ejemplo, aun cuando en colectividad no lo hagan, o hay ciertas interacciones que se pueden dar a nivel macro, como, por ejemplo, la interacción gravitacional de un cuerpo con la Tierra, aunque entre las entidades del mismo, interacciones de este tipo, sean despreciables.

La segunda consideración alude a la reciprocidad de las acciones; sobre un sistema o entidad no se puede ejercer una acción sin que éste a su vez, de alguna manera, afecte otro. La tercera se refiere al hecho de que las interacciones son restringidas bajo leyes de conservación, lo que significa que las entidades de un sistema, o un sistema como tal, no interactúan o evolucionan de cualquier manera, sino que interactúan de tal manera que algunas de las magnitudes que describen su estado se conservan (por ejemplo, la energía de un conjunto de partículas se conserva antes y después de choques entre ellas, aun cuando la de cada partícula cambie). La variación en el espacio-tiempo de las magnitudes que describen el estado de un sistema, es decir, los posibles estados de un sistema y las transiciones entre ellos, unidos a las regularidades, o comportamientos permanentes del mismo, y a la cualificación de los observables físicos del sistema visto en su globalidad, o en términos de

³⁷ El concepto de quanton no es universalmente aceptado y se ha retomado de Levy Leblond (1989). Desde el punto de vista epistemológico, es muy valiosa la discusión que el autor plantea sobre el carácter dual o no de los objetos cuánticos, al afirmar que son entidades diferentes a las entidades de la física clásica, y que por tanto su conceptualización debe ser diferente. Argumenta que de acuerdo con esto resulta erróneo afirmar que una partícula “llega a ser” onda en el dominio cuántico o que las ondas “se transforman” en partículas. Sin embargo, reconoce el hecho de que los objetos cuánticos manifiestan simultáneamente características, que desde la referencia clásica pueden ser pensadas en términos de atributos corpusculares u ondulatorios.

las relaciones entre sus entidades, constituyen la respuesta a la pregunta por la **dinámica** del sistema.

La respuesta al interrogante de la **medición**, como la interacción observador-sistema que conlleva un conjunto de operaciones para determinar un valor de una magnitud o atributo de un sistema, que es susceptible de ser distinguido cualitativamente y determinado cuantitativamente (Centro Español de Metrología, 1994), establece el nexo entre las descripciones dadas desde un referente teórico, es decir, las abstracciones, suposiciones e imaginaciones³⁸, y su coherencia con el experimento, y pone de manifiesto dos características fundamentales del trabajo en física: **la necesidad del experimento y el hecho de que mucho de lo que es “mirado” desde ella es susceptible de ser expresado en términos de una relación matemática, es decir, distinguido cuantitativamente.**

Este último aspecto, así como el interés por predecir un posible evento y establecer regularidades y conexiones entre eventos aparentemente desligados, hace que, en su ámbito, los planteamientos y relaciones matemáticas rigurosos y el significado de ellos en este contexto, sean parte de su estructura conceptual básica. No obstante, la excesiva pero poco profunda atención prestada a este asunto, ha generado que usualmente la implementación de planteamientos matemáticos se reduzca al operativismo, (manipulación de relaciones matemáticas sin darle relevancia a su análisis conceptual desde el punto de vista físico), o que para la resolución de problemas se hagan afirmaciones matemáticas que no tienen sentido en el respectivo contexto.

Para sintetizar la discusión en relación a la pregunta planteada al inicio de esta reflexión, puede decirse que la Física da cuenta del estado, las interacciones y la dinámica en el espacio-tiempo de sistemas cuyas entidades pueden ser partículas, ondas o quantons en interacción. Estado, interacciones y dinámica que se expresarán y caracterizarán en términos de la mecánica clásica (de partículas y ondas), la termodinámica, el electromagnetismo, la mecánica cuántica y la relatividad, dependiendo de la situación que se haya de abordar y del interés de quien la aborda.

Los componentes básicos

Los numerosos estudios respecto a las concepciones de los estudiantes y las maneras como resuelven problemas de física, han coincidido en afirmar que su conocimiento de esta disciplina se caracteriza por estar parcelado (Abou y Hestenes, 1985; Driver, 1986; Osborne, 1995; Gil, y otros, 1996), es decir, por no establecer relaciones entre conceptos que desde la estructura teórica de esta ciencia se presentan³⁹ (por ejemplo, no relacionar peso con fuerza) y por usar conceptualizaciones y procedimientos usualmente erróneos a la luz de planteamientos físicos (por ejemplo, pensar que el calor es algo que está contenido en los cuerpos).

³⁸ Las leyes de Newton no fueron ni pueden inferirse directamente de la experiencia: son una abstracción mental coherente con lo observado en la “realidad”. Con esto se pretende mostrar que no son demostrables, como habitualmente se pretende en el aula de clase. Por el contrario, la metodología de trabajo implica hacer uso de esta abstracción, empezando por acotar y reducir las características de las situaciones analizadas, hasta moldear situaciones ideales, en las cuales los cuerpos se mueven en línea recta con velocidad constante, es decir, sin que haya fuerza neta sobre ellos. Posteriormente se analizan situaciones en las que se tienen en cuenta nuevos factores, con el fin de aproximarse más a la realidad, como son las del movimiento con velocidades variables.

³⁹ Lo cual implicaría un aprendizaje de la física no significativo, muy en desacuerdo con lo que se pretende al evaluar competencias. Es claro que esto no se debe a una manera intrínseca de pensar, sino que es producto también de la forma como usualmente se les ha presentado.

Atendiendo a esto, y según la concepción expuesta de Física, se pretende plantear unos referentes coherentes y significativos para la formación en la educación básica y media, cuya conceptualización es el fundamento de las competencias básicas de los estudiantes en este contexto. No obstante, es conveniente destacar que las fronteras entre estos referentes son difusas en ciertos casos, más aún considerando que algunos conceptos y principios son compartidos (conservación de la energía, por ejemplo) y que los asuntos de los que trata uno de ellos son, en algunas situaciones, necesarios para el abordaje de los asuntos que trate otro (tal y como debe ser, dado el carácter holístico de las ciencias).

Componente 1: Mecánica clásica de partículas

¿Qué caracteriza el movimiento de un cuerpo? ¿Qué fuerzas actúan sobre el cuerpo?

Una de las grandes ideas de Galileo sobre el movimiento de un cuerpo, planteada posteriormente como principio de inercia por Newton, fue afirmar que “un cuerpo que se mueve por una superficie plana continuará moviéndose en línea recta con velocidad constante si nada lo perturba”; en otras palabras, no siempre que un cuerpo se mueve, actúa una fuerza neta sobre él. Idea que contrasta con la que usualmente expresa un estudiante cuando no ha pasado por un curso de física (¡y aun habiendo pasado por él!), según la cual, en la dirección en la que se mueve un cuerpo siempre actúa una fuerza y que por lo tanto la velocidad indica que sobre el cuerpo actúa fuerza neta, razón por la cual esta idea se convierte en uno de los puntos neurálgicos por abordar en los niveles de educación mencionados.

La mecánica clásica de partículas introduce además varios aspectos fundamentales, entre los cuales conviene destacar dos: (i) Antes de la introducción de las ideas de la mecánica, la pregunta sobre el movimiento de un cuerpo era ¿por qué se mueve el cuerpo? Con el surgimiento de la mecánica newtoniana las preguntas pertinentes cambian, y resultan más significativas cuestiones como: ¿respecto a quién o qué se mueve el cuerpo? ¿por qué cambia el movimiento del mismo? ¿es una característica intrínseca de los cuerpos? ¿o viene del exterior?(ii) Introduce claramente el carácter direccional de algunas de las magnitudes físicas involucradas en el análisis del movimiento de un cuerpo (posición, cantidad de movimiento y fuerza), lo que implica el necesario establecimiento de un sistema de referencia, así como también señala las maneras de ilustrarlas gráficamente.

Describir el estado de un sistema desde el punto de vista mecánico significa que, como paso primordial, se establezca un sistema de referencia respecto al cual se caractericen las magnitudes que lo describen, es decir, su posición, velocidad, cantidad de movimiento, aceleración y energía.

Considerar las interacciones desde este referente tiene como base las leyes de Newton y por tanto promueve la consideración de las fuerzas que están actuando sobre un cuerpo, las reacciones a ellas y la fuerza neta, como también el trabajo realizado por una fuerza o un conjunto de ellas durante un proceso particular. Aquí se involucran interacciones gravitacionales y eléctricas. Este apartado incluye además el concepto de presión desde los puntos de vista micro y macroscópico.

La dinámica de un sistema, en la mecánica clásica, tiene su punto central en analizar cómo varían las magnitudes que describen el estado de movimiento de un cuerpo en función del tiempo y en el estudio de aquellas que se conservan, esto es, los principios de conservación de la energía y del momentum.

¿Cómo se relacionan las variables de estado de un sistema en equilibrio termodinámico? ¿Cómo se puede incrementar la energía interna de un sistema?

Uno de los mayores aportes de la termodinámica, que la distingue de la mecánica clásica, es su manera de abordar el problema fundamental que le atañe y la naturaleza misma del problema. Con la mecánica se hizo una extrapolación de un dominio macro a uno microscópico, en donde no resultaron válidas sus predicciones y planteamientos. La termodinámica, por su parte, es una teoría fenomenológica cuya generalidad permite estudiar sistemas con estructuras constitutivas y dinámicas radicalmente diferentes (Sklar, 1996), y cuyos conceptos básicos plantean un nexo directo con la probabilidad y estadística de los eventos⁴⁰.

Las relaciones macro que describen el estado de equilibrio termodinámico de un sistema, estado que no depende del tiempo ni de cómo se llegó a él, no se obtuvieron a partir de un análisis mecánico de sus entidades (pues ello involucraría un tratamiento demasiado engorroso e inabordable precisamente por el número de entidades del sistema, 10^{23}), sino que se dedujeron partiendo de observaciones macroscópicas y experimentales.

El problema que le concierne a la termodinámica puede ser presentado de muy variadas maneras. Su asunto fundamental es **predecir el estado de equilibrio termodinámico de un sistema después de levantar una ligadura interna del mismo**, aunque en términos menos complejos puede afirmarse que el problema de la termodinámica tiene que ver principalmente con las relaciones entre energía interna, temperatura, volumen, presión y número de partículas, de un sistema cuyo número de entidades es del orden del número de avogadro (10^{23}), por ejemplo, una célula, un líquido, un gas, un sólido o incluso un “gas de radiación”.

De otra parte, es preciso mencionar que los significados cotidianos que se dan a los conceptos de calor y temperatura⁴¹, no se corresponden con los de la física, y por ende, muchos de los cuestionamientos y maneras como un estudiante aborda un problema termodinámico riñen con lo que se espera en esta disciplina. Es por esto que la diferenciación entre estos dos conceptos es uno de los aspectos neurálgicos que se abordarán en la evaluación.

El estado, en termodinámica, tiene que ver específicamente con la descripción del estado de equilibrio termodinámico del sistema, con las condiciones que satisfacen las variables de estado, y que son, presión, temperatura, volumen, energía interna y número de partículas. No obstante, un planteamiento un poco más axiomático, no pretendido para la educación básica y media, implicaría la introducción del concepto de entropía, como la función a partir de la cual se puede encontrar toda la información termodinámica de un sistema.

⁴⁰ Por ejemplo, la ecuación de estado de un gas ideal desde el punto de vista estadístico y probabilístico corresponde con los valores promedio de las variables macroscópicas allí involucradas (presión, volumen, número de partículas).

⁴¹ Se considera que el calor es algo contenido en los cuerpos, de allí las afirmaciones “tengo mucho calor”, o “tengo mucho frío”, así como es también considerado sinónimo de temperatura.

Los resultados de la termodinámica están, casi todos, contenidos en las denominadas leyes de la termodinámica, las cuales son la base para el análisis de las interacciones desde este referente. Leyes que tienen que ver principalmente con tres interrogantes: ¿Cómo se puede aumentar la energía interna de un sistema? ¿Cuándo un sistema cede energía “en forma de calor” a otro? ¿Qué condiciones deben satisfacerse para que dentro del equilibrio termodinámico, se satisfaga la condición de equilibrio mecánico? Las interacciones tienen que ver entonces con el análisis de procesos cuasiestáticos.

isotérmicos, isobáricos, isocoros o adiabáticos, algunos de los cuales son cercanos a nuestra cotidianidad y respecto a los que resulta significativo considerar los conceptos de reversibilidad e irreversibilidad.

La dinámica de procesos termodinámicos o la termodinámica del no equilibrio se sale totalmente del nivel pretendido para la educación básica y media; no obstante, siguiendo con la línea hasta ahora planteada y considerando la dinámica como los posibles estados y las transiciones entre esos estados, puede decirse que la «dinámica» desde este referente, tendrá que ver con el análisis de los procesos termodinámicos antes mencionados y con la conservación de la energía.

Componente 3: Eventos ondulatorios

¿Qué caracteriza un movimiento ondulatorio? ¿Qué sucede cuando una onda interactúa con otra o con un cuerpo?

El estudio de los fenómenos ondulatorios es un aspecto neurálgico pues introduce las nociones de continuidad y de propagación de perturbaciones (eventos físicos) afectando todo el dominio del espacio-tiempo (movimiento de «objetos» no tangibles). ***A diferencia de la mecánica clásica de partículas, en la que no es posible que dos de ellas estén ubicadas simultáneamente en un mismo punto o en una misma región, las ondas pueden interferir, es decir, superponerse.***

Caracterizar el estado desde este referente consiste en determinar las condiciones de frontera para un evento ondulatorio, estableciendo un sistema de referencia y describiéndolo en términos de velocidad de fase, fase, frecuencia, amplitud de la onda y el valor de la ecuación de onda para un instante o punto determinado.

Las interacciones estarán referidas a las interacciones onda-partícula y onda-onda, de tal manera que se aborden los fenómenos de reflexión, refracción, difracción, polarización e interferencia, en relación con el principio de superposición. Aquí se incluye el análisis de los modelos ondulatorios de la luz y del sonido.

La caracterización de la dinámica de un evento ondulatorio, o la manera como éste evoluciona en el espacio y en el tiempo, alude a los conceptos de estacionariedad y no-estacionariedad, velocidad de grupo, dirección de avance de la onda y principio de superposición. Remite, en síntesis, al análisis de la denominada ecuación de onda, a partir de la cual es posible detenerse en el tiempo y analizar, la función de la posición, o ubicarse en un punto específico y “observar” cómo varía con el tiempo.

**¿Cómo se puede cargar eléctricamente un sistema?
¿Qué condiciones deben satisfacerse para que se
produzca una corriente eléctrica?
¿Qué condiciones son necesarias para que un cuerpo
interactúe con un campo eléctrico y magnético?**

Si bien es cierto que las interacciones electrostáticas pueden ser abordadas como un caso particular de la mecánica clásica, y la variación de los campos eléctricos y magnéticos puede ser abordada como un evento ondulatorio, un tratamiento de este tipo involucraría abordajes que sobrepasan el nivel de educación media.

Adicionalmente al hecho de que el electromagnetismo es un cuerpo coherentemente estructurado, es importante destacar que muchos de los procesos que hacen parte de la cotidianidad de las personas pueden ser considerados eventos o situaciones que pueden analizarse desde el punto de vista del electromagnetismo, lo que ha acarreado desarrollos tecnológicos significativos.

Desde este referente, el estado incluye la caracterización de la carga eléctrica de un sistema (su naturaleza, su ilustración gráfica, etc.). Las interacciones se remiten al análisis básico de las características atractivas y repulsivas de fuerzas eléctricas y magnéticas (variación inversa con el cuadrado de la distancia, dependencia directa de la carga, etc.) y los procesos mediante los cuales es posible cargar eléctricamente un sistema. También involucran la noción de campo, potencial eléctrico y de las condiciones necesarias para generar una corriente eléctrica (nociones de conductividad y resistividad eléctrica), así como las condiciones necesarias para que un cuerpo interactúe en un campo magnético. La dinámica centrará su atención en el análisis de circuitos sencillos y de la inducción electromagnética.

En el diagrama 1 se ilustran los problemas, conceptos y principios considerados básicos para cada uno de los referentes planteados. Conviene insistir en el hecho de que, así propuestos, se pretende un alejamiento de las comunes listas desarticuladas de temas y se ha intentado describir un contexto coherente y significativo de la física para la evaluación, tanto en el núcleo común como en la línea de profundización.

Niveles de complejidad y situaciones problema

Como se planteó en el capítulo I, la complejidad de una situación-problema en ciencias naturales se define en términos de las relaciones entre conceptos y acciones que ésta exige para su estudio, análisis y solución rigurosos. Asimismo, en el contexto educativo de la física, se ha hecho énfasis en que la complejidad de una situación se incrementa en tanto el estudio de la misma requiere una interpretación, argumentación o proposición, conceptual y matemáticamente, más rigurosa (Reif, F., 1983; Cerný, V., 1999).

Aunque son varios los asuntos que configuran la rigurosidad conceptual y/o matemática en el estudio-solución de una situación- problema en física, asuntos que van desde una revisión bibliográfica exhaustiva y completa sobre el problema abordado, pasando por un tratamiento conceptual preciso acompañado de un formalismo matemático adecuado, hasta la pr

oposición de nuevas problemáticas (Reif, F., 1995), para la evaluación se consideran relevantes y claves los siguientes:

Análisis cualitativo de la situación: Comprende la interpretación gráfica, la argumentación o la estimación del comportamiento de las variables que caracterizan un evento físico, sin necesidad de un desarrollo formal detallado. Estas acciones involucran distinciones conceptuales cada vez más claras y precisas (por ejemplo, tener claridad sobre los conceptos de calor y temperatura, velocidad y rapidez, fuerza neta y fuerza).

PRINCIPIOS FUNDAMENTALES	CONCEPTOS FUNDAMENTALES	COMPONENTE TEÓRICOS: PROBLEMAS GLOBALES	PREGUNTAS PARA EL ANÁLISIS DE UNA SITUACIÓN EN FÍSICA
Conservación de la energía y la cantidad de movimiento y Axiomas de Newton.	Fuerza, Fuerza neta, Partícula (velocidad y posición)	MECÁNICA CLÁSICA: ¿Cómo se caracteriza movimiento de un cuerpo? ¿Por qué cambia el movimiento de un cuerpo?	ESTADO: Cuáles son las características que permiten describir el sistema en un instante determinado, respecto a un marco de referencia. INTERACCIONES: ¿Cómo y con qué interactúa un sistema y qué interacciones se dan al interior del sistema?. Interacción observador - sistema (medición). DINÁMICA: ¿Cómo es la evolución espacio-temporal de las magnitudes que describen el estado físico del sistema (posibles estados, transiciones entre estados y regularidades)?
Los tres principios de la termodinámica: ley cero. Conservación de la energía, irreversibilidad de los procesos	Temperatura Calor Variable de Estado	TERMODINÁMICA: ¿Cómo se relacionan las variables de estado en el equilibrio termodinámico? ¿Cómo se puede incrementar la energía interna de un sistema?	
Conservación de la energía Principio de superposición	Propagación Interferencia, Refracción, Difracción y Reflexión	EVENTOS ONDULATORIOS: ¿Qué caracteriza un movimiento ondulatorio? ¿Qué sucede cuando una onda interactúa con un cuerpo o con una onda?	
Conservación de la energía Conservación de la carga	Campo Corriente Eléctrica Inducción Electromagnética	EVENTOS ELECTROMAGNÉTICOS ¿Cómo se puede cargar eléctricamente un sistema? ¿Cómo se genera una corriente eléctrica? ¿Qué condiciones son necesarias para que un cuerpo interactúe con un magnético?	

Tabla 1. Descripción de conceptos y principios considerados básicos para cada uno de los referentes evaluados por la prueba.

Análisis de situaciones límite: Involucra el análisis del comportamiento asintótico de variables en una situación, o del comportamiento de las mismas teniendo en cuenta condiciones de frontera. Por ejemplo, argumentar lo que sucede cuando, en un choque de dos esferas, la masa de una es mucho mayor que la otra, o cuando la capacidad calorífica de un sistema tiende a infinito.

Formalismo matemático: Los planteamientos algebraicos, geométricos o funcionales relacionados con un problema pueden exigir desde una solución aproximada *ex terna* hasta un resultado concreto simplificado. Un problema puede exigir el establecimiento de una relación de orden entre los valores de una magnitud, para condiciones diferentes, o puede involucrar el desarrollo de una relación cuantitativa exacta que permita afirmar, por ejemplo, qué tantas veces es mayor. En cualquier caso, dichos planteamientos deben ser validados desde el punto de vista físico, lo cual exige siempre claridad y manejo conceptual.

Análisis cualitativo: de la solución planteada a un problema: Análisis dimensional de las relaciones planteadas, de los resultados matemáticos desde el punto de vista físico y de la invarianza de la dinámica del sistema ante cambios en algunos parámetros físicos, entre otros.

Para las pruebas aplicadas a partir de 2006 en el área de física, la prueba evaluará en los estudiantes conceptos mínimos adquiridos tras la conclusión del proceso de aprendizaje en la educación media, así como competencias específicas propias de las ciencias naturales, expuestas como medio de desarrollo de habilidades en la interpretación adecuada y manejo efectivo del lenguaje propio de la física, las matemáticas, sin descontextualizar este nuevo lenguaje de su realidad y de su relación con los fenómenos que intenta describir. Esto implica una adquisición y manipulación coherente de los elementos de rigurosidad conceptual y/o matemática antes anotados y el desarrollo de las competencias por evaluar: Competencia para Identificar situaciones de su cotidianidad y del entorno global del planeta en donde se evidencie directamente un principio físico, o su aplicación directa o indirecta, enmarcada al igual que para las otras dos competencias dentro de los componentes ya mencionados: Mecánica clásica, Eventos electromagnéticos, Eventos ondulatorios y Termodinámica. En la competencia

Identificar se espera que el estudiante esté en capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos y representaciones (entendemos por representaciones las nociones, los conceptos, las teorías, los modelos y, en general, las imágenes que nos formamos de los fenómenos) a partir del conocimiento adquirido.

Indagar Se espera que los estudiantes desarrollen su capacidad para seleccionar, organizar e interpretar información relevante y para diseñar y elegir procedimientos adecuados con el fin de dar respuesta a una pregunta, para establecer condiciones y para plantear hipótesis y regularidades o plantear procedimientos novedosos que involucren el desarrollar procesos de pensamiento coherentes en la construcción de caminos conducentes a la resolución de un problema .

Explicar la prueba plantea preguntas relacionadas con la capacidad de los estudiantes para seleccionar y comprender argumentos y representaciones adecuados y así para dar razón de fenómenos particulares relacionados con una situación problema planteada.

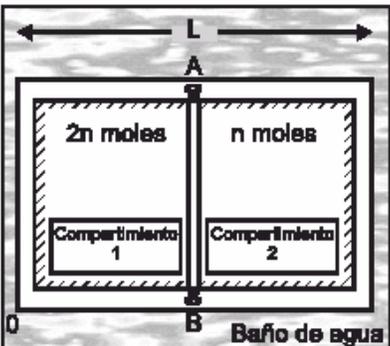
Las situaciones problema planteadas en la prueba generalmente mantienen fuertemente enlazadas las tres competencias ya expuestas, teniendo en cuenta que resulta imposible exigir que el estudiante se restrinja a usar sólo parte de sus habilidades en la resolución de un

problema. Sin embargo en cada ítem es posible hacer más énfasis en una sola de esas competencias con el fin de ver como ellos abordan el problema y como, además, ponen en práctica sus conocimientos en el área, bien sea identificando elementos teóricos y conceptuales, desarrollando estrategias de solución o dando razón de un fenómeno, de acuerdo con lo que les plantee la pregunta.

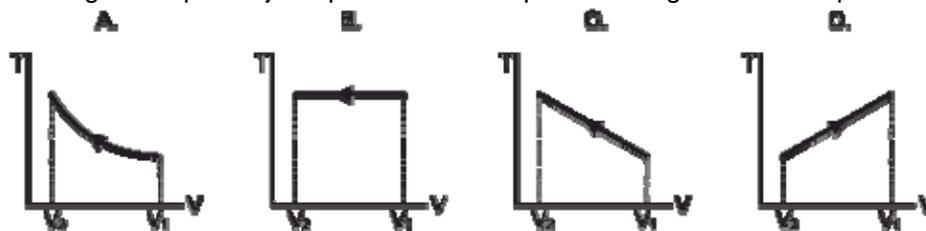
Para tener una idea mas clara acerca de cómo se plantea la evaluación a partir de las competencias específicas enmarcadas en las componentes, presentaremos algunos ejemplos describiendo de manera sucinta la inclusión de tales competencias en el ítem.

Identificar

Una caja de longitud L consta de dos compartimentos separados por una pared delgada móvil. La caja está sumergida en un baño de agua que mantiene en todo momento la misma temperatura T en ambos compartimientos. En el compartimiento 1 hay $2n$ moles de un gas ideal y en el compartimiento 2 hay n moles del mismo gas. Cuando se sueltan los tornillos A y B que sostienen la pared delgada AB en el centro, esta se desliza sin fricción a lo largo de la caja.



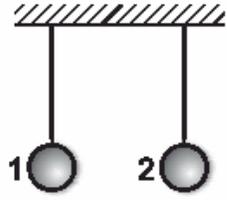
77. La gráfica que mejor representa la compresión del gas en el compartimiento 2 es



Esta pregunta se ha contextualizado en una situación que pertenece al referente de termodinámica. La solución requiere **reconocer** el gráfico T-V que mejor representa la etapa de compresión del gas ideal descrito en el enunciado. En primer lugar es necesario leer cuidadosamente la información que se suministra y notar que la temperatura se mantiene constante durante todo el proceso, una vez se hace esta identificación se debe relacionar esta condición con la gráfica que señala un proceso en el que la temperatura no cambia. Es decir, debe hacerse la interpretación de las gráficas propuestas en cada opción y relacionar la condición de la variable T constante con la gráfica de una función constante. De modo que la exigencia final es tan sólo la de identificar el gráfico que señala que el valor de la variable dependiente es constante.

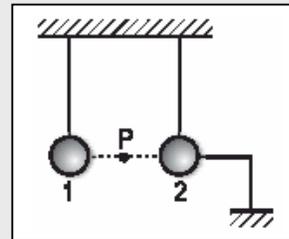
Explicar El siguiente ejemplo es una situación problema de nivel 2.

Los balines conductores 1 y 2 tienen carga $Q_1=2q$ y $Q_2=4q$ respectivamente. Sus masas son despreciables, están suspendidos de hilos no conductores e interactúan electrostáticamente.



72. Al balín 2 se le conecta un cable a tierra y se mantiene la conexión como se observa en la siguiente figura.

El campo eléctrico en el punto P es:



- A. nulo, porque el campo generado por el balín 1 es de igual magnitud y va en dirección opuesta al campo generado por el balín 2.
- B. igual al campo producido por el balín 1, porque sólo este balín tiene una distribución de cargas que genera campo.
- C. nulo, porque en este punto no existe ninguna carga de prueba que experimente la fuerza del campo generado por los balines 1 y 2.
- D. igual al campo producido por el balín 2, porque la conexión a tierra hace que el balín 2 gane electrones y se anula el campo del balín 1.

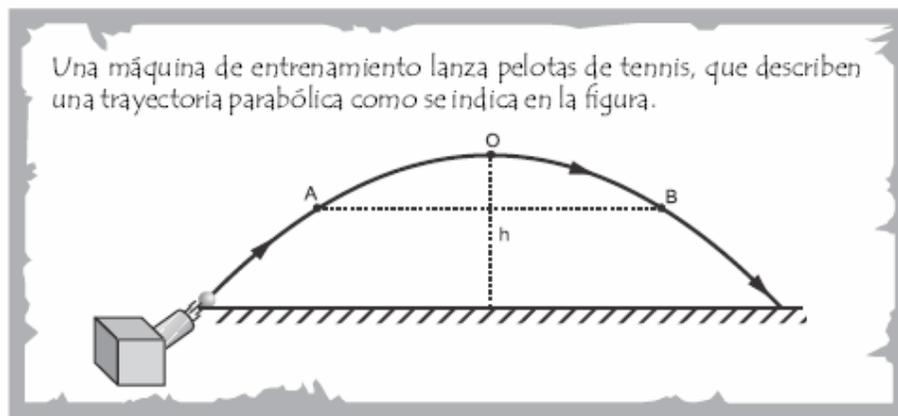
En este caso se pide el valor del campo eléctrico en un punto P determinado y la razón por la que ese es el valor. El problema exige inicialmente entender que el campo eléctrico es generado por objetos que tengan carga neta diferente de 0, además, debe tenerse en cuenta que el campo eléctrico es una cantidad vectorial y que por lo tanto si dos objetos tienen carga el campo eléctrico total en un punto P será la suma vectorial de los campos en ese punto. De otro lado debe darse la interpretación correcta a la expresión conectar a tierra entendiendo que significa que el balín 2 está neutro mientras esté conectado de esta manera. Finalmente deben relacionarse todas estas condiciones para establecer inicialmente el valor del campo, lo que sólo puede hacerse si se comprende que si el balín 2 queda con carga neta igual a 0 entonces sólo el balín 1 tiene una distribución de carga. Lo que explica que el campo eléctrico en el punto P sea igual al del balín 1.

Nótese que estas preguntas no se restringen a las meras operaciones matemáticas sino que abordan un profundo análisis físico, y aunque no exigen un planteamiento estricto, involucra formalmente principios básicos del referente al que pertenece el ítem. La resolución exitosa

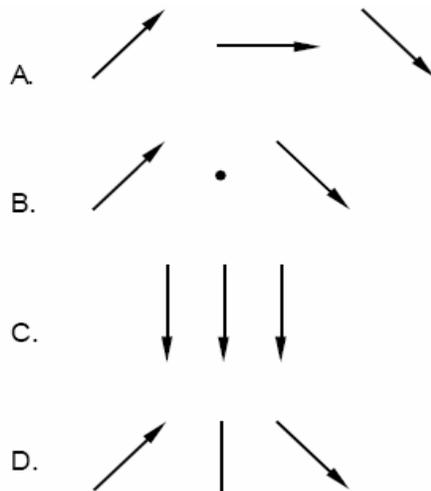
de cada pregunta se relaciona en gran parte con el grado de análisis y el grado integración de conceptos de cada referente.

Indagar

Tiro parabólico



70. Los vectores que representan “la aceleración” de una pelota en los puntos A, O y B son



Si el movimiento es de naturaleza parabólica ¿cuál debe ser entonces la dirección del vector de aceleración en cada momento?, ¿cuántas componentes debe tener este vector suponiendo que permite una representación cartesiana?

La importancia de esta pregunta radica en que el estudiante debe reconocer los elementos del problema que le permiten abordarlo adecuadamente y entender como dichos elementos se acoplan entre sí de manera, que además, él pueda escoger con completa seguridad la clave del ítem. En este caso se necesita tener claridad sobre los conceptos de rapidez, aceleración, movimiento bidimensional y descomposición cartesiana de vectores. Es decir un ítem como éste es suficiente para evaluar la apropiación de conocimientos del área así como la forma en la que se ponen en práctica las tres competencias específicas pero haciendo un mayor énfasis, para el caso, sobre la competencia indagar pues además de reconocer elementos teóricos el estudiante debe ser capaz de organizar la información con que cuenta, y de predecir el movimiento de un cuerpo a partir de los principios y leyes mecánicas a los que tal está sometido.

Este problema propone varias opciones que representan el vector de aceleración que actúa sobre el cuerpo, lo que implica considerar no solo su magnitud, sino también su dirección y sentido. Dado que la única fuerza que supone el problema es el peso del cuerpo asociado con la aceleración de la gravedad, las consideraciones necesarias se simplifican enormemente. Es suficiente ver que como sobre la superficie del planeta, la dirección de la gravedad es siempre hacia abajo y su magnitud es constante, queda claro que el vector que representa la aceleración del cuerpo no depende de su posición sobre la trayectoria que describe sino que es el mismo para los tres puntos.

Los niveles de competencias que discrimina la prueba se caracterizan por el nivel de realización alcanzado por los estudiantes en relación con los elementos involucrados al momento de plantear una opción de respuesta como solución del ítem, y por el número de aciertos asociados con cada una de las competencias. Además se plantea, en cada caso, un conjunto mínimo de condiciones que deben ser satisfechas cuando un ítem particular se resuelve escogiendo opciones que no corresponden a la clave del mismo.

Niveles de competencia

Dado que las competencias deben ser evaluadas dentro del contexto propio de los estudiantes, es necesario definir un conjunto de elementos comunes a todos ellos que permita discriminar el grado de apropiación de conocimientos disciplinares y de la habilidad adquirida para abordar los problemas planteados a partir de las competencias específicas que se espera hayan desarrollado a lo largo de su proceso de formación escolar y que son evaluadas a través de la prueba. Para tal fin se ha propuesto un conjunto de **Niveles de competencia** como mecanismo de discernimiento entre los grados de desarrollo alcanzado en cada una de las competencias mencionadas. Con este propósito las opciones de respuesta son elaboradas cuidadosamente con la intención de que cada una de ellas aporte información en relación con alguna de las categorías de diagnóstico, que serán abordadas en la siguiente sección, acerca de las posibles debilidades de los estudiantes al enfrentar situaciones-problema en física.

Nivel	C1 IDENTIFICAR	C2 INDAGAR	C3 EXPLICAR
Bajo	<p>Las personas en este nivel identifican nociones de conceptos físicos y son capaces de reconocer relaciones cualitativas y cuantitativas explícitas sencillas entre variables, bien sea en gráficas tablas o textos. Estas relaciones se refieren, por ejemplo, a funciones lineales. Es muy probable que la interpretación que hacen de situaciones novedosas tenga base en hechos cotidianos que no necesariamente tienen relación directa con los fenómenos a los que se quieren referir, evocando el recuerdo de ejemplos prototipo.</p>	<p>En este nivel las personas pueden plantear afirmaciones cualitativas para expresar los elementos de análisis requeridos por una situación tipo, sin embargo se les dificulta relacionar variables y es posible que, para resolver un problema novedoso, hagan uso procedimientos completamente operativos con base en una fórmula comúnmente usada, desligada, usualmente, del problema propuesto. En algunas ocasiones las herramientas matemáticas se convierten en paradigmas y dejan de ser instrumentos que les permite construir un lenguaje de interpretación propio de la física. Tienen dificultad en conectar los elementos que les permiten predecir situaciones que requieran relacionar 2 ó más variables, teniendo en cuenta la variación de las condiciones iniciales.</p>	<p>Las personas en este nivel explican los fenómenos físicos de su entorno usualmente a partir del sentido común, con base en nociones cotidianas poco rigurosas y con escaso fundamento en los referentes teóricos. Tienen dificultad en seleccionar argumentos suficientes y necesarios que den razón de las causas de un fenómeno físico. Es posible que generalicen a partir de una situación particular. Aunque pueden llegar a comprender las causas de un evento, se les dificulta expresarlo pues no poseen el lenguaje, formal y riguroso mínimo, necesario para ello.</p>

<p>Medio</p>	<p>Las personas en este nivel manejan, además de nociones, conceptos teóricos de la disciplina. Identifican relaciones cualitativas y cuantitativas entre 2 ó más variables asociándolas a fenómenos físicos concretos. Sin embargo en algunos casos pueden llevar a cabo el reconocimiento de situaciones problema con base en desarrollos matemáticos operativos y mecánicos</p>	<p>En este nivel las personas reconocen y emplean elementos matemáticos y físicos formales mínimos, requeridos en la formulación de estrategias para la resolución de problemas asociados con situaciones tipo. Usualmente diseñan procedimientos adecuados para dar cuenta cualitativa y cuantitativamente del comportamiento de dos o más variables dentro de un mismo contexto; sin embargo, pueden presentar deficiencias en el momento de indagar sobre el efecto de la variación de las condiciones iniciales. Por lo general hacen uso de herramientas analíticas válidas, aunque en algunos caso su sobreestimación o desestimación puede no dar cuenta de los fenómenos que intentan describir debido a dificultades en la formulación de un planteamiento riguroso que refleje la conexión establecida entre las variables.</p>	<p>Estas personas reconocen elementos del lenguaje propio de la ciencia, bien sea en forma verbal o de ecuaciones; sin embargo pueden tener deficiencias para explicar situaciones que requieran no solo de afirmaciones cualitativas, sino de expresiones analíticas y cuantitativas,. Aunque reconocen y utilizan información no explícita en gráficas o tablas, en algunas ocasiones, pueden tener dificultad para explicar de manera rigurosa la relación establecida entre variables.</p>
<p>Alto</p>	<p>En este nivel las personas son capaces de identificar gráficamente relaciones entre variables, correspondientes a situaciones no típicas, que requieren del manejo de los referentes de manera articulada. Identifican formal y rigurosamente elementos matemáticos de un enunciado o de una gráfica que complementan el sentido físico del problema planteado, incluso en el marco de situaciones que podrían contradecir al "sentido común". Igualmente son capaces de reconocer relaciones de orden entre valores de una variable, para diferentes condiciones</p>	<p>Las personas que se ubican en este nivel son capaces de proponer métodos de descripción cualitativos y cuantitativos acerca de problemas tipo o incluso de aquellos que requieren un mayor grado de abstracción; y de inferir estrategias, que de un modo más general, describen resultados ulteriores provenientes de un correcto análisis del problema directo que deben abordar. Esto implica una correcta interpretación de la correlación de variables que le dan sentido completo al problema, del efecto de la variación de condiciones iniciales del problema físico planteado, haciéndolos capaces de conectar situaciones cotidianas con profundos conceptos teóricos de la física.</p>	<p>Las personas que se ubican en este nivel reconocen y manipulan de forma rigurosa el lenguaje matemático formal de la física. Proponen explicaciones adecuadas a un problema dado, con base en argumentos lógicos matemáticos concretos, y son capaces de expresar esas expiaciones de forma clara y concreta, evidenciando un manejo adecuado de los referentes teóricos. Son capaces de descubrir relaciones implícitas entre variables y de proponer hipótesis a partir de la información suministrada en tablas y gráficas.</p>

Categorías de diagnóstico⁴²

Especificar las acciones que una situación-problema permite evaluar, el grado de complejidad en qué lo hace y la información que puede aportar a la pregunta: ¿por qué el estudiante no respondió adecuadamente la situación?, son elementos necesarios para apoyar la validez y confiabilidad de una evaluación a gran escala (Person, D. y Garavaglia, D., 1997). En este sentido se amplía el espectro de los resultados de la evaluación, involucrando descripciones tanto cualitativas como cuantitativas que propicien un diálogo con la comunidad educativa.

Las categorías de diagnóstico que se han señalado para la evaluación en física, hacen referencia a las posibles debilidades que pueda tener un estudiante al enfrentar una situación-problema. Han sido definidas teniendo en cuenta estudios realizados en el SNP.

(Olaya, González y Zalamea, 1998) y resultados de las investigaciones educativas sobre las posibles “ fallas” de los estudiantes al enfrentar problemas en física (Driver, 1986; Gil; 1995).

Competencia-conceptualización: Esta categoría incluye información global sobre las acciones y conceptos que el estudiante puede abordar y sobre los que no, e información sobre el manejo articulado o no de acciones y conceptos.

Recuerdo de ejemplos prototipos: Para esta categoría, se trata de obtener información sobre si la estrategia que el estudiante utilizó fue el recuerdo descontextualizado de un ejemplo prototipo de clase o que aparezca usualmente en los textos escolares.

Concepciones y maneras de proceder espontáneas: Información sobre soluciones que reflejan análisis superficiales, conexiones simples de palabras, recuerdo de vocabulario utilizado en Física pero no válido para la situación, nociones cotidianas cuyo significado no corresponde con el de la Física (ejemplo: calor, temperatura, etc.)

Planteamientos matemáticos: Información sobre manipulación operativa de relaciones matemáticas sin análisis físico y debilidades en procedimientos matemáticos básicos para la solución de un problema.

Referencias Bibliográficas

ABOU, I. Y HESTENES, D. (1985) Common sense concepts about motion. American journal of physics 53 (11), Noviembre.

BORN MAR X, (1969) “On the meaning of Physical Theories”. Physics in My Generation. New York. Springer-Verlag pp. 13-30. Citado En: The world of physics: a small library and of the literature of physics from antiquity to the present. [v.1] New York, NY, Simon and Schuster, 1987.

CENTRO ESPAÑOL DE METROLOGIA (1994) Vocabulario Internacional de Metrología. Madrid. España

⁴² Lo que aparece en este apartado son parte de las conclusiones del proyecto “La evaluación en física: Alcance evaluativo de diferentes formatos de pregunta”, como parte de la ponencia “The physics test of the Colombian National College Admission Examination: Toward a new conceptualization of assessment”, presentada en el encuentro anual de la American Educational Research Association,

- CERNÝ V. (1999) The Role of qualitative discussion in problem solving. *Acta physica slovac*, vol 49 No.2, x v-x x.
- DRIVER, R et al. (1989). *Ideas científicas en la infancia y en la adolescencia*. España: Ediciones Morata.
- DRIVER, R (1986). *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*. *Enseñanza de las ciencias*, 4 (1), 3-15.
- EINSTEIN, A. y INFELD, L. (1986). *La evolución de la física*. Editorial Salvat. Barcelona. España
- FEYNMAN, R Y LEIGHTON, R. (1987) *Lecturas de Física; Mecánica, Radiación y Calor*. Addison - Wesley Iberoamericana.
- GIL D., y otros (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Institut de Ciències de l'Educació. Universitat de Barcelona. Editorial Horsori.
- LEV Y LEBLOND, J. y BALIBARD, F. (1990). *Quantics: Rudiments of quantum physics*. North Holland, Amsterdam. Elsevier science.
- MARCH, R. (1997). *Física para poetas*. 9ª Edición. Siglo XXI editores. España.
- OLAYA A., GOZÁLEZ M. Y Z ALAMEA, E. (1998). *Pruebas de Física del Examen de Estado: Situaciones evaluativas y estrategias de los estudiantes para abordarlas*. Estudio piloto, Area de ciencias Naturales, SNP, ICFES, Santa Fe de Bogotá- Colombia.
- OLAYA, A., GONZÁLEZ, M Y YEPES-BAR AYA, M., (1999) *The physics test of the Colombian National College Admission Examination: Toward a new conceptualization of assessment*. Ponencia presentada en el encuentro anual de la American Educational Research Association (AERA). Montreal. Canada.
- OSBORNE, R. y FREIBERG, G. (1995). *El aprendizaje de las ciencias: Influencias de las ideas previas de los alumnos*. Madrid: Narcea.
- PERSON, D. Y GR AVAGLIA, D. (1997). *Improving the Information Value of Performance Items in Large Scale Assessments*. Comissioned by NAEP Validity Studies (NVS) Panel, August.
- REIF, F. (1983) *Teaching problem-solving. A scientific approach*. *The physics Teacher*, Mayo, 310-316.
- REIF, F. (1995) *Millikan Lecture 1994: Understanding and teaching important scientific thought processes*. *American Journal of Physics*, 63 (1), January.
- SKLAR, L. (1996). *Physics and Chance. Philosophical issues in the foundations of statistical mechanics*. Cambridge University.