

4

DISEÑO CURRICULAR PARA LA
EDUCACIÓN SECUNDARIA

ES

INTRODUCCIÓN A LA FÍSICA

■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ 4º AÑO



200 AÑOS
BICENTENARIO
ARGENTINO

Dirección General de
Cultura y Educación

Buenos Aires
LA PROVINCIA

Buenos Aires (prov.). Dirección General de Cultura y Educación
Diseño Curricular para la Educación Secundaria Ciclo Superior. ES4 : Introducción a la Física / coordinado
por Claudia Bracchi. - 1a ed. - La Plata : Dir. General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos
Aires, 2010.

60 p. ; 28x20 cm.

ISBN 978-987-676-002-7

1. Diseño Curricular. 2. Educación Secundaria. 3. Física. I. Bracchi, Claudia , coord.
CDD 530.712

■ Equipo de especialistas

Coordinación Mg. Claudia Bracchi | Lic. Marina Paulozzo

Introducción a la Física

Lic. Gustavo Bender | Dr. Néstor Rotstein

© 2010, Dirección General de Cultura y Educación
Subsecretaría de Educación
Calle 13 entre 56 y 57 (1900) La Plata
Provincia de Buenos Aires

ISBN 978-987-676-002-7

Dirección de Producción de Contenidos
Coordinación de Bibiana Maresca
Edición Lic. María Emilia de la Iglesia
Diseño María Correa

Esta publicación se ajusta a la ortografía aprobada por la Real Academia Española
y a las normas de estilo para las publicaciones de la DGCyE.

Ejemplar de distribución gratuita. Prohibida su venta.

Hecho el depósito que marca la Ley N° 11.723
dir_contenidos@ed.gba.gov.ar

ÍNDICE

Presentación	5
El proceso de diseño curricular	6
Estructura de las publicaciones	7
La Física y su enseñanza en el Ciclo Superior de la escuela secundaria	9
Mapa curricular	13
Carga horaria	13
Objetivos de enseñanza	14
Objetivos de aprendizaje	15
Contenidos	16
Organización de los contenidos	17
Desarrollo de contenidos	18
La energía en el mundo cotidiano	18
La energía en el universo físico	22
La energía eléctrica	27
La energía térmica	30
La energía y la termodinámica	34
Orientaciones didácticas	38
Hablar, leer y escribir en Física	38
El lenguaje propio de la Física	41
la resolución de problemas de Física	43
El trabajo con problemas y las investigaciones escolares	46
Orientaciones para la Evaluación	52
Relaciones entre actividades experimentales y evaluación	52
Criterios de evaluación	53
Instrumentos de evaluación	54
Evaluación de conceptos y procedimientos	55
Autoevaluación, co-evaluación y evaluación mutua	55
Bibliografía	57
Disciplinar	57
Historia y filosofía de la ciencia	57
Didáctica de las ciencias experimentales	57
Recursos en Internet	58

PRESENTACIÓN

“La Provincia, a través de la Dirección General de Cultura y Educación, tiene la responsabilidad principal e indelegable de proveer, garantizar y supervisar una educación integral, inclusiva, permanente y de calidad para todos sus habitantes, garantizando la igualdad, gratuidad y la justicia social en el ejercicio de este derecho, con la participación del conjunto de la comunidad educativa”.¹

La Escuela Secundaria obligatoria de seis años cumple con la prolongación de la educación común y, como se señala en el Marco General del Ciclo Básico de Educación Secundaria, representa el espacio fundamental para la educación de los adolescentes y los jóvenes de la provincia de Buenos Aires; es un lugar que busca el reconocimiento de las prácticas juveniles con sentido formativo y las incluye en propuestas pedagógicas que posibiliten construir proyectos de futuro y acceder al acervo cultural construido por la humanidad, para lo cual los adultos de la escuela ocupan su lugar como responsables de transmitir la cultura a las nuevas generaciones.²

En este marco, la Educación Secundaria tiene en el centro de sus preocupaciones el desafío de lograr la *inclusión* y la *permanencia* para que todos los jóvenes de la Provincia finalicen la educación obligatoria, asegurando los conocimientos y las herramientas necesarias para dar cabal cumplimiento a los tres fines de este nivel de enseñanza: *la formación de ciudadanos y ciudadanas, la preparación para el mundo del trabajo y para la continuación de estudios superiores.*

Una Escuela Secundaria inclusiva apela a una visión de los jóvenes y los adolescentes como sujetos de acción y de derechos, antes que privilegiar visiones idealizadoras, románticas, que nieguen las situaciones de conflicto, pobreza o vulnerabilidad. Esto hará posible avanzar en la constitución de sujetos cada vez más autónomos y solidarios, que analicen críticamente tanto el acervo cultural que las generaciones anteriores construyeron, como los contextos en que están inmersos, que puedan ampliar sus horizontes de expectativas, su visión de mundo y ser propositivos frente a las problemáticas o las situaciones que quieran transformar.

Tener en cuenta los distintos contextos en los que cada escuela secundaria se ha desarrollado, las condiciones en las que los docentes enseñan, las particularidades de esta enseñanza y las diversas historias personales y biografías escolares de los estudiantes, permitirá que la toma de decisiones organizacionales y curriculares promueva una escuela para todos.

Este trabajo fue socializado en diferentes instancias de consulta durante todo el 2009. Cabe destacar que la consulta se considera como instancia para pensar juntos, construir colectivamente, tomar decisiones, consolidar algunas definiciones y repensar otras.

Una escuela secundaria que requiere ser revisada, para incorporar cambios y recuperar algunas de sus buenas tradiciones, implica necesariamente ser pensada con otros. Por ello, esta escuela es el resultado del trabajo de la Dirección Provincial de Educación Secundaria y recoge los aportes efectuados por inspectores, directivos, docentes de las diferentes modalidades, estudiantes, especialistas, representantes gremiales, universidades, consejos de educación privada, partidos políticos, entre otros.

¹ Ley de Educación Provincial N° 13.688, artículo 5.

² DGCyE, *Marco General de la Educación Secundaria. Diseño Curricular de Educación Secundaria*. La Plata, DGCyE, 2006.

EL PROCESO DE DISEÑO CURRICULAR

El proceso de diseño curricular se inició en el año 2005, con una consulta a docentes en la cual se valoraron las disciplinas y su enseñanza; continuó en 2006 con la implementación de los prediseños curriculares como experiencia piloto en 75 escuelas de la Provincia. A partir de 2007, todas las escuelas secundarias básicas implementaron el Diseño Curricular para el 1° año (ex 7° ESB); durante 2008 se implementó el Diseño Curricular para el 2° año (ex 8° ESB) y en 2009 se implementó el correspondiente al 3° año (ex 9° ESB).³

Se organizó de este modo el Ciclo Básico completo, con materias correspondientes a la *formación común*. El Ciclo Superior Orientado, por su parte, se organiza en dos campos: el de la *formación común* y el de la *formación específica*. El primero incluye los saberes que los estudiantes secundarios aprenderán en su tránsito por el nivel, sea cual fuere la modalidad u orientación, y que son considerados como los más significativos e indispensables.⁴ El segundo incorpora materias específicas de distintos campos del saber, según la orientación.

En este sentido, la organización del Ciclo Básico y su desarrollo, tanto en el Marco General como en los diseños curriculares de cada una de las materias, decidieron cuestiones importantes que se continúan en los diseños curriculares para el Ciclo Superior. Se resolvió su diseño de manera completa porque se estructura en orientaciones que debieron pensarse para aprovechar los espacios disponibles de los tres años.

El grupo de materias correspondientes a la *formación común* para todas las escuelas secundarias se menciona a continuación.

- Arte
- Biología
- Educación Física
- Filosofía
- Geografía
- Historia
- Inglés
- Introducción a la Física
- Introducción a la Química
- Literatura
- Matemática-Ciclo Superior
- Nuevas Tecnologías de la Información y la Conectividad (NTICX)
- Política y Ciudadanía
- Salud y Adolescencia
- Trabajo y Ciudadanía

Finalmente, estos diseños curriculares necesitan que los docentes participen y co-construyan con los jóvenes ritos que *hagan marca*, es decir que den cuenta de la impronta particular de cada escuela. Esto implica el reconocimiento y la integración a las rutinas escolares de los modos de comunicación y expresión de los jóvenes: programas de radio, blogs, publicaciones, espacios de expresión artística, entre otras alternativas.

La propuesta de una escuela secundaria pública, en tanto espacio de concreción del derecho social a la educación para los adolescentes y los jóvenes, toma en sus manos la responsabilidad de formar a la generación que debe ser protagonista en la construcción del destino colectivo.

³ Las resoluciones de aprobación de los diseños curriculares correspondientes al Ciclo Básico de la Secundaria son: para 1° año Res. N° 3233/06; para 2° año 2495/07; para 3° año 0317/07; para Construcción de Ciudadanía Res. 2496/07 y Res. de Consejo Federal N° 84/09.

⁴ En los lineamientos federales, este campo de la formación común se denomina Formación General.

ESTRUCTURA DE LAS PUBLICACIONES

El Diseño Curricular del Ciclo Superior para la Educación Secundaria de 4° año se presenta en tres tipos de publicaciones.

- Marco General del Ciclo Superior para la Escuela Secundaria.
- Materias comunes que corresponden a 4° año de todas las orientaciones.
- Orientaciones.

El siguiente cuadro representa cada una de las publicaciones con sus contenidos.

Marco General del Ciclo Superior para la Escuela Secundaria	Geografía	Ciencias Naturales	Marco General de la Orientación	Introducción a la Química	
	Historia	Ciencias Sociales	Marco General de la Orientación	Psicología	
	Educación Física	Lenguas Extranjeras	Marco General de la Orientación	Italiano I	
	Biología		Francés I		
	Literatura		Portugués I		
	Salud y Adolescencia	Arte	Marco General de la Orientación	Teatro	Actuación
	Matemática - Ciclo Superior		Artes Visuales	Producción y análisis de la imagen	
	NTICx		Danza	Lenguaje de la danza	
	Introducción a la Física		Literatura	Taller de lectura literaria y escritura	
	Inglés		Música	Lenguaje Musical	
	Educación Física	Marco General de la Orientación	Prácticas Deportivas		
	Economía y Administración	Marco General de la Orientación	Sistemas de información contable		
		Teoría de las organizaciones			
		Comunicación	Marco General de la Orientación	Introducción a la Comunicación	
			Psicología		

- Contenidos correspondiente al Ciclo Superior.
- Contenidos correspondientes a 4° año.

LA FÍSICA Y SU ENSEÑANZA EN EL CICLO SUPERIOR DE LA ESCUELA SECUNDARIA

Para que un país esté en condiciones de atender a las necesidades fundamentales de su población, la enseñanza de las ciencias y la tecnología es un imperativo estratégico [...]. Hoy más que nunca, es necesario fomentar y difundir la alfabetización científica en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad.

Declaración de Budapest. Conferencia Mundial sobre la ciencia para el siglo XXI auspiciada por la UNESCO y el Consejo Internacional para la ciencia. UNESCO, 1999.

En el Ciclo Superior de la Educación Secundaria la materia Introducción a la Física es la que presenta los contenidos de la física escolar que completarán la formación en este campo de conocimientos para la mayoría de las orientaciones del Ciclo Superior. Los contenidos de esta materia están concebidos en una continuidad de enfoque con la formación anterior que se desarrolló en los tres primeros años de la educación secundaria con Ciencias Naturales (1° año) y Físicoquímica (2° y 3°).

La materia está diseñada de modo tal que cubra aquellos contenidos necesarios para una formación en física acorde a los fines de la alfabetización científica para esta etapa de la escolaridad, brindando a los estudiantes un panorama de la física actual, sus aplicaciones a campos diversos, y algunas de sus vinculaciones con la tecnología cotidiana.

La materia se articula con los fines establecidos para la Educación Secundaria común y obligatoria, en relación con la formación para la ciudadanía, para el mundo del trabajo y para la continuidad en los estudios. En este sentido, resulta fundamental establecer que estos fines implican cambios en la perspectiva curricular de la educación en ciencias en general y de física, en particular. Cambios que no se dan de manera arbitraria, sino que resultan requisitos para el logro de los propósitos mencionados. Una educación científica entendida en función de estos logros, implica una transformación profunda respecto de la formación en ciencias que se produjo hasta el momento.

La ciencia en la escuela secundaria tuvo tradicionalmente la finalidad, casi exclusiva, de preparar para los estudios posteriores y un enfoque centrado en la presentación académica de unos pocos contenidos. Esta finalidad y enfoque, encontraban su fundamento en la función misma de la escuela secundaria: una secundaria para un número reducido de estudiantes que continuarían sus estudios en la educación superior, en particular en la universidad. Este vínculo entre la escuela secundaria y la universidad, encontraba su correlato natural en una concepción de escuela secundaria no obligatoria y reservada solo a una minoría de la población con intenciones de ascenso social a partir de su formación y calificación laboral como profesionales. Para esa concepción, resultaba natural que las materias de la escuela secundaria fueran los antecedentes de las respectivas asignaturas en la universidad y por lo tanto, la educación en ciencias no hacía más que responder a esta situación, tratando los contenidos de las disciplinas científicas, solo como pre requisito para esos estudios superiores.

La ciencia en la escuela se definía a través de la enseñanza de unos pocos conceptos, principios y leyes de las disciplinas científicas. Esta orientación de la enseñanza, sin embargo resulta insuficiente, incluso como preparación para los futuros científicos, fundamentalmente porque transmite una idea deformada y empobrecida de la actividad científica, al presentarla como algo ajeno e inaccesible al conjunto de la población.

De este modo, el enfoque tradicional, que se presenta defendiendo la función propedéutica y la excelencia académica, logra, paradójicamente, los resultados inversos: desinterés de los jóvenes por los contenidos y por las prácticas científicas, escasa formación en ciencias, así como imposibilidad de relacionar o transferir los conocimientos científicos a la comprensión del mundo natural o tecnológico que los rodea.

En particular, desde esta visión la enseñanza de la física implica una especie de ritual de iniciación. Los estudiantes son introducidos, sin mayores explicaciones, a un mundo de definiciones, fórmulas y ecuaciones, con un fuerte peso de la operatoria matemática, que es aprendido de manera más o menos mecánica y que además, tiene escasa vinculación con lo tecnológico o lo cotidiano, que, en general, pueden ser temas de interés para los estudiantes.

Esta opción, resulta insuficiente en las actuales condiciones, porque a partir de la Ley Nacional de Educación, la escuela secundaria resulta obligatoria para todos los estudiantes del país. Esto representa un cambio importante respecto de la educación en ciencias, implica una educación científica que forme *desde las ciencias, para el ejercicio de la ciudadanía*. Es decir, una educación científica que sirva a la formación de todos los estudiantes para su participación como miembros activos de la sociedad, tanto si se incorporan al mundo del trabajo como si continúan estudios superiores.

Una educación científica así entendida, requiere ser pensada desde la concepción de la alfabetización científica tecnológica. La alfabetización científica constituye una metáfora de la alfabetización tradicional, entendida como una estrategia orientada a lograr que la población adquiera cierto nivel de conocimientos de ciencia y de saberes acerca de la ciencia que le permitan participar y fundamentar sus decisiones con respecto a temas científico tecnológicos que afecten a la sociedad en su conjunto.

La alfabetización científica está íntimamente ligada a una *educación de y para la ciudadanía*. Es decir, que la población comprenda, interprete y pueda actuar con responsabilidad en los problemas de la sociedad y el mundo, sabiendo que es posible cambiar, y que no todo está determinado desde un punto de vista biológico, económico o tecnológico.

"Formar ciudadanos científicamente [...] no significa hoy dotarles solo de un lenguaje, el científico –en sí ya bastante complejo –, sino enseñarles a desmitificar y decodificar las creencias adheridas a la ciencia y a los científicos, prescindir de su aparente neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes socio-políticos".¹

Desde esta visión, las clases de Física deben estar pensadas en función de crear ambientes propicios para el logro de estos propósitos; ambientes que reclaman docentes y estudiantes activos

¹ Marco, Berta, *Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas*. Cultura y educación, Vol. 16, Nº 3, 2004.

que construyen conocimiento en la comprensión de los fenómenos naturales y tecnológicos en toda su riqueza y complejidad.

Como se afirmó en los Diseños Curriculares del Ciclo Básico:

"Acceder a los conceptos, procederes y explicaciones propias de las ciencias naturales es no solo una necesidad para los estudiantes durante su escolarización –por lo que implica respecto de su formación presente y futura–, sino también un derecho. La escuela debe garantizar que este campo de conocimientos, que la humanidad ha construido a lo largo de la historia, se ponga en circulación dentro de las aulas, se comparta, se recree y se distribuya democráticamente.

Estos conocimientos constituyen herramientas para comprender, interpretar y actuar sobre los problemas que afectan a la sociedad y participar activa y responsablemente en ella, valorando estos conocimientos pero a la vez reconociendo sus limitaciones, en tanto el conocimiento científico no aporta soluciones para todos los problemas, ni todos los conflictos pueden resolverse solo desde esta óptica.

La alfabetización científica consiste, no solo en conocer conceptos y teorías de las diferentes disciplinas, sino también en *entender a la ciencia como actividad humana* en la que las personas se involucran, dudan y desconfían de lo que parece obvio, formulan conjeturas, confrontan ideas y buscan consensos, elaboran modelos explicativos que contrastan empíricamente, avanzan, pero también vuelven sobre sus pasos y revisan críticamente sus convicciones. En este sentido, una persona científicamente alfabetizada podrá interiorizarse sobre estos modos particulares en que se construyen los conocimientos que producen los científicos, que circulan en la sociedad, y que difieren de otras formas de conocimiento. También, habrá de poder ubicar las producciones científicas y tecnológicas en el contexto histórico y cultural en que se producen, reconociendo que la ciencia no es neutra ni aséptica y que como institución está atravesada por el mismo tipo de intereses y conflictos que vive la sociedad".²

Este nuevo enfoque de la educación secundaria debe necesariamente replantearse los objetivos y las formas de enseñar ciencias, orientándola más a la comprensión.

Toda la investigación desarrollada por las didácticas específicas de las ciencias ha demostrado que la *comprensión solo se logra superando el reduccionismo conceptual a partir de propuestas de enseñanza más cercanas a las prácticas científicas, que integren los aspectos conceptuales, procedimentales y axiológicos*. En palabras de Hodson, "los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones, con tal que haya suficientes oportunidades y apoyos para la reflexión".³

El enfoque del presente diseño, basado en la idea de alfabetización científica y tecnológica para la educación en ciencias, propone una labor de enseñanza fundamentalmente diferente, que atienda a las dificultades y necesidades de aprendizaje del conjunto de los jóvenes que transitan la educación secundaria. La impronta que la educación científica deje en ellos debe

² DGCyE, "La enseñanza de la Físicoquímica en la ESB" en: *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 3º año. Ciencias Naturales*. La Plata, DGCyE, 2009.

³ Hodson, Dereck, "In search of a meaningful Relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education", en *International Journal of science education*, n° 14, 1992, pp 541-566.

facilitar su comprensión y su desempeño en relación con los fenómenos científico-tecnológicos. "La mejor formación científica inicial que puede recibir un futuro científico coincide con la orientación que se dé a la alfabetización científica del conjunto de la ciudadanía. [...] dicha alfabetización exige, precisamente, la inmersión de los estudiantes en una cultura científica".⁴

Al respecto, Jiménez Aleixandre se pregunta qué es la cultura científica y cómo puede enseñarse en las aulas.

"Es necesario considerar las siguientes capacidades, entre otras, como dimensiones de la cultura científica:

- interpretar fenómenos naturales o tecnológicos;
- comprender mensajes, informaciones, textos de contenido científico y, en su caso, producirlos;
- evaluar enunciados o conclusiones de acuerdo con los datos o justificaciones que los apoyan.

El aprendizaje de la cultura científica incluye, además de comprender y usar modelos y conceptos, desarrollar las destrezas de comunicación en relación con mensajes de contenido científico, la capacidad de comprender y emitir mensajes científicos. Estos mensajes utilizan distintos lenguajes, además de textos escritos (u orales), lenguajes específicos de las ciencias, sistemas de símbolos como las curvas de nivel que representan el relieve en los mapas. Por eso se considera que en el aprendizaje tiene tanta importancia distinguir entre el uso que se hace de un término en el lenguaje científico y en el lenguaje cotidiano, como aprender términos nuevos. Es importante prestar atención a los aspectos relacionados con la comunicación y el lenguaje en la clase de ciencias, sin ellos no podría hablarse de una cultura científica".⁵

Las actividades vinculadas con el uso del lenguaje se deben ofrecer en todos y cada uno de los núcleos de contenidos, así como en toda tarea escolar en el ámbito de la Física.

"Al resolver problemas, es necesario trabajar sobre el significado de los datos y consignas. Al encarar investigaciones –tanto bibliográficas como experimentales– se hará necesario enfrentar los usos del lenguaje en los textos que sean abordados y en la redacción de informes de las experiencias. Del mismo modo al dar una definición, formular una hipótesis o argumentar se dan oportunidades claras de ejercitar las prácticas de lenguaje y su uso en el ámbito de la Física".⁶

Debe quedar claro que no se trata de dejar de lado el uso de cálculos u operaciones propias de la física, sino de entender que la enseñanza centrada solo en estas habilidades provoca aprendizajes que dan una visión empobrecida de la ciencia, y que la desvinculan de su carácter cultural y de sus aplicaciones cotidianas. Los cálculos y las formalizaciones deben integrarse junto con el lenguaje coloquial para crear una comunidad de habla dentro las clases de física. Estas herramientas lingüísticas y matemáticas tendrán significado en la medida en que se per-

⁴ Gil Pérez, Daniel; Vilches, Amparo, *Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades*, en Revista Iberoamericana de Educación, OEI, N° 42. Valencia, 2006.

⁵ Jiménez Aleixandre, María Pilar (coord.), Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y De Pro, A., *Enseñar Ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.

⁶ DGCyE, "La enseñanza de la Físicoquímica en la ESB" en *Diseño Curricular para la Educación Secundaria. 3º año*. Ciencias Naturales. La Plata, DGCyE, 2009.

mitan discutir acerca de aplicaciones y efectos, sirvan para dar explicaciones o para corroborar hipótesis, y no cuando se transformen en una finalidad en sí misma.

Estas últimas consideraciones deben ser tenidas en cuenta durante el desarrollo de cada uno de los ejes temáticos propuestos. Además, proporcionan criterios pertinentes para la evaluación de las actividades vinculadas con el lenguaje en el ámbito específico de esta disciplina.

MAPA CURRICULAR

Materia	Introducción a la Física
Año	4º año
Conceptos organizadores	Energía. Conceptualización. Transformación/transferencia, conservación y degradación.
Ejes y núcleos de contenidos	<i>La energía en el mundo cotidiano</i> Diferentes formas de energía. Formas utilizables de la energía.
	<i>La energía en el universo físico</i> Generación natural de energía. Energías macroscópicas y su aprovechamiento.
	<i>La energía eléctrica</i> Generación y distribución. Usinas: potencia y rendimiento.
	<i>La energía térmica</i> Intercambios de energía. La energía y los seres vivos.
	<i>La energía y la termodinámica</i> Energía, calor y trabajo. Procesos reversibles e irreversibles.

CARGA HORARIA

La materia *Introducción a la Física* corresponde al 4º año de la Escuela Secundaria en todas las orientaciones del Ciclo Superior. Su carga es de 72 horas totales; si se implementa como materia anual su frecuencia será de dos horas semanales.

OBJETIVOS DE ENSEÑANZA

De acuerdo al enfoque de enseñanza planteado para esta materia y en continuidad con lo expresado en los Diseños Curriculares de Ciencias Naturales de 1º, 2º y 3º año, los docentes deberán considerar en sus propuestas de enseñanza los siguientes objetivos.

- Generar en el aula de Física espacios de colaboración entre pares para favorecer el diálogo sobre los fenómenos naturales y tecnológicos que se trabajen durante el año y los procesos de expresión científica de los mismos.
- Favorecer el encuentro entre la experiencia concreta de los estudiantes, a propósito del estudio de ciertos fenómenos naturales o tecnológicos, y las teorías científicas que dan cuenta de los mismos.
- Acompañar a los estudiantes en la construcción del sentido de los aprendizajes en los diversos problemas, actividades y tareas, entendiendo a los aprendizajes como parte de un proceso de construcción de significados.
- Poner en circulación en el ámbito escolar el "saber ciencias", el "saber hacer sobre ciencias" y el "saber sobre las actividades de las ciencias" en sus implicancias éticas, sociales y políticas.
- Modelizar, desde su actuación, los modos particulares de pensar y hacer que son propios de la física como actividad científica.
- Considerar, como parte de la complejidad de la enseñanza de conceptos científicos, las representaciones y los marcos conceptuales que tienen los estudiantes al aproximarse a los nuevos saberes, para acompañarlos en la construcción del pensamiento y conocimiento científico.
- Plantear problemas apropiados, a partir de situaciones cotidianas y/o hipotéticas, que permitan iniciar y transitar el camino desde las concepciones previas personales hacia los modelos y conocimientos científicos escolares que se busca enseñar.
- Mostrar la diversidad de aproximaciones posibles a una situación problemática dentro del aula de Física, organizando actividades que combinen situaciones como: búsquedas bibliográficas, trabajos de laboratorio o salidas de campo, en los que se pongan en juego los contenidos que deberán aprender los estudiantes.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

De acuerdo al enfoque de enseñanza planteado para esta materia, y en continuidad con lo expresado en los Diseños Curriculares de los años precedentes en las correspondientes materias de Ciencias Naturales, se busca que los alumnos lleven a cabo las siguientes prácticas.

- Incorporar al lenguaje cotidiano términos provenientes de la Física que permitan dar cuenta de fenómenos naturales y tecnológicos.
- Utilizar conceptos y procedimientos físicos durante las clases, para dar argumentaciones y explicaciones de fenómenos naturales o artificiales.
- Leer textos de divulgación científica o escolares relacionados con los contenidos de física y comunicar, en diversos formatos y géneros discursivos, la interpretación alcanzada.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir).
- Comunicar a diversos públicos (al grupo, a estudiantes más pequeños, a pares, a padres, a la comunidad, entre otros) una misma información científica como forma de romper con el uso exclusivo del texto escolar.
- Elaborar hipótesis pertinentes y contrastables sobre el comportamiento de sistemas físicos e indagar las relaciones entre las variables involucradas.
- Utilizar conceptos, modelos y procedimientos de la Física en la resolución de problemas cualitativos y cuantitativos relacionados con los ejes temáticos trabajados.
- Evaluar los impactos medioambientales y sociales de los usos tecnológicos de la energía y reflexionar críticamente sobre el uso que debe hacerse de los recursos naturales.
- Identificar el conjunto de variables relevantes para el comportamiento de diferentes sistemas físicos.
- Establecer relaciones de pertinencia entre datos experimentales y modelos teóricos.
- Diseñar y realizar trabajos experimentales de física escolar utilizando instrumentos y dispositivos adecuados que permitan contrastar las hipótesis formuladas acerca de los fenómenos físicos vinculados a los contenidos específicos.
- Distinguir la calidad de la información pública disponible sobre asuntos vinculados con la física y valorar la información desde los marcos teóricos construidos.

CONTENIDOS

Para la mayoría de las orientaciones de la escuela secundaria esta es la única materia que trata exclusivamente contenidos de Física, por esto se propone hacer un recorrido por sus distintos ámbitos de incumbencia como disciplina, a partir de uno de los conceptos más difundido, abarcativo, potente, fructífero y unificador de la física clásica: *la energía*.

La energía es un concepto que se ha erigido como uno de los pilares de la Física moderna. Asimismo, su inclusión en el lenguaje cotidiano, y en los problemas que se derivan de su extenso uso, la constituyen en un contenido relevante y prioritario en cualquier nivel de escolaridad, con las adecuaciones y discursos del caso. Su papel en otras ciencias, en la industria y en la vida diaria, fundamenta la decisión de definirla como tema central para la materia Física de la formación común. Es decir que será contenido de todas las escuelas en todas las orientaciones debido a que se ajusta perfectamente bien a los tres criterios rectores para la selección de contenidos: *relevancia* (científica y social), *pertinencia* (en relación con los propósitos y el enfoque para la enseñanza), *adecuación* (en vista a una alfabetización científica) y *relación de continuidad y progresiva complejización* (respecto de los temas trabajados los años anteriores).

La energía es, además, un excelente contenido para presentar cuestiones vinculadas tanto a la construcción del conocimiento científico como a sus impactos sociales y ambientales.

- Por un lado su historia permite comprobar cómo este concepto se fue construyendo y enriqueciendo, a la vez que refuerza la idea que los miembros de la comunidad científica incorporan a sus cuerpos teóricos y a sus discursos los conceptos que, por su amplitud y generalidad, permiten englobar una gran cantidad de fenómenos.
- Por otra parte, el discurso sobre la importancia del desarrollo de recursos sustentables, sumado a las cuestiones de orden tecnológico y social –ligadas al uso de los recursos energéticos, y a su posible degradación o consumo descontrolado– han transformado a este contenido en uno de los más claros ejemplos de la relación entre ciencia, tecnología, sociedad y poder.

Para la organización de los contenidos propuestos para Introducción a la Física se tomaron como referencia conceptos, o propiedades que actúan como orientadores e integradores de los conocimientos estipulados para la materia. Estos conceptos no son excluyentes pero sí indican las principales líneas de trabajo que deberán seguirse e integrarse durante el año a partir del trabajo sobre los contenidos.

Conceptualización: la palabra energía está ampliamente difundida en el lenguaje coloquial, sin embargo sus acepciones son variadas y muchas veces difieren de la manera en que la física las utiliza. Uno de los objetivos de este año es poder llevar gradualmente la palabra *energía*, de uso coloquial, hacia un concepto que permita la comprensión y explicación de procesos. Conceptualizar la energía significa poder reconocerla en los múltiples campos y formas en las que aparece (mecánica, química, térmica, nuclear), poder diferenciar la noción de energía de su mera definición y de su cálculo y utilizarla como parte de un bagaje cultural para dar nuevos significados a fenómenos científico-tecnológicos de uso cotidiano. Este eje debe atravesar toda la enseñanza, ya que no es lo mismo conocer un concepto, o su definición que poder hablar de sus propiedades.

Transformación/transferencia: la energía ha surgido históricamente ligada a las máquinas y sigue siendo una noción especialmente útil para comprender y estudiar interacciones entre sistemas. Es por esto que la diada *transformar/transferir* está presente en todas las unidades y es uno de los conceptos orientadores para organizar la materia. Entender las múltiples situaciones en que la energía se transforma (de un tipo a otro) y los proceso por los cuales se transfiere de un sistema a otro, son elementos esenciales para poder conceptualizarla. Incorporar las nociones de transformación y de transferencia implica que fenómenos distintos (como el calor o la electricidad) puedan ser vistos como parte de uno más general. Por otro lado, existen gran variedad de transformaciones y transferencias en el entorno cotidiano de los estudiantes que son especialmente interesantes para estudiar las relaciones entre ciencia, tecnología y sociedad.

Conservación: una de las características principales de la física moderna reside en comprender los procesos naturales a partir de las cantidades conservadas en cada proceso. La conservación de la energía es uno de los primeros principios establecidos en forma general en la física, sin embargo es importante no confundir el aprendizaje del concepto con el de su conservación, por ello los presentamos como nociones separadas.

Degradación: junto con la conservación de la energía, la física ha propuesto que esta conservación no implica siempre una conservación de calidad. Es necesario reconocer que la energía se conserva en su cantidad pero en todo proceso también se degrada. Esta degradación tiene un impacto social vinculado con la preservación de los recursos no renovables.

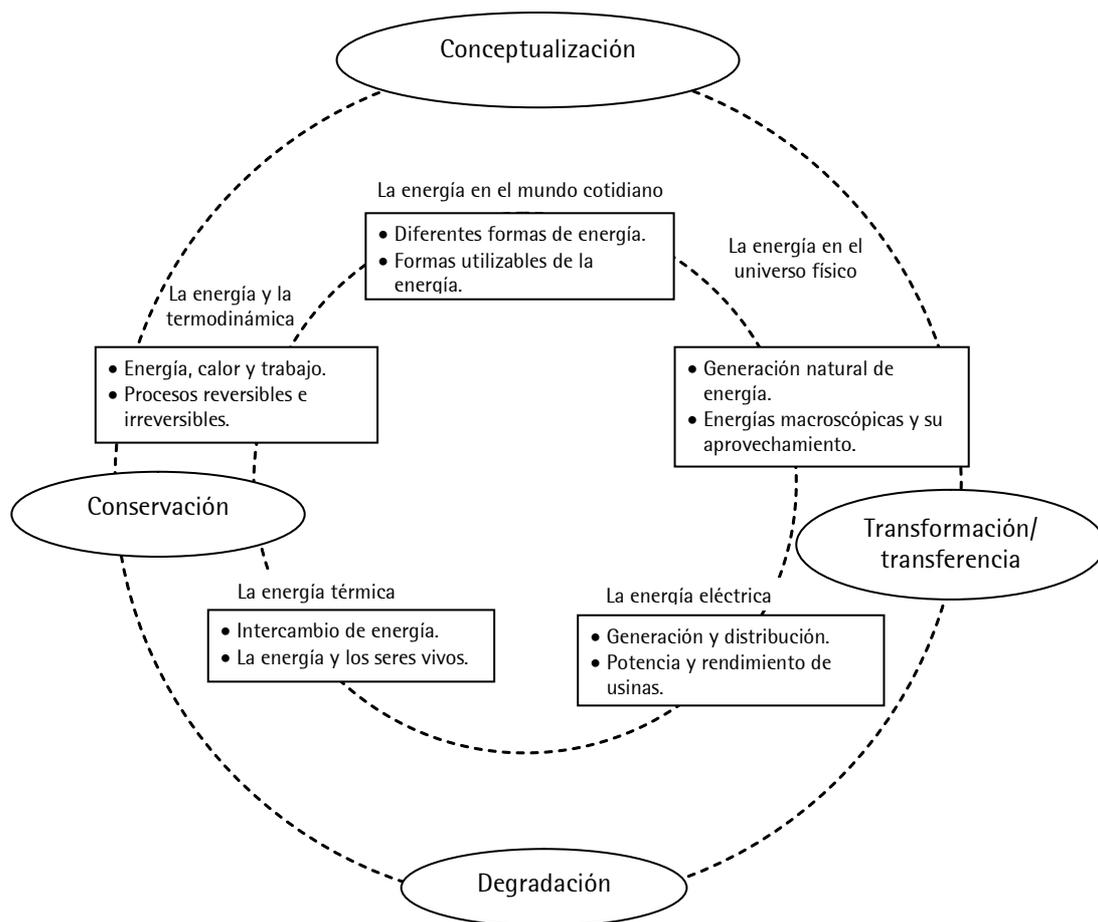
ORGANIZACIÓN DE LOS CONTENIDOS

Los contenidos seleccionados se han organizado jerárquicamente de la siguiente manera.

- *Ejes temáticos:* indican grandes bloques temáticos que posibilitan la comprensión de los fenómenos según las interpretaciones teóricas actuales. En el presente diseño curricular son: la energía en el mundo cotidiano, la energía en el universo físico, la energía eléctrica, la energía térmica y la conservación de la energía.
- *Núcleos de contenidos:* constituyen agrupaciones de contenidos por afinidades temáticas que se encuentran dentro de los ejes temáticos propuestos. Facilitan la rápida comprensión de los alcances que tienen los contenidos que se abordan.

Los contenidos tienen carácter prescriptivo y constituyen los conocimientos que serán objeto de enseñanza durante el año, sin embargo el orden que se establece en este diseño no implica una estructura secuencial única dentro del aula.

La organización y la secuencia que se ofrece a continuación no representan el orden a seguir en la planificación de la actividad del aula. Contenidos como degradación o transformación de la energía, por ejemplo, deberán tratarse vinculados a otras unidades. Por lo tanto se propone que sea el docente, en función de sus elecciones didácticas y en conocimiento de su contexto, quien elabore a partir de estos núcleos temáticos las unidades didácticas que permitan dar verdadero sentido y posibilidad de aprendizaje a los estudiantes de esta materia.



DESARROLLO DE CONTENIDOS

La energía en el mundo cotidiano

Diferentes formas de energía

La idea de energía asociada a diferentes maneras de generación y aprovechamiento de la misma. La energía en los distintos campos de la física: energía cinética, potencial. Fuentes energéticas. Órdenes de magnitud y unidades de energía involucradas en distintos procesos (nucleares, eléctricos, térmicos, y mecánicos). Potencia.

Este núcleo de contenidos presenta el concepto de energía asociado a la actividad cotidiana de las personas y de las sociedades en general. El tratamiento de estos temas en el aula busca que los estudiantes alcancen un idea consensuada acerca de qué es la energía y que incorporen un discurso más científico acerca de los fenómenos, tanto cotidianos como científicos, usando las nociones de energía y potencia para dar cuenta de diversos fenómenos naturales y tecnológicos que suceden a su alrededor.

Es importante separar el concepto formal de energía de su concepto coloquial. Es muy común definir la energía como la capacidad de un sistema de realizar trabajo, aunque no se define

de manera alguna el trabajo, de modo tal que la definición es incompleta desde el principio. Para evitar definiciones que no pueden cerrarse se trata de focalizar la discusión en *lo que se entiende* por energía y de qué manera se usa el término para dar cuenta de ciertos fenómenos y procesos. La pregunta acerca de *qué es la energía* puede plantearse de manera similar a la pregunta *qué es un número*. No sólo no tiene mayor sentido pretender una definición formal de número, sino que además no es de interés escolar, lo que no invalida que pueda operarse con números a partir del conocimiento de sus propiedades. Lo mismo sucede con la energía y por eso se espera que los estudiantes alcancen un nivel instrumental en su uso, sin descuidar las cuestiones conceptuales.

Se busca que el estudiante elabore sus propias ideas acerca de los procesos que involucran *intercambios* de energía y que refuerce en este punto la idea de que los intercambios de energía propenden al *equilibrio* y *estabilidad* de los sistemas. Debería enfocarse el tratamiento de estos tópicos analizando afirmaciones del tipo:

- Todo *sistema en equilibrio* se encuentra en un determinado *estado*.
- Para alcanzar el equilibrio con su entorno todo sistema debe llevar a cabo procesos de *intercambio*, y lo que todo sistema intercambia es materia y/o energía.
- Todo proceso de intercambio va asociado a la evolución del sistema.

Este modo particular de pensar las formas y las maneras en que los sistemas cambian sus características es propicio para enriquecer la discusión. Existen cambios muy lentos, existen cambios muy sutiles y existen cambios que directamente son inobservables a escala humana. Por ejemplo, el cambio de energía potencial de los átomos de un metal que se dilata (por la escala en la que ocurre) o el cambio en el tamaño del núcleo de una estrella (por el tiempo que conlleva). Sin embargo, pueden realizarse experiencias muy sencillas para explicar estos procesos, por ejemplo inflar un globo en el aula y dejarlo a un costado durante el transcurso de la discusión, estudiar el globo al finalizar el día y al día siguiente. Los procesos de intercambio habrán sido lentos, pero se dieron, porque el globo habrá reducido su tamaño.

No deberíamos empezar por estas afirmaciones ni por definiciones generales, vacías de contenido, sino arribar a ellas producto de un trabajo en torno a muchos ejemplos provistos por el docente o propuestos por los estudiantes. El docente deberá presentar muy variados casos de procesos o fenómenos que puedan ser "leídos", descritos y explicados por los estudiantes en términos de intercambios de energía. Los ejemplos no necesitan ser tratados con material concreto, también es posible introducirlos a partir de lecturas. Es importante que el estudiante incorpore a su vocabulario dentro de las clases de física diversos términos vinculados a la energía, ya que si no habla acerca de ésta difícilmente pueda conceptualizarla.

Al tratar estos temas es muy importante destacar los aspectos centrales del equilibrio y la estabilidad:

- un sistema en particular está en equilibrio cuando sus variables características pueden medirse;
- un sistema es estable cuando, apartado de un estado de equilibrio, tiende a regresar a ese estado de equilibrio;
- cuando un sistema es estable se encuentra en un estado de energía mínima.

Al presentar distintos tipos de procesos, el docente retomará el tema de las distintas formas de energía que los estudiantes conocen e introducirá las fórmulas matemáticas para cuantificarlas en los casos en que sea posible, por ejemplo para energías cinéticas, potenciales, gravitatorias o energías elásticas. También lo hará para medir la cantidad de calor intercambiada por un cuerpo al variar su temperatura, para energías de reacciones químicas sencillas como la combustión del gas de cocina (o de los alimentos), para la energía relativista de masa en reposo (que luego se retomará al hablar de centrales nucleares) y para los consumos energéticos domiciliarios; introduciendo en cada caso las unidades que resulten adecuadas.

Junto con el tema de las energías es necesario hablar de potencia, ya que no solo es importante saber de cuánta energía se dispone o cuánta energía se intercambia, sino en qué tiempo es posible realizar este proceso. Habitualmente los electrodomésticos y los motores de los autos no nos dicen qué energía suministran (porque ésta depende del tiempo de uso) sino a qué velocidad son capaces de transferirla. Por ejemplo una estufa no nos brinda 3.000 calorías como nos dice el vendedor, sino 3.000 Kcal/h. También podríamos preguntar a nuestros estudiantes, a partir de los datos proporcionados en los envases de alimentos, qué cantidad de fideos proveería la misma energía que una estufa en una hora. Esto nos da una pauta de los importantes consumos que tiene el organismo humano y da la gran concentración de energía que tienen los alimentos en un espacio relativamente reducido.⁷

El consumo energético de gas suele medirse en metros cúbicos y el docente puede aportar (o pedir a sus estudiantes que investiguen) cuál es el poder calorífico del gas de red para poder estimar con esta información la energía gastada al cocinar o calefaccionar un ambiente.

Formas utilizables de la energía

Algunos ejemplos de procesos de transformación. Noción de trabajo mecánico. El aprovechamiento de la energía a lo largo de la historia. El desarrollo económico-social y la energía.

Ligado a los procesos de intercambio de energía siempre hay un proceso de *transformación*, y muchos de esos procesos de transformación ocurren naturalmente. Por ejemplo la transformación de energía solar en química que se produce en una planta cuando realiza fotosíntesis, o la liberación de energía radiante y térmica cuando los núcleos de elementos pesados se fisionan para formar núcleos más livianos en una central nuclear. Es necesario hacer hincapié en que lo que hace tan diferentes a las cantidades de energía involucradas en un vegetal, en una central atómica o en una estrella es la cantidad de transformaciones que ocurren en el mismo lapso de tiempo.

No todos los procesos de transformación son espontáneos o naturales, muchos de ellos pueden forzarse. Por ejemplo, podemos transformar energía química en energía eléctrica (pila), energía eléctrica en energía cinética (motor), energía cinética en energía eléctrica (central hidroeléctrica), energía térmica en energía eléctrica (panel solar). Esta distinción colabora a la conceptualización de la idea de energía y de transformación. Por ejemplo pueden analizarse

⁷ Por eso para analizar los órdenes de magnitud de las energías consumidas en distintos procesos cotidianos pueden utilizarse las boletas de gas y de luz, o las indicaciones de consumo en los diversos electrodomésticos. De esta manera podrá iniciarse la discusión acerca de la razón por la que los distintos electrodomésticos tienen su indicación en watt (vatios), en calorías o en frigorías y no en joule. Es pertinente utilizar las unidades de energía más comunes en el uso diario (Kwh., caloría) y también joule, aunque no sea de uso cotidiano.

diferentes tipos de transformaciones ¿Qué energías se ponen en juego y en qué cantidades en el movimiento de un pistón de un motor a nafta? ¿Qué energías se intercambian en una caldera de carbón? ¿Qué energías se ponen en juego en el choque entre dos autos?

Muchos intercambios de energía se hacen en forma de trabajo, y dentro de este eje se enfocará sobre el trabajo mecánico, como el que produce el pavimento cuando detiene un vehículo, o el trabajo que hace el cable de un ascensor cuando lo eleva, o la deformación de un sólido producto de un golpe. El trabajo ayuda a concebir la energía como la capacidad de un sistema de producir transformaciones. Es importante introducir la noción de que el trabajo además de ser el producto de la fuerza por la distancia siempre tiene un signo, ya que puede implicar aumento o disminución de la energía de nuestro sistema, y utilizar entonces la relación $\Delta E = W$.

El conjunto de situaciones abarcadas en este núcleo introduce también el tema de las formas de energía que el hombre utiliza históricamente y cómo el desarrollo tecnológico posibilitó la implementación y aprovechamiento de prácticamente las mismas formas históricas de energía pero de modo más eficiente. Las primeras máquinas fueron diseñadas para reemplazar el trabajo mecánico de hombres o animales, y esto sigue siendo de este modo si pensamos en trenes, automóviles, molinos y demás, a excepción de aquellos casos en que se trate de trabajo eléctrico, tema que se abordará en la unidad correspondiente.

Como cada manera de transformación de energía presupone procesos muy diferentes, se pretende aprovechar esta discusión para motivar el problema del costo y la renovación de los recursos, de los riesgos y de las consecuencias que conlleva cada manera de transformar energía. Como actores sociales, los estudiantes no pueden ser ajenos a la problemática de los costos sociales que presupone tanto la falta de energía o su mala utilización, o incluso los costos sociales que implican las diversas formas de uso. ¿Cuánta energía requiere una ciudad típica para funcionar? ¿Cuánta energía requiere una industria típica para funcionar? ¿Cuánta energía necesita el país y cuánta se genera?

En otro orden de conceptualización, pero de similar importancia: ¿por qué sería conveniente la energía hidroeléctrica a la atómica?; ¿vale la pena invertir en el desarrollo de centrales de fusión?; ¿por qué no se desarrolla a nivel comunitario la tecnología que aproveche la energía solar? Estas preguntas permiten que los estudiantes analicen los debates o las afirmaciones que se realizan en los medios de comunicación acerca de la conveniencia del uso de diversas formas de energía o de sus consecuencias.

Es posible, entonces, trabajar y articular el eje conceptual de los contenidos (las formas de energía) con la participación en decisiones ciudadanas, sabiendo que si bien se habla de la misma cuestión se lo hace en dos niveles diferentes: por una parte, sin conceptos adecuados es imposible que los actores participen de los debates centrales para la sociedad; pero por otra parte, la formación científica por sí sola no provee criterios para responder o decidir acerca de las preguntas anteriores, ya que éstas implican valores políticos y sociales y no solo aspectos técnicos.

Al finalizar el trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes estarán en condiciones de:

- caracterizar la energía por sus propiedades;
- describir distintos procesos en términos de intercambios de energía;
- reconocer las diferencias que existen a nivel macroscópico entre las distintas formas de energía que se presentan;

- utilizar la noción de *trabajo* para evaluar las variaciones de energía de un sistema;
- identificar las escalas de energía en diferentes procesos naturales;
- reconocer y utilizar correctamente las unidades de energía en cada uno de estos diferentes niveles;
- comprender las ideas de *sistema, intercambio, evolución, equilibrio* y utilizarlas en las descripciones de fenómenos o procesos;
- reconocer las escalas de energía involucradas en el desarrollo de una sociedad y los costos sociales involucrados.

La energía en el universo físico

Generación natural de energía

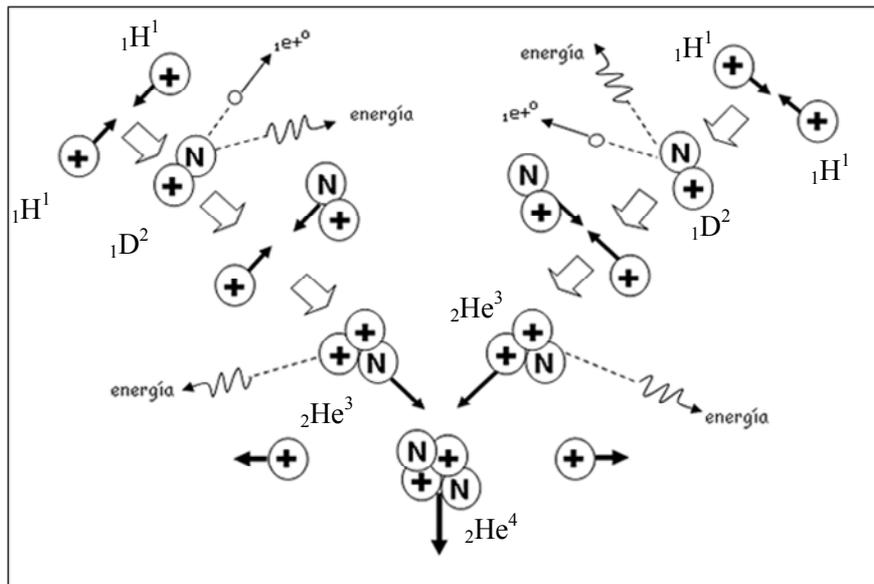
La energía generada en la estrellas. El ciclo p-p (protón- protón) de las estrellas. Fusión y fisión. Radiactividad natural. Evoluciones estelares. Centrales nucleares. Accidentes nucleares. Seguridad en el manejo de elementos radiactivos.

En este núcleo de contenidos se introduce a los estudiantes en el estudio de los modelos que explican el funcionamiento y la evolución de las estrellas, y en los procesos que provocan el decaimiento radiactivo de los núcleos de los elementos químicos más pesados.

Estos contenidos se trabajan con modelos porque las explicaciones que se realizan de los mecanismos de intercambio y generación de energía en las estrellas son siempre de carácter especulativo, ya que resulta imposible viajar al núcleo de una estrella a medir, por ejemplo, la temperatura. Es frecuente escuchar frases de los estudiantes del tipo "¿y cómo sabemos que esto es cierto?", y es razonable que así suceda. Sin embargo lo importante es que comprendan que ésta es una característica de todo razonamiento hipotético. Por otra parte, si bien es cierto que nadie jamás ha visto el núcleo de una estrella, en los aceleradores de partículas y en gran número de dispositivos afines pueden medirse las propiedades que se desprenden de los modelos atómico-nucleares.

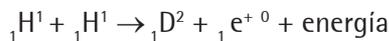
Estos contenidos buscan conducir al estudiante en el camino de la exploración de las hipótesis científicas. Al tratarse de modelos especulativos es conveniente aclarar que la especulación no es ilimitada, y que siempre está ceñida tanto por las teorías vigentes como por los datos observacionales. Este núcleo provee una excelente oportunidad para analizar con los estudiantes el carácter de las afirmaciones científicas, y también para introducir las ideas de *plausibilidad* y *atingencia*, necesarias en todo tipo de especulación o hipótesis.

Para presentar la cadena de procesos que explican la producción de energía en las estrellas, el docente puede retomar aquí la discusión de las transformaciones nucleares de 3º año de Físicoquímica y mostrar cómo cuatro núcleos de hidrógeno (protones), en el ambiente reinante en el centro de una estrella como el Sol, con temperaturas de alrededor de 15 millones de grados, pueden formar un átomo de helio (He^4) y liberar energía.



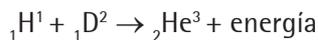
Son necesarios los pasos siguientes.

- a) Dos núcleos de hidrógeno ${}^1_1\text{H}$ se *fusionan* para formar un núcleo de deuterio ${}^2_1\text{D}$ a través de la reacción:

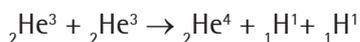


donde ${}^0_{+1}\text{e}$ representa un positrón.

- b) El deuterio puede chocar y fusionarse con un átomo de hidrógeno de acuerdo a la reacción:



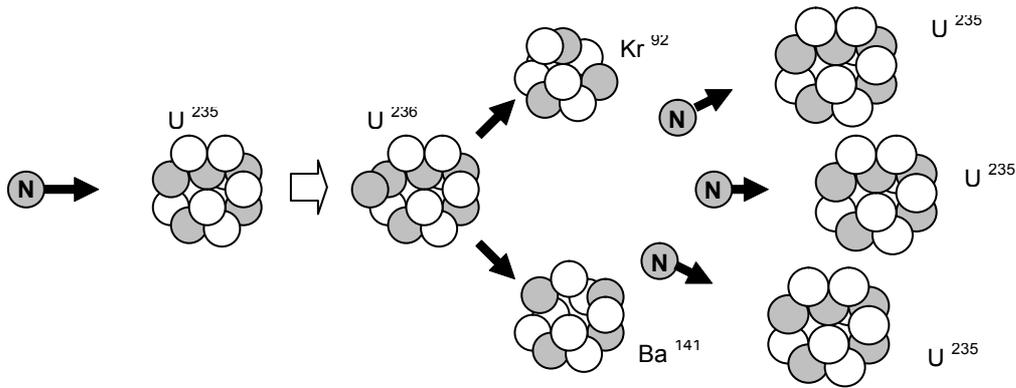
- c) Finalmente dos núcleos de ${}^3_2\text{He}$ se fusionan con el resultado de un núcleo de helio ${}^4_2\text{He}$ y dos protones, que vuelven a reiniciar el ciclo:



El resultado neto de estas fusiones nucleares es que cuatro átomos de hidrógeno se transformaron en un átomo de helio y dos protones, lo que lleva a pensar que el núcleo de una estrella en algún momento tendrá que cambiar de combustible o agotarse. Este es precisamente el significado de *evolución estelar*. No es evidente pero sí es *plausible*, en algún momento en el centro de la estrella tendrán que producirse procesos termonucleares que hagan que se transforme el helio, así seguirá con la serie de elementos químicos que se producen en diferentes reacciones nucleares y van alojándose en el núcleo, al menos hasta que la estrella ya no pueda seguir adelante con los procesos termonucleares.

No solo las ecuaciones son importantes, sino que el estudiante también pueda incorporar la idea de modelo explicativo, corroborado, plausible y atingente. El docente puede ofrecer imágenes de diferentes objetos estelares y de su evolución y estimular a los estudiantes a que investiguen por su cuenta lugares "conocidos" del cielo donde pueden hallarlos (por ejemplo, la estrella más brillante de las "tres marías" es una estrella "vieja" en su etapa de supergigante azul).

Dentro de los modelos se introducen también los de *radiactividad* y de *fisión nuclear* (de alguna manera el proceso opuesto al de fusión nuclear con que funcionan las estrellas). La radiactividad natural es propia de los isótopos de diferentes elementos pesados que son inestables porque están en un estado nuclear excitado. Para regresar a su estado de mínima energía, el núcleo debe emitir energía, liberarla, ya sea en forma de radiación o en forma de partículas subatómicas con muy alta energía cinética. Cuando estas partículas colisionan con otro cuerpo transfieren parte de su energía, energizando al cuerpo colisionado. Si el cuerpo colisionado es un ser vivo, los que se excitan son los átomos y moléculas de los diferentes tejidos, provocando de esta manera mutaciones artificiales y necrosis celular.



La fisión nuclear ocurre cuando el núcleo de un átomo pesado se divide en núcleos más livianos liberando energía en forma de radiación y de energía cinética de los productos. Por ejemplo, una forma de ruptura de un núcleo pesado se produce cuando un neutrón colisiona un núcleo de U²³⁵, se genera un isótopo más pesado del uranio, U²³⁶. Este isótopo es muy inestable y se divide en Kr⁹² y Ba¹⁴¹ más 3 neutrones, que inician una reacción en cadena. No es necesario pensar la fisión nuclear en términos de ecuaciones, sino que se pretende presentar las ideas centrales en base a preguntas. El docente podrá dirigir la discusión instando a los estudiantes a pensar en los constituyentes de un núcleo atómico: protones y neutrones. Los protones tienen carga eléctrica, y como *todos tienen la misma carga eléctrica*, deben repelerse. Sin embargo conviven ligados en el núcleo. Una forma plausible de explicarlo es que exista, *dentro del núcleo*, una fuerza más intensa que la repulsión eléctrica. Pero esa fuerza debe anularse fuera del núcleo porque de otra manera *todos* los protones del universo deberían ligarse. Para decirlo de otra manera, la fuerza que mantiene ligados a los protones debe disminuir a medida que el núcleo se agranda. Esto provoca que cuanto más pesado sea el núcleo más inestable se torne y más propenso a desintegrarse naturalmente.

Para cuantificar las energías de los procesos subatómicos es conveniente introducir el eV (electron-voltio), pero solo como otra unidad propia de esos procesos y no como la energía que adquiere un electrón en un potencial de un Volt, porque eso solo haría más formal la definición y lo que interesa es la posibilidad de ver el orden de magnitud de las energías involucradas en estos procesos.

El docente puede aprovechar los valores conocidos de las energías de los procesos de fusión y de fisión, para organizar con los estudiantes investigaciones acerca de los órdenes de magnitud de la energía asociada a diferentes procesos. Por ejemplo, la energía liberada en la transformación de cuatro átomos de hidrógeno en uno de helio es de alrededor de 27 MeV, esto es, alrededor de 1 billonésima de caloría.

Se puede preguntar ahora por la energía que liberaría 1 mol de U^{235} o, sabiendo que el Sol libera aproximadamente $9 \cdot 10^{25}$ calorías por segundo, calcular la masa de hidrógeno que se convierte en helio cada segundo en el centro del Sol, o a cuántas fusiones equivale la cantidad de calorías que libera la estufa de un dormitorio.

También se puede introducir en el aula el debate por la seguridad en el aprovechamiento de la energía liberada por la desintegración nuclear, y por la existencia de desechos nucleares altamente tóxicos que requieren de embalajes especiales y de lugares específicos donde ser guardados sin contaminar. Las catástrofes ambientales provocadas por la radiación nuclear, y los peligros que presupone su utilización, hace que este eje contemple la investigación de acontecimientos letales como fueron las bombas atómicas en Hiroshima y Nagasaki, el desastre de la usina nuclear de Chernobyl o las consecuencias que podía acarrear el basurero nuclear que pretendieron instalar en la localidad de Gastre (Chubut). A la vez el docente puede promover el debate ético acerca de la producción de elementos derivados de la desintegración nuclear que solo pueden utilizarse en armas de destrucción masiva.

Energías macroscópicas y su aprovechamiento

Energía hidroeléctrica. Energía eólica. Energía solar. Energía geotérmica. Energía mareomotriz. Energía nuclear. Aceleradores de partículas. Radioterapia.

Este núcleo está orientado a desarrollar y estimular en el estudiante las capacidades de investigación y comparación de cantidades, en este caso referidas a las cantidades de energía que pueden producir diferentes tipos de usinas y generadores.

Todas las formas de energía que se discuten requieren de una infraestructura determinada. Por ejemplo, parece evidente que la instalación de un panel solar necesita menos espacio y es de menor costo que una usina eléctrica. ¿Por qué entonces el uso comunitario de paneles solares no está tan difundido en nuestro país? ¿En qué regiones del país se justifica la utilización de paneles solares? Estas son algunas de las preguntas que pueden formularse para debatir los aspectos económicos involucrados y los rendimientos que los diferentes tipos de centrales pueden brindar.

Se sugiere armar una tabla como la siguiente, en la el docente pueda ir completando con los estudiantes los datos que se necesitan para elaborar una conclusión.

	Capacidad de generación	Costo por MW	Impacto ambiental	Requerimientos
Central hidroeléctrica				
Central geotérmica				
Central nuclear				
Central eólica				
Central mareomotriz				
Central solar				

En la columna del impacto ambiental se propone que los estudiantes construyan una escala, que puede ser numérica o textual, para indicar el grado de impacto ambiental y valorar no solo su incidencia en relación con la contaminación. Para lo cual deberán acordar qué parámetros se utilizarán para decidir si una generación de energía tiene más impacto que otra.

Otra línea de investigación sugerida para los estudiantes está referida a las técnicas y los dispositivos que por su vasta aplicación en aspectos médicos y tecnológicos se han popularizado. Entre ellos se destacan los aceleradores de partículas. En muy diversos campos de la física y en sinnúmero de aplicaciones biomédicas y tecnológicas se requieren partículas subatómicas en rangos de energía que, en términos de nuestra experiencia cotidiana, podemos definir como comparativamente altos.

En estudios de la estructura íntima de la materia (física de partículas) las energías involucradas ya son del orden de los GeV y TeV (10^9 eV y 10^{12} eV) y las velocidades asociadas a todas estas energías solo pueden alcanzarse (al menos de manera controlada) en un acelerador de partículas, que en términos absolutamente generales puede pensarse como cualquier dispositivo que permite incrementar la velocidad de diversas partículas por medio de fuerzas de origen eléctrico, imanes o combinaciones de ambos.

Para favorecer el uso de estas unidades el docente puede plantear ejercicios que permitan a los estudiantes calcular órdenes de magnitud y comparar energías en base a estos valores. Por ejemplo, tomar una energía cinética de 6,25 MeV (corresponden a 10^{-12} J) aplicadas a un bloque de 2 kg de masa y a un protón, y calcular las velocidades que lleva cada uno. O realizar una tabla como la que se presenta a continuación, para que el estudiante investigue y vaya anotando la cantidad de energía requerida en cada caso.

Aplicación	Energía	Velocidad de la partícula involucrada
Tubo de rayos catódicos		
Tomógrafo		
Radioterapia		
Acelerador lineal		
Acelerador LHC del CERN		

Al finalizar el trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes estarán en condiciones de:

- distinguir y señalar diferencias esenciales entre los procesos de fusión y de fisión nuclear;
- evaluar correctamente las cantidades de energía involucradas en los procesos de fusión y de fisión nuclear;
- explicar en términos coloquiales algunos dispositivos médicos y de investigación de física que funcionan en base a los mismos principios generales de aceleración de partículas;
- conocer y poder calcular los rangos de energía involucradas en estos dispositivos;
- analizar los tipos de energía más adecuados de acuerdo a los requerimientos y las posibilidades de nuestro país;
- caracterizar correctamente los costos y beneficios de cada forma de generar energía;
- tomar conciencia de la relación costo-beneficio en términos de la generación de energía y el impacto ambiental;

- utilizar estos conocimientos para sustentar ideas acerca del tipo de política de generación energética que sería razonable para el país, involucrando no solo la ecuación costo-ganancia sino también la problemática de desarrollo social.

La energía eléctrica

Generación y distribución

Fuentes de voltaje, pilas. Circuitos eléctricos. Potencia disipada en fuentes y resistencias. Conservación de la energía en circuitos eléctricos. Usos domiciliarios. Consumo domiciliario de distintos artefactos. Ahorro de energía. Superconductores. Motores. Principio general de funcionamiento.

El conjunto de los tópicos tratados en este núcleo está orientado a iniciar a los estudiantes en los modos de funcionamiento de los diversos aparatos eléctricos y electrónicos de uso doméstico cotidiano y de las diversas tecnologías involucradas en su fabricación. Se trata de modelos muy sencillos, numéricamente manejables y que no necesitan el conocimiento de la estructura íntima del artefacto para ser comprendidos. Es una buena oportunidad para fomentar en los estudiantes la capacidad de formular modelos sencillos y eficientes a la hora de tomar algunas decisiones, como por ejemplo la conveniencia del uso de determinadas lámparas, o el tipo de conexiones que sería más adecuado efectuar para llevar energía eléctrica de un lado a otro.

La energía eléctrica es la forma de energía más conocida y utilizada popularmente. Sin embargo, en general no se asocian correctamente sus partes. Por ejemplo, todos saben que el televisor debe estar enchufado para funcionar, pero ¿a qué debe estar enchufado y para qué? El docente puede aquí iniciar la discusión de una manera sencilla, indicando que al ser aparatos eléctricos funcionan en base a la *circulación* de una corriente eléctrica. Pero para que la corriente circule por los cables debe haber algún elemento que haga *trabajo*, en este caso trabajo eléctrico.

De este modo se introduce el concepto de una pila, destacando dos aspectos centrales: por un lado, este dispositivo transforma energía química en energía eléctrica, y además puede realizar trabajo y de esa manera cambia la energía cinética de las cargas eléctricas (electrones en este caso). Además puede señalarse que dentro de los circuitos o artefactos eléctricos siempre hay alguna forma de disipación de calor asociada (como se evidencia, por ejemplo, al notar al calor disipado por los distintos aparatos)

Es posible introducir simbólicamente un circuito eléctrico simple (como se ha visto en 3º año) con un icono para la pila que realiza el trabajo de mover las cargas y con otro ícono para la *resistencia* que el circuito ofrece a la circulación de las cargas. Eventualmente puede retomarse la ley de Ohm, para recordar que al trabajo de la pila se lo conoce como diferencia de *potencial* o *tensión*, y que la cantidad de cargas que circulan por segundo se denomina *intensidad* de la corriente.

No obstante, este núcleo pretende focalizar la discusión en los aspectos energéticos. Si se considera que la potencia disipada en el circuito (esto es, la cantidad de energía disipada por unidad de tiempo) es el producto de la tensión aplicada por la intensidad de corriente que circula, es posible formular algunos problemas sencillos. Por ejemplo, calcular la corriente que circula por una estufa eléctrica de 1000 W. O también, en un grado ligeramente superior de dificultad, preguntar si todos los aparatos eléctricos de la casa están conectados a 220 V de tensión, cuáles

son los que ofrecen mayor resistencia al paso de la corriente. En el terreno de la investigación escolar, el docente puede proponer a los estudiantes escribir una lista de electrodomésticos y que ordenen en una tabla el consumo de corriente de cada uno de ellos.

El caso de la estufa eléctrica es ilustrativo de un fenómeno absolutamente general como es la disipación de calor en un circuito eléctrico. Pero posiblemente no sea el caso del resto de los electrodomésticos. El docente puede sugerir a los estudiantes una medición, informal y subjetiva, de la cantidad de calor disipada por los electrodomésticos. Alcanza con colocar la mano en las cercanías de una radio, de la parte posterior de un televisor y de una heladera, y decidir en base a estas "mediciones" cuál de estos electrodomésticos disipa mayor cantidad de calor. Que disipe mayor cantidad de calor no significa que consuma mayor cantidad de energía por hora o, dicho de otra manera, no significa que consuma más potencia. Por ejemplo, una computadora y un televisor consumen aproximadamente 150 W, y una batidora más o menos 140 W. Sin embargo el calor "cerca" de una batidora es mayor que "cerca" de una computadora. Debe quedar claro que la razón está relacionada con la construcción del dispositivo.

Uno de los aspectos importantes en este núcleo es pensar que todos los circuitos disipan calor, y no importa cuál es la función que cumple el dispositivo o cómo ha sido construido, siempre habrán de disipar parte de la energía que se les entrega. Y esa energía disipada no puede ser usada para que el dispositivo funcione, es energía perdida. Esta energía perdida no ha desaparecido, se ha transferido y transformado, en este caso se ha degradado, ya que no puede usarse el calor que disipa un electrodoméstico para hacerlo funcionar. Es importante ir incorporando de a poco la noción de degradación en cada una de las unidades, y mostrar que se trata de un cambio de forma menos eficiente y no de una pérdida cuantitativa.

Esta es una excelente oportunidad para proponer una nueva tarea de investigación escolar, relacionada con la *clasificación* de los electrodomésticos. Una tarea de mediana dificultad es la de comparar costos entre un electrodoméstico de tipo A con uno de tipo G, suponiendo una vida útil de diez años, y analizar cuál es la diferencia de costos que tendrían que tener para decidir cuál comprar. Otro tema de investigación es acerca de la existencia de superconductores, su producción, y sus usos tecnológicos actuales.

Usinas: potencia y rendimiento

Transformación de energía mecánica en energía eléctrica. Centrales hidroeléctricas, nucleares y eólicas. Ubicación en la Argentina. Distribución de la corriente eléctrica. El sistema interconectado nacional. Infraestructura. Red de transporte de energía. El problema de la limitación del transporte de electricidad.

En este núcleo de contenidos se discuten aspectos relacionados con las cuatro principales formas de generación de energía en el país, abarcando diferentes aspectos relacionados con la problemática general del sistema energético argentino. De alguna manera, estos tópicos cierran la discusión abierta en los núcleos anteriores y focaliza en aspectos locales relacionados con factores económicos, medioambientales y sociales.

Debe quedar establecido desde un principio que las formas de generación de energía hidráulica y eólica tienen semejanzas y diferencias con las formas de generación de energía nuclear o de una usina térmica. En las dos primeras se transforma energía mecánica en energía cinética de una turbina, que es la que genera la energía eléctrica. En una usina hidroeléctrica se transforma energía potencial en energía cinética, haciendo que el agua contenida en una represa circule por

las turbinas mientras cae hacia un nivel inferior. Una usina eólica convierte la energía cinética del viento en electricidad por medio de aspas o hélices que hacen girar un eje central conectado, por una serie de engranajes, a un generador eléctrico, de la misma manera en que lo hacen los molinos de agua, tan comunes en las zonas rurales del país.

Es central debatir en este núcleo el impacto ambiental de un tipo de central y del otro; que el docente estimule la investigación por parte de los estudiantes de la superficie requerida para la instalación de una central hidroeléctrica y de la superficie necesaria para la instalación de una central eólica; que analicen el impacto ambiental de ambos tipos de centrales y los desechos que se generan, aunque el porcentaje de los mismos sea prácticamente nulo.

Por otro lado, el docente debe explicar que las usinas térmicas y que las usinas nucleares mueven las turbinas en base a la circulación de vapor de agua a alta presión. En el caso de las usinas térmicas el vapor se genera cuando el agua se calienta, por medio de carbón o algún derivado del petróleo; y en las usinas nucleares mediante la energía liberada en la fisión controlada de núcleos pesados. Nuevamente, es necesario que los estudiantes consideren las superficies requeridas para este tipo de usinas y los desechos que producen para evaluar su impacto ambiental.

En este núcleo hay dos tareas que pueden proponerse a los estudiantes: una es obtener un esquema simplificado de la central, ya sea nuclear o térmica, y analizar los tipos de intercambio de energía necesarios para transformar la energía de entrada (combustible) en energía eléctrica; la otra es que realicen un mapa con la ubicación de las principales centrales y realicen un relevamiento de la cantidad de energía que aporta cada tipo de central al sistema energético nacional.

Una actividad posible para evaluar las centrales es calcular el *factor de carga* o *factor de utilización* de las diferentes centrales argentinas, que se trata del cociente entre la energía total producida en un año y la que tendría que haber producido de acuerdo a su diseño. Queda claro que las razones por las que no alcanzan el 100% de carga obedecen a muy diferentes razones. Por ejemplo, en el caso de una central hidroeléctrica puede deberse a sequías y en el caso de una usina nuclear a trabajos de mantenimiento para evitar riesgos.

Una vez construido el mapa, que no es otra cosa que el dibujo del *parque eléctrico* nacional, puede calcularse la potencia total instalada sumando las potencias de las usinas que las componen, lo que se denomina *potencia total instalada*.

Es ilustrativo tomar en cuenta cuál es la demanda promedio anual de energía eléctrica y compararla con la potencia total instalada. En general, existe siempre una demanda *de base*, una cantidad mínima de energía requerida, independientemente de los vaivenes de la demanda estacional o de horarios pico. Por eso es común diversificar el parque eléctrico instalado, de manera tal que algunas centrales eléctricas trabajen "de base", constantemente, mientras que otras lo hagan "de punta", es decir solo cuando la demanda aumenta respecto de la base. Esta nueva tarea, la de investigar las demandas de base de una ciudad o de una provincia, es parte de la manera en que el estudiante puede tomar conciencia de la problemática energética.

Estos tópicos pretenden dejar en claro que cuando la potencia total instalada es chica (falta de inversiones frente al crecimiento económico social) o el factor de disponibilidad es pequeño (como ocurre con centrales viejas) seguramente el parque eléctrico no pueda responder en las horas pico. Esto necesariamente implica cortes de energía y las permanentes demandas de

concientización o de penalizaciones por el uso excesivo de energía eléctrica (como el plan de uso racional de la energía, PURE). Otro de los aspectos que se pretende debatir es el problema de la federalización de la energía.

Al finalizar el trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes estarán en condiciones de:

- comprender la necesidad de efectuar *trabajo* para generar cualquier tipo de movimiento en contra de las resistencias ofrecidas;
- conocer los modos de funcionamiento de los diversos aparatos electrodomésticos en términos de sus intercambios de energía;
- identificar el rol de las pilas como fuentes del trabajo necesario para transportar cargas eléctricas en un circuito eléctrico en contra de la resistencia eléctrica;
- cuantificar la potencia consumida en un circuito o en un domicilio cuando circula una corriente y compararlo con la potencia entregada por las fuentes;
- estimar adecuadamente los órdenes de magnitud de las potencias consumidas por los diferentes electrodomésticos;
- analizar el factor de carga de las diferentes centrales de nuestro país y comparar la potencia total instalada con la potencia requerida, en general y por regiones;
- analizar críticamente el problema social y ambiental que subyace bajo el problema de la inversión en redes de energía en nuestro país;
- comprender que el problema energético no se reduce exclusivamente a su mayor o menor generación, sino a la toma de conciencia social del uso de la energía.

La energía térmica

Intercambios de energía

Transporte de energía: conducción, convección, radiación. Generación de energía gracias a avances científicos: efecto fotoeléctrico, celdas fotovoltaicas, celdas combustibles. El intercambio de energía en los planetas con atmósfera. El calentamiento global.

Este núcleo continúa y profundiza los temas del primer eje focalizándose en los intercambios de energía térmica. A partir de lo trabajado en el ciclo anterior (2° y 3° año) se retoma la noción de temperatura vinculada a la agitación –energía cinética y/o vibracional– de las partículas que componen los materiales.

Es importante volver a insistir en la distinción entre calor y temperatura, señalando que la noción de temperatura (absoluta) está relacionada con la energía (interna) que poseen todos los cuerpos, mientras que el calor es una de las formas de intercambio de energía entre dos sistemas, pero que no mide ninguna propiedad de un objeto o sistema. El poder hablar distinguiendo cada uno de los términos es una condición necesaria para que los estudiantes puedan ir construyendo un concepto separado del otro.

A los fines del trabajo con problemas cuantitativos, en este núcleo se trabajará con las leyes experimentales de Fourier (*conducción*), Newton (*convección*) y Stephan (*radiación*). No es el objetivo utilizar estas leyes en problemas complejos, ni elaborar complejas ejercitaciones en donde sea más importante el manejo de unidades que la interpretación de los resultados, sino más bien introducir el trabajo con valores numéricos para poder calcular y comparar en cada caso cuál es el mecanismo primordial de intercambio de calor.

Estas ecuaciones relacionan la cantidad de calor intercambiada por unidad de tiempo (la potencia), con las propiedades de los objetos implicados en el intercambio (su diferencia de temperatura) y el material que los conecta (su conductividad, su emisividad, su área, y otras propiedades). Dado que en las ecuaciones aparece la potencia media intercambiada ($\Delta Q/\Delta t$), puede abordarse, a diferencia de 3º año, el tratamiento cuantitativo de estas ecuaciones y analizar gráficos o valores experimentales.

Este tema puede ser objeto de investigaciones escolares, a partir de problemas concretos surgidos de los estudiantes o propuestos por el docente, donde se puedan elaborar y poner a prueba hipótesis cualitativas acerca de las posibles variables de las que depende, tanto el intercambio de calor como la variación de temperatura de un objeto. Dado que la temperatura puede medirse con un termómetro sencillo y simultáneamente puede ir midiéndose el tiempo, con esto podrán hacerse gráficos a partir de datos para analizar, comprobar o refutar las hipótesis puestas a prueba en las investigaciones. Por ejemplo, mediante ecuaciones y análisis cualitativos puede estudiarse el intercambio de calor en diversas situaciones y proponer mecanismos para reforzar o atenuar alguno de los resultados, como pintar de plateado para disminuir el intercambio por radiación, entre otros.

Una investigación posible y de bajo costo es el armado de una cocina solar, en la cual los tres mecanismos se conjugan y es posible producir un objeto concreto y analizar los factores que pueden optimizar su funcionamiento.

Se presentan a continuación tres elementos que pueden colaborar para estudiar no solo la tasa de intercambio de energía térmica, sino otros mecanismos que distintos avances científicos contribuyeron a desarrollar y que son puentes importantes entre ciencia y tecnología y ciencia y sociedad, porque producen energía *más limpia*, menos contaminante. Estos temas pueden ser trabajados en investigaciones escolares, en trabajos de lectura y comunicación de saberes científicos y tecnológicos.

- Las *celdas fotovoltaicas* transforman energía lumínica en energía eléctrica y gracias a ellas podemos contar actualmente con paneles solares o cualquier otro dispositivo que funcione a base de esta energía. Una celda fotovoltaica tiene como función primordial convertir la energía captada por el sol en electricidad a un nivel atómico. Desde 1960 la industria espacial comenzó a hacer uso de esta tecnología para conseguir energía eléctrica y distribuirla en sus naves. Fue a partir de los programas espaciales que los científicos y técnicos pusieron énfasis en la energía solar y sus beneficios, cuando su uso alcanzó un alto grado de confiabilidad y se pudo lograr una reducción en los costos.
- Las *celdas de combustible* funcionan como un dispositivo electroquímico que convierte la energía química de una reacción directamente en energía eléctrica. Por ejemplo, puede generar electricidad al combinar hidrógeno y oxígeno electroquímicamente sin ninguna combustión. Estas celdas no se agotan como lo haría una batería, ni precisan recarga, ya que producen energía en forma de electricidad y calor en tanto se les provee de combustible. En la práctica, la corrosión y la degradación de materiales y componentes de la celda pueden limitar su vida útil. La manera en que operan es mediante una celda electroquímica consistente en dos electrodos, un ánodo y un cátodo, separados por un electrólito. El oxígeno proveniente del aire pasa sobre un electrodo y el hidrógeno gas pasa sobre el otro.
- El *efecto invernadero* como responsable del mantenimiento de una temperatura estable en los planetas con atmósfera, es un problema de interacción entre radiación y materia. En el caso de la Tierra, este fenómeno es uno de los factores determinantes de la existencia de vida. El estudio detallado de este efecto requiere analizar tres factores: la radiación

incidente del exterior, la emitida por la Tierra, y la interacción de ambas con los gases de la atmósfera terrestre. Este efecto tiene un claro interés ambiental, no solo por sus consecuencias sino también porque puede ser interesante organizar debates acerca del impacto de las emanaciones de distintas empresas y su contribución al efecto invernadero.

La energía y los seres vivos

Formas de intercambio térmico en seres vivos. Regulación de la temperatura en animales de sangre caliente. Metabolismo basal. Energía y alimentación. El efecto de pelaje. Transpiración. Relación superficie-volumen.

Los seres vivos son excelentes ejemplos de intercambios múltiples de energía. Continuamente realizan intercambio de energía con el entorno, todos viven en un ambiente térmico. La fuente primaria, como sabemos, proviene de la radiación solar. La energía solar es captada directamente por los organismos, difundida por el cielo o reflejada desde el suelo o las rocas.

La energía disponible para la vida de todos los animales proviene de los alimentos consumidos. Esta energía química se utiliza en:

- trabajo necesario para las funciones fisiológicas esenciales como las del sistema nervioso, cardiovascular, respiratorio, digestivo, entre otras;
- trabajo muscular externo como el caminar, levantar pesos o hablar;
- producción de calor, al mantener estable la temperatura del cuerpo, en los animales de sangre caliente.

Como actividad introductoria para los estudiantes pueden investigarse los gastos de energía que implican cada una de estas funciones.

Los seres vivos habitan un planeta de temperaturas y condiciones climáticas cambiantes y deben disponer de mecanismos para aminorar el efecto de los cambios de temperatura ambiental. La *evaporación* es una de las formas mediante la cual los organismos liberan calor al exterior y regulan su temperatura interna. Mediante ella, los seres vivos son capaces de liberar calor para mantener su medio interno en condiciones óptimas.

Otro proceso de transmisión de calor es la *conducción* que ocurre entre dos cuerpos sólidos, fluyendo del más caliente al más frío. La velocidad con que el calor se transfiere depende del grado de contacto que haya entre ambos, de la diferencia de temperatura y del grado de resistencia al calor que tengan los organismos.

La *convección* es otra forma de transferencia de calor que se da en fluidos debido a las variaciones de densidad causadas por la temperatura. Las partes calientes ascienden y las frías descienden formando las corrientes de convección que hacen uniforme la temperatura del fluido.

La *radiación* térmica se produce cuando el cuerpo se expone a una fuente (el ambiente) que se halla a una temperatura distinta de la propia del organismo y por lo tanto, como en el caso del efecto invernadero, el cuerpo emite una cierta tasa de radiación y también recibe radiación del medio. Si estas dos tasas de intercambio no son las mismas el organismo necesitará de otros medios para poder evitar perder temperatura o aumentarla hasta valores riesgosos.

Las plantas poco pueden hacer para regular su temperatura interna. Constantemente están expuestas a diferentes formas de transmisión de calor y su metabolismo cuenta con muy pocas alternativas para mantener el control de temperatura. Las plantas no pueden desplazarse para evitar o buscar la radiación. Generalmente pierden calor por convección y evaporación; por ello, el tamaño y forma de sus hojas tienen gran importancia. Las hojas que presentan muchos lóbulos o salientes pierden calor de manera más eficiente que las hojas grandes y poco lobuladas.

Los animales han desarrollado mecanismos más sofisticados para enfrentar los cambios de temperatura. Éstos pueden producir calor, haciéndolos moverse y protegerse del frío. Su metabolismo también cuenta con alternativas para regular la temperatura corporal, al producir calor o aumentar la transpiración.

La relación entre superficie y volumen es un factor esencial en el control de la temperatura, sobre todo en los organismos homeotermos. Resulta interesante calcular las relaciones entre superficie y volumen de distintos animales. De la comprensión de esta variable para el intercambio de calor se pueden sacar conclusiones importantes como por ejemplo cuál sería el tamaño mínimo que podría tener un organismo de sangre caliente o, por qué abrigar a los bebés incluso en días templados, por qué nos acurrucamos cuando sentimos frío, entre otras. La presencia de escamas y pelos en el cuero ayudan a formar trampas de calor que permiten al organismo controlar mejor su temperatura corporal. En muchas ocasiones los organismos recurren al tiritar para producir algo de calor y mejorar sus condiciones internas.

Como se desprende de las propuestas anteriores es viable analizar estos temas sin recurrir a especialistas, trabajando los mecanismos de intercambio de calor de una manera más cercana y significativa a los estudiantes a partir de actividades de aula, ejercitaciones o investigaciones escolares. Sin embargo, de ser posible, el intercambio con un experto no solo propiciaría trabajar más ejemplos, sino que además permitiría acrecentar la cantidad de términos y conceptos.

Al finalizar el trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes estarán en condiciones de:

- conocer los distintos mecanismos de intercambio de calor que se dan, tanto en objetos inanimados como en seres vivos;
- poder calcular las tasas de intercambio de energía correspondientes a los distintos mecanismos de intercambio en situaciones reales o idealizadas;
- estimar en casos sencillos cuál de los mecanismos de intercambio puede ser el primordial y fundamentarlo;
- conocer distintos dispositivos en los que se producen transformaciones que involucran energías térmicas y/o radiación y explicar su funcionamiento en términos coloquiales;
- poder diseñar y realizar experiencias vinculadas a la mejora de aislamientos térmicos o a la medición de intercambios de energía térmica;
- reconocer el papel de la relación superficie volumen en la regulación de temperatura en seres vivos;
- conocer y poder describir en términos coloquiales las distintas adaptaciones de los animales a los cambios de temperatura del entorno.

La energía y la termodinámica

Energía, calor y trabajo

Energía interna, calor y trabajo. Noción de energía interna. Primer principio de la termodinámica y conservación de la energía.

Se propone el tratamiento de la energía y su variación en el ámbito de la termodinámica, a partir de intercambios con el medio, ya sea en forma de trabajo, o de calor.

El principio de conservación de la energía enuncia que siempre que desaparece algún tipo de energía en un sistema (cinética, potencial, del campo, etc.) aparece igual cantidad de energía en algún otro sistema, del mismo u otro tipo. Sin embargo, se podría preguntar para iniciar un debate si la conservación de la energía es una ley experimental surgida de numerosas y minuciosas observaciones, o más bien se trata de un marco de referencia, como lo fue en su momento la dinámica de Newton. Si fueron los miles y miles de experimentos cuantitativos los que llevaron a estas conclusiones, o más bien fue la creación de un concepto nuevo y fructífero que hizo que la noción de energía cobrara el valor que actualmente tiene tanto en el campo científico como fuera de él.

El concepto de energía ha demostrado ser tan fecundo, y a la vez flexible, que ha sido posible ir ampliando su significado a lo largo de la historia para abarcar un espectro cada vez mayor de fenómenos. Entre los que se cuentan la introducción de la energía del campo electromagnético para explicar la transmisión señales de radio, la "creación" de la energía relativista ($E= mc^2$) que resultó de una extensa utilidad (por ejemplo para comprender las reacciones nucleares).

No obstante la *conservación de la energía* no es un concepto sencillo y es necesario separar el aprendizaje de la noción de energía del aprendizaje de su conservación.

En esta unidad se tratará la noción de energía interna, aquella energía que el sistema posee debido a las agitaciones térmicas de sus moléculas o átomos y a las interacciones intermoleculares. Sin embargo no es el interés del presente núcleo temático elaborar un modelo microscópico de esta magnitud, ni analizar el problema de los valores macroscópicos y su relación con valores promedios sobre un conjunto grande de partículas.

Ya se ha trabajado sobre los intercambios de calor, de radiación y de trabajo, y entonces es posible analizar la energía interna de nuestro sistema a partir de la conocida relación

$$\Delta U = Q - W$$

Donde U es la energía interna, Q el calor intercambiado y W el trabajo realizado por el sistema. Con esta relación, es posible abordar las siguientes cuestiones.

- Trabajar en una investigación escolar sobre la historia de la energía y comprobar que es la interconversión de los fenómenos (eléctricos, térmicos, mecánicos, luminosos) lo que ha dado la auténtica solidez a la noción de energía. Dentro de este marco puede analizarse la experiencia de Joule en su búsqueda del equivalente mecánico del calor (objetivo que sólo podría haberse buscado en caso de creer que realmente podía existir); del mismo modo que Mayer, quien quiso llegar a equivalencias similares pero a partir de otros conceptos. La historia de

la ecuación escrita más arriba es en realidad la historia de la energía; y sus avatares son un claro ejemplo de cómo un concepto va ganando terreno dentro de la comunidad científica, no porque sea "más correcto" que otro, sino porque resulta más prolífico.

- Enfatizar cómo de acuerdo a la manera que acotemos el sistema cambia la lectura que se realiza de un mismo fenómeno en términos de intercambios. Por ejemplo, un calentador eléctrico sumergido en un recipiente con agua, al conectarlo a la red eléctrica produce el efecto de calentar el agua. ¿Cómo puede leerse esto en términos de energías, calores y trabajos? Hay al menos tres maneras: si el sistema considerado es solo el agua, entonces el calentador entrega calor al agua y el resultado es un aumento de su energía interna, o sea en este caso, de su temperatura. La otra manera de analizarlo consiste en considerar al calentador como parte del sistema, en cuyo caso el sistema agua + calentador ahora recibe trabajo de la batería o de la red eléctrica, pero no recibe calor; ahora es el trabajo el que aumenta la energía interna del sistema y por ende su temperatura. Por último, si se incluye a la batería dentro de nuestro sistema, entonces la energía interna total se mantendrá constante, y el sistema batería + agua + calentador no cambia su energía pero se transforma de eléctrica en energía térmica del agua, por mecanismos internos.

Debe quedar claro que el primer principio de *la termodinámica no asevera la conservación de la energía*, sino que permite calcular su variación a través de intercambios como los que se han mostrado. Solo en el caso de sistemas aislados que, por definición, no pueden intercambiar ni calor, ni trabajo, ni materia, la energía interna del sistema se mantendrá constante. Por eso debería prestarse atención a algunos usos coloquiales que podrían usarse para generar debates, por ejemplo a partir de afirmaciones del estilo "nada se pierde, todo se transforma", o bien "la energía cinética del auto se transformó en calor durante la frenada".

Procesos reversibles e irreversibles

Procesos espontáneos, procesos reversibles y procesos irreversibles. Los procesos naturales. Segundo principio de la termodinámica.

Dentro del conjunto de todos los procesos posibles sabemos que algunos ocurren naturalmente en dos direcciones, otros requieren de "una colaboración" energética para poder ser "revertidos" y otros aparecen como totalmente imposibles, o irreversibles. Por ejemplo, la oscilación de un péndulo es en general un proceso posible en ambos sentidos, la energía cinética en la parte más baja del recorrido se transforma en potencial y viceversa, por eso es posible empezar a hamacarse o bien lanzándose desde un punto elevado o bien con un pequeño empujón desde la parte baja. Si ahora pensamos en la disolución de azúcar en agua, es claro que el proceso sólo puede suceder en una sola dirección: el sólido se disuelve tornando dulce al agua. Sin embargo no es del todo imposible recuperar los dos componentes, aunque requiere de una cierta pericia y sobre todo de energía, pero es posible separar las componentes por destilación obteniendo azúcar en el fondo del recipiente y agua en otra parte. Por último, parece imposible volver a hacer arrancar un auto transformando el calor perdido en la frenada en combustible que se eche dentro del tanque. Esto establece, una necesaria división entre procesos reversibles, que pueden suceder en cualquier dirección sin necesidad de intervención, y entre aquellos que sólo suceden espontáneamente en una única dirección.

La ciencia a lo largo de su historia no siempre consideró esto así. Durante muchos años centenares de inventores se presentaron en oficinas de patentes tratando de enriquecerse a partir de la

construcción de una máquina imposible, hoy conocida como móvil perpetuo de segunda especie. La física ha decidido y ha elevado a nivel de principio, la imposibilidad de ciertos procesos.

El interés de esta unidad es presentar una de las nociones más abstractas y generales de la física, no de manera formal, sino más bien a título informativo, como elemento de divulgación científica, parte de la alfabetización científica propuesta para los estudiantes. Existen ciertos procesos que no son posibles como por ejemplo pasar calor de un cuerpo frío a un cuerpo caliente sin entregar energía extra. De este principio se deduce que ciertos tipos de procesos resultan también imposibles, como por ejemplo transformar todo el calor en energía cinética, o transformar la energía de una reacción nuclear en energía de unión de los nucleones ya fisionados.

Este principio habla de una "degradación de la energía" que, si bien se conserva en nuestro universo, nunca se mantiene de la misma calidad. Este principio está relacionado con la posible falta de fuentes energéticas tradicionales en un futuro próximo, debido a dos razones.

- Por un lado, la velocidad a la que se consumen los recursos naturales siempre es mayor que la velocidad a la que se vuelven a generar;
- Por otro lado, la degradación inevitable de la energía hace que el planeta se vaya colmando de desechos energéticos y sea necesario adoptar políticas globales de reciclado.

La energía degradada no se ha perdido, pero se ha transformado en muchos casos en calor o en otras formas degradadas de movimiento desordenado. Por ejemplo, llevará mucho más tiempo el crecimiento de nuevos árboles a partir de luz solar y de nutrientes, que el que lleva a una empresa de celulosa talar un bosque. Se trata de dos aspectos que se conjugan en un problema global: se consume energía natural (bosques, reservas y demás) a mayor velocidad de la que se necesita para que esta energía natural se regenere, y por otro lado, la energía que queda en el planeta sólo nos provee calor, y no se la puede transformar nuevamente en energía útil, en otro tipo de energía.

Por este motivo, es de sumo interés que los estudiantes de la escuela secundaria comprendan la importancia de los recursos naturales que existen en el país, para que valoren el desarrollo de fuentes no contaminantes de energía, y sean capaces de tomar una actitud activa en defensa del consumo sustentable y racional de la energía.

En este núcleo no se espera que se desarrollen cálculos acerca de cuestiones como entropía u otras cantidades físicas vinculadas a la degradación de la energía, aunque existen otras actividades que pueden permitir evaluar si el uso cotidiano que se está haciendo de los recursos energéticos es o no es sustentable.

Uno de los indicadores más difundido es la *huella ecológica*, se define como "el área de territorio ecológicamente productivo (cultivos, pastos, bosques o ecosistemas acuáticos) necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida".⁸ El objetivo de este cálculo consiste en evaluar el impacto sobre

⁸ Este indicador fue definido en 1996 por William Rees y Mathis Wackernagel en la School for Community & Regional Planning (Escuela para la Planificación Comunitaria y Regional) de la Universidad de la Columbia Británica. Ver: Mathis Wackernagel y William Rees, *Nuestra Huella Ecológica*. Santiago de Chile, LOM, 2001.

el planeta de un determinado modo o forma de vida y, compararlo con la biocapacidad del planeta. Consecuentemente es un indicador clave para la sostenibilidad. La ventaja de la huella ecológica para entender la apropiación humana reside en la posibilidad de establecer patrones de comparación. Es posible comparar el gasto diario de energía de una empresa, familia o individuo particular con la energía requerida para el producto sobre la misma escala (hectáreas).

El cálculo de la huella ecológica es complejo, y en algunos casos es imposible, lo que constituye su principal limitación como indicador; en cualquier caso, existen diversos métodos de estimación a partir del análisis de los recursos que una persona consume y de los residuos que produce. Básicamente sus resultados están basados en la observación de los siguientes aspectos.

- Cantidad de hectáreas utilizadas para urbanizar, generar infraestructuras y centros de trabajo.
- Hectáreas necesarias para proporcionar el alimento vegetal necesario.
- Superficie necesaria para pastos que alimenten al ganado.
- Superficie marina necesaria para producir el pescado.
- Hectáreas de bosque necesarias para procesar el dióxido de carbono que provoca nuestro consumo energético. En este sentido, no solo incidiría el grado de eficiencia energética alcanzado, sino también las fuentes empleadas para su obtención: a mayor uso de energías renovables, menor huella ecológica.

Desde un punto de vista global, se ha estimado en 1,8 hectáreas la biocapacidad del planeta por cada habitante; es decir que si se tuviese que repartir el terreno productivo de la tierra en partes iguales, a cada uno de los habitantes del planeta le corresponderían 1,8 hectáreas para satisfacer todas sus necesidades durante un año. El test de la huella ecológica no es un instrumento estricto de control, tampoco es demasiado preciso, pero muestra, de alguna manera, la diversidad de factores que se hace necesario considerar para poder construir indicadores que den una pauta de la manera en que se están degradando los recursos del planeta.

Al finalizar el trabajo sobre los contenidos de este eje los estudiantes estarán en condiciones de:

- conocer las maneras en que los sistemas pueden variar su energía interna;
- distinguir conceptualmente entre calor y trabajo. Poder dar descripciones coloquiales de ambos;
- reconocer la equivalencia de calor y trabajo como mecanismos en términos de intercambio de energía;
- realizar cálculos sencillos que impliquen intercambios de calor y trabajo reconociendo la dirección de esos intercambios;
- reconocer el papel de la energía como concepto unificador dentro de la física, dado ejemplos de distintas inter-conversiones;
- distinguir procesos reversibles de aquellos que no lo son y poder dar ejemplos de ambos;
- reconocer el carácter esencial de la irreversibilidad de algunos procesos;
- vincular y describir en palabras coloquiales la relación entre irreversibilidad y degradación de la energía;
- analizar la degradación de la energía en diversas situaciones y reconocer su relación con la crisis energética actual;
- diferenciar entre consumo y gasto energético abusivo;
- valorar el cuidado de los recursos naturales;
- comprender que la solución de los problemas de los recursos no renovables implica decisiones globales y políticas de Estado y no solo soluciones locales.

ORIENTACIONES DIDÁCTICAS

En esta sección se proponen orientaciones para el trabajo en el aula, a partir de los contenidos establecidos para este año. Las orientaciones en Introducción a la Física tienen al menos dos objetivos:

- presentar como actividades de aula algunas de las prácticas que son específicas de esta disciplina y que están relacionadas tanto con los conceptos como con sus metodologías propias;
- resignificar prácticas escolares y didácticas que, aunque puedan ser habituales en la enseñanza de la Física, a veces, por un uso inadecuado o rutinario, van perdiendo su significado y su valor formativo.
- En este caso también se incluyen orientaciones para la evaluación consistentes con la perspectiva de enseñanza señalada.

Las orientaciones se presentan como actividades, no en el sentido de ser "ejercitaciones" para los estudiantes, sino prácticas sociales específicas, compartidas y distribuidas entre todos los actores en el ámbito del aula, que deben ser promovidas por el docente.

De acuerdo con el enfoque de enseñanza propuesto para esta materia y en consonancia con los fundamentos expuestos en el Diseño Curricular de la Educación Secundaria, se señalan a continuación tres grandes pilares del trabajo en el aula, aunque es importante aclarar que no deben pensarse en forma aislada.

- Hablar, leer y escribir en Física;
- Trabajar con problemas de Física;
- Utilizar y conocer modelos en Física.

HABLAR, LEER Y ESCRIBIR EN FÍSICA

Ningún científico piensa con fórmulas. Antes de que el físico comience a calcular ha de tener en su mente el curso de los razonamientos. Estos últimos, en la mayoría de los casos, pueden expresarse con palabras sencillas. Los cálculos y las fórmulas constituyen el paso siguiente.

Albert Einstein

La comunicación (de ideas y/o resultados) es una actividad central para el desarrollo científico y por lo tanto, desde la perspectiva de la alfabetización científica constituye un elemento central en la enseñanza de la ciencia escolar, lo que significa que debe ser explícitamente trabajada, dando tiempo y oportunidades variadas para operar con ella y sobre ella.

Como dice Lemke "[...] no nos comunicamos solo a través del intercambio de signos o señales, sino gracias a la manipulación de situaciones sociales. La comunicación es siempre una creación de una comunidad".⁹ Comunicar ideas científicas no implica solo manejar los términos específicos de las disciplinas sino poder establecer puentes entre este lenguaje específico y el lenguaje más coloquial acerca de la ciencia.

⁹ Lemke, Jay L. *Aprender a hablar ciencias*. Buenos Aires, Paidós, 1997.

Son conocidas varias de las dificultades que enfrentan los estudiantes con el lenguaje en las clases de ciencias: es habitual comprobar que evidencian dificultades para diferenciar hechos observables e inferencias, para identificar argumentos significativos y organizarlos de manera coherente. Otras veces no distinguen entre los términos de uso científico y los de uso cotidiano y, por ende, los utilizan en forma indiferenciada. A menudo escriben oraciones largas con dificultades de concordancia y subordinación, o bien muy cortas sin justificar ninguna afirmación.

Muchas veces es difícil precisar si las dificultades se deben a una mala comprensión de los conceptos necesarios para responder a la demanda que plantean las tareas o a una falta dominio del género lingüístico correspondiente. Por eso muchos profesores sostienen que los diferentes géneros lingüísticos se aprenden en las clases de lengua y que no son objeto de aprendizaje en las clases de ciencias.

Sin embargo, desde el enfoque sostenido en este Diseño Curricular se acuerda con lo propuesto por San Martí cuando dice "las ideas de la ciencia se aprenden y se construyen expresándolas, y el conocimiento de las formas de hablar y de escribir en relación con ellas es una condición necesaria para su evolución y debe realizarse dentro de las clases de ciencias"¹⁰. Es decir, las dificultades que experimentan los estudiantes en relación con las prácticas de lenguaje propias de las materias de ciencias, solo se pueden resolver a partir del trabajo que se realice respecto de ellas en las aulas de ciencias.

Las habilidades discursivas que requieren las descripciones, las explicaciones y las argumentaciones de las ciencias, constituyen formas propias de expresión del lenguaje científico, caracterizadas por contenidos propios. Por lo tanto, no es posible pensar que las mismas pueden ser enseñadas *exclusivamente* en las clases de lengua. Es precisamente en las clases de ciencia, donde los géneros específicos adquieren una nueva dimensión al ser completados por los términos que les dan sentido. Y así como cualquier persona es capaz de hablar y comunicarse en el lenguaje de su propia comunidad, todo estudiante es capaz de aprender el lenguaje característico de las ciencias, si éste se pone en circulación en las aulas.

El lenguaje es un mediador imprescindible del pensamiento. No es posible pensar sin palabras y formas lingüísticas. No es posible enseñar conceptos en sentido abstracto, los conceptos se construyen y se reconstruyen, social y personalmente, a partir del uso de las expresiones del lenguaje en donde se insertan y cuando se manejan dentro de un grupo que les confiere sentido. Por ello se sostiene que el aula de Física debe constituirse en una comunidad de aprendizaje.

Así como es importante la discusión y el contraste de ideas para la construcción del conocimiento científico, para construir el conocimiento escolar también será necesario posibilitar la discusión de las ideas en el aula y el uso de un lenguaje personal que combine los argumentos racionales y los retóricos, para que, en forma progresiva, el lenguaje formalizado propio de la ciencia se vuelva significativo para los estudiantes.

Este cambio de perspectiva presupone una revisión a la manera tradicional de plantear las clases de Física. En las clásicas lecciones de física se exponen los conceptos, sin cuestionamientos, luego se brindan ejemplos y por último se realizan ejercitaciones. Lo que se propone, en cambio, es que

¹⁰ Sardá Jorge, Anna y Sanmartí Puig, Neus, "Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias", en *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, UAB, 2000.

el docente comience desde el lenguaje descriptivo y coloquial de los estudiantes en torno a un fenómeno o problema planteado, hacia la definición formal, como último paso en el camino de construcción del concepto.

Dentro de este enfoque se consideran actividades pertinentes dentro de las aulas: el trabajo de a pares, el trabajo en pequeños grupos y los debates generales, en los que las prácticas discursivas resultan fundamentales para establecer acuerdos durante la tarea, al expresar disensos o precisar ideas, hipótesis o resultados vinculados a los conceptos de Física.

Estas consideraciones implican que los estudiantes y el docente, como miembros de una comunidad específica –la del aula de Física– lleven adelante las siguientes acciones.

- Leer y consultar diversas fuentes de información y contrastar las afirmaciones y los argumentos que se sostienen con las teorías científicas que dan cuenta de los fenómenos involucrados;
- Cotejar distintos textos, comparar definiciones, enunciados y explicaciones alternativas.
- Trabajar sobre las descripciones, explicaciones y argumentaciones, y fomentar su uso tanto en la expresión oral como escrita.
- Producir textos de ciencia escolar adecuados a diferentes propósitos comunicativos (justificar, argumentar, explicar, describir);
- Comunicar a diversos públicos (al grupo, a estudiantes más pequeños, a pares, a padres, a la comunidad, entre otros.) una misma información científica como forma de evitar el uso exclusivo del texto escolar.

Se plantea la necesidad de seleccionar y utilizar variedad de textos, revistas de divulgación científica o fuentes de información y disponer el tiempo y las estrategias necesarias para la enseñanza de las tareas vinculadas al tratamiento de la información científica.

Es importante tener en cuenta que las habilidades vinculadas con la comunicación *son parte del trabajo escolar en esta materia*, y por lo tanto deben ser explícitamente enseñadas generando oportunidades para su realización y evaluación.

Para que estas actividades puedan llevarse adelante el docente como organizador de la tarea deberá incluir prácticas variadas como las siguientes.

- Presentar los materiales o dar explicaciones antes de la lectura de un texto para favorecer la comprensión de los mismos, y trabajar con y sobre los textos de Física en cuanto a las dificultades específicas que éstos plantean (léxico abundante y preciso, estilo de texto informativo, modos de interpelación al lector, etcétera);
- Precisar los formatos posibles o requeridos para la presentación de informes de laboratorio, actividades de campo, visitas guiadas, descripciones, explicaciones, argumentaciones, planteo de hipótesis;
- Señalar y enseñar explícitamente las diferencias existentes entre las distintas funciones de un texto como: describir, explicar, definir, argumentar y justificar, al trabajar con textos tanto orales como escritos;
- Explicar y delimitar los requisitos que los estudiantes deberán cumplir en la presentación de las actividades que se lleven adelante, como búsquedas bibliográficas, presentación de pequeñas investigaciones (problema a investigar, formato del texto, citas o referencias

bibliográficas, extensión, ilustraciones, entre otras) o todo elemento textual o paratextual que se considere pertinente;

- Leer textos frente a los estudiantes, en diversas ocasiones y con distintos motivos, especialmente cuando los mismos presenten dificultades o posibiliten la aparición de controversias o contradicciones que deban ser aclaradas, debatidas o argumentadas.

El lenguaje propio de la Física

El discurso científico empleado en las clases de Física posee características, como las que se detallan a continuación, que lo hacen especialmente dificultoso para el acceso y comprensión de los estudiantes.

- Utiliza términos provenientes del lenguaje coloquial para denotar objetos o conceptos muy específicos. Si bien las formas discursivas, sintácticas y gramaticales son compartidas con las del lenguaje cotidiano, no todos los términos connotan del mismo modo. Por ejemplo, energía, calor, fuerza, masa, electricidad, materia, tienen un significado muy distinto en el aula de Física que en el uso cotidiano. La física no solamente usa términos corrientes para designar objetos propios de la disciplina, sino que además los incorpora en expresiones del tipo: "La energía de los electrones es menor que E_0 ", o " para $t > 2$ el cuerpo no se desplaza". Por esta razón uno de los propósitos de la enseñanza de la Física, consiste en aprender a utilizar de modo adecuado los términos en cada contexto. Es importante garantizar que los estudiantes tengan la oportunidad de construirlos, partiendo de sus propias formas de expresión hasta enfrentarse a la necesidad de precisar y consensuar los significados de los términos, para evitar que solo los memoricen y los repitan.
- Utiliza términos similares para describir niveles microscópicos y niveles macroscópicos. El discurso científico en Física presenta algunas especificidades porque utiliza distintos niveles de descripción, representación y formalización. Establecer la diferencia entre los diversos niveles de descripción macroscópico o atómico-molecular y utilizar para cada uno los términos que resulten adecuados es una tarea que debe abordarse a lo largo de toda la materia. En este año en el que se trabaja con ambos niveles de descripción de manera explícita, es imprescindible remitir al nivel correspondiente, resaltando cuáles son los términos que dan cuenta de los fenómenos en cada caso. Por ejemplo, al hablar de los procesos de intercambio y generación de energía, se deberá aclarar que los mismos se analizarán solo a nivel macroscópico, aunque los mecanismos que dan cuenta, por ejemplo, de las reacciones nucleares o de la conducción de la corriente implican el trabajo sobre modelos de lo microscópico. Otra confusión frecuente es decir que los electrones transportan la corriente, cuando, en realidad la corriente es el flujo de electrones. Estas diferencias, que pueden resultar menores para un físico o para un profesor, no son triviales para quien recién se inicia en el uso de estas expresiones.
- Por último, es necesario consignar que cada disciplina utiliza un conjunto de símbolos propios para describir en forma oral o escrita sus objetos. Por ejemplo cuando se dice, o se escribe en el pizarrón $\Delta E = Q$, no solo se establece una igualdad entre sus valores en el sentido matemático (ΔE vale lo mismo que Q), sino que esta expresión representa simbólicamente la abreviación de la frase: "en este proceso la variación de energía del sistema es igual al calor intercambiado".

La enseñanza de estos simbolismos, en consonancia con el enfoque establecido en los diseños de la educación secundaria, requiere *hacer evidentes las necesidades que llevaron a crearlos y las ventajas que derivan de ello, mostrar su lógica interna en lugar de transmitir un compilado de fórmulas a memorizar*¹¹. Es necesario establecer cómo, por qué, y para qué surgieron y cómo son utilizados estos "lenguajes particulares" cuyo aprendizaje como señala Lemke genera para los estudiantes, *dificultades análogas al aprendizaje de una lengua extranjera*¹².

Con estas propuestas se pretende que la producción científica pueda verse como una actividad humana en toda su complejidad. Actividad que se desarrolla en una comunidad de hombres y mujeres que hablan sobre temas específicos con un lenguaje propio con el que se expresan; muestran sus disensos y consensos. De este modo se hace posible la comprensión común de los fenómenos que se analizan y la construcción de los marcos teóricos y metodológicos que sirven como referencia.

Por lo tanto, se debe promover que los estudiantes incorporen gradualmente a su lenguaje coloquial respecto de la Física los elementos necesarios de este lenguaje particular, para comprender y comunicarse con otros acerca de fenómenos y procesos propios de esta materia.

Las fórmulas, los símbolos y las representaciones

Es fundamental ser claros al utilizar ecuaciones matemáticas y representaciones gráficas como esquemas, circuitos o gráficos cartesianos para que el estudiante pueda comprender qué es lo que significa cada expresión.

En el caso de una ecuación explicar en qué clase de fenómenos corresponde su aplicación, cuáles son las variables que intervienen, así como las reglas necesarias para obtener valores numéricos a partir del pasaje de términos. Estos contenidos, ya trabajados en matemática desde el aspecto formal, deben ser retomados y transferidos al ámbito de las aplicaciones en física. Esto significa que deben ser explícitamente enseñados y resignificados en las clases de física para vincularlos con los fenómenos a los que aluden.¹³ Del mismo modo, resulta necesario explicar cómo se traduce esa fórmula al ser utilizada para construir una tabla de valores o los gráficos correspondientes.

Estas representaciones forman parte de los lenguajes de la física y los estudiantes deben poder leerlas, interpretarlas y traducirlas correctamente con sus propias palabras. Una tarea de enseñanza consiste en poder *traducir* el significado de las representaciones en el ámbito de aplicación específico, sin descuidar por ello la precisión del lenguaje.

En este apartado es importante hacer un señalamiento respecto de la enseñanza de las fórmulas físicas y la nomenclatura, por un lado; y por otro lado respecto del uso de las ecuaciones matemáticas para expresar resultados o para predecir comportamientos de diversos sistemas.

En cuanto a la enseñanza de las fórmulas físicas y la nomenclatura, durante los tres primeros años de la escolaridad secundaria se introduce la lectura y escritura de fórmulas por parte de

¹¹ DGCyE, "Fisicoquímica" en *Diseño Curricular para la Educación Secundaria 2º año*. La Plata, DGCyE, 2007; DGCyE "Fisoquímica" en *Diseño Curricular para la Educación Secundaria 3º año*, 2009.

¹² Lemke, Jay L. Op. cit. (1997).

¹³ DGCyE, *Diseño curricular para la Educación Secundaria 3º año*. La Plata, DGCyE, 2008.

los estudiantes. En el 2º año se escriben fórmulas y ecuaciones físicas para iniciar a los estudiantes en la problemática de la representación propia de la física. En ese año es el docente quien está encargado de escribir y utilizar correctamente las ecuaciones, al señalar cuáles son las variables intervinientes, en tanto no se pretende que el estudiante las escriba o analice en forma autónoma. En 3º año, en cambio, se estableció como pertinente que el estudiante conozca y escriba las ecuaciones y comience a reconocer, con mayor autonomía, las variables de las que depende un determinado problema.

En lo referente a los sistemas de unidades, desde el punto de vista de la construcción de una ciencia escolar, se espera acercar a los estudiantes a la comprensión de los fenómenos y a las particulares formas de proceder en cada una de las ciencias con las que se trabaja. Por ello, *escapa a los fines de la escolaridad incluir muy variados sistemas de unidades, muchos de las cuales no son de uso corriente.*

Antes bien, lo que se pretende es introducir en el uso adecuado de las convenciones, al mostrar su lógica interna y su necesidad, asimismo hacer que reconozcan que la escritura propuesta de las ecuaciones no es la única, pero es la que se estudiará durante el curso.

En el caso de las expresiones matemáticas, es necesario destacar que, *en ningún caso se pretende que los estudiantes deduzcan las fórmulas de determinados procesos a partir de las otras ecuaciones, sino solo cuando ello sea necesario.* No es el objetivo del uso de las ecuaciones transformar a los estudiantes en sujetos algebraicamente diestros, ya que, con la asignación horaria que se dispone, esto iría en desmedro de la conceptualización y de la comprensión de la lógica de dicha ecuación. En cambio, sí es de esperar que una vez arribado a la expresión matemática el estudiante pueda paulatinamente:

- elegir un sistema de unidades homogéneo que permita operar adecuadamente;
- realizar las operaciones matemáticas que implica el cálculo, ya sea en forma manual o con calculadora;
- expresar el resultado con la cantidad de decimales que sean propios del problema, no copiando sin criterio un resultado de la calculadora y por último;
- dar una interpretación del resultado obtenido y expresar sus conclusiones en forma de oración.

Un nivel superior de comprensión del lenguaje simbólico de la Física implica el uso y la lectura de ecuaciones físicas, la interpretación de su significado, como relación entre variables o como abreviatura de un proceso. Este paso no es sencillo y no se considera indispensable que el estudiante pueda leer una ecuación y extraer multitud de implicancias de ella, aunque sí es de esperar que pueda predecir al menos el comportamiento de una variable en función de otra, pudiendo predecir si una variable dependiente crecerá o decrecerá al modificar alguna de las magnitudes de las que depende.

LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE FÍSICA

La resolución de problemas es reconocida como una parte fundamental de los procesos de la ciencia, y constituye una de las prácticas más extendidas. Como quehacer científico implica buscar respuestas a una situación a través de diversos caminos y además chequear que esa respuesta sea adecuada.

Al resolver un problema, el experto, el científico, recorre en forma bastante aproximada los pasos señalados por Polya.¹⁴

1. Identifica el problema y sus conexiones conceptuales.
2. Genera un plan de acción en la búsqueda de soluciones.
3. Obtiene resultados que interpreta.
4. Evalúa en qué medida estos resultados son coherentes con las concepciones científicas propias de ese ámbito.

En todo momento, el experto monitorea la marcha de las acciones que lleva a cabo. Avanza en un recorrido que no es lineal hacia la resolución del problema a partir de los datos. Va y vuelve desde los datos al marco teórico, hasta obtener resultados satisfactorios o verosímiles.

Se espera que los estudiantes, en colaboración con un docente experto en la materia y con sus pares, vayan recorriendo esos mismos pasos al enfrentar problemas de ciencia escolar. El docente deberá promover las acciones necesarias para que los estudiantes adquieran estas habilidades con creciente autonomía. En este sentido al trabajar con problemas el docente buscará:

- presentar situaciones reales o hipotéticas que impliquen verdaderos desafíos para los estudiantes, que admitan varias soluciones o alternativas de solución, en lugar de trabajar exclusivamente problemas cerrados con solución numérica única;
- promover la adquisición de procedimientos en relación con los métodos de trabajo propios de la Física;
- requerir el uso de estrategias para la resolución de estas situaciones y por lo tanto, la elaboración de un plan de acción en el que se revisen y cotejen los conceptos y procesos científicos involucrados, y no solo aquellos que presenten una estrategia inmediata de resolución (entendidos habitualmente como ejercicios);
- integrar variedad de estrategias (uso de instrumentos, recolección de datos experimentales, construcción de gráficos y esquemas, búsqueda de información de diversas fuentes, entre otras) y no plantear exclusivamente problemas que se resuelven con lápiz y papel.
- ampliar las posibilidades del problema no reduciéndolo a un tipo conocido;
- fomentar el debate de ideas y la confrontación de diversas posiciones en el trabajo grupal durante el proceso de resolución de las situaciones planteadas;
- hacer comprender que los procedimientos involucrados en la resolución de problemas son componentes fundamentales de la metodología científica en la búsqueda de respuestas a situaciones desconocidas.

Las cuestiones aquí planteadas exigen un trabajo de enseñanza muy distinto del que supone exponer un tema y enfrentar a los estudiantes a la resolución de ejercicios *tipo* con mayor o menor grado de dificultad. Es decir, *la resolución de ejercicios o el uso de algoritmos sencillos es un paso necesario aunque no suficiente para el logro de los desempeños planteados.*

El docente, como experto en cuestiones de Física - en sus métodos, sus conceptos, y en resolver problemas de la materia- es quien puede recrear un panorama conceptual y metodológico para facilitar el acceso de los estudiantes a este amplio campo de conocimientos. Sus acciones se encaminan a diseñar intervenciones y explicitaciones de su propio quehacer que propicien

¹⁴ Polya George, *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.

en los estudiantes el aprendizaje de conceptos y procedimientos, y la reflexión sobre su propio pensamiento en materia de problemáticas científicas.

Si bien el trabajo con problemas puede utilizarse en cualquiera de los núcleos de contenidos de Física de este año, se señalan a continuación algunos ejemplos en los cuales pueden plantearse ejercicios y algunos tipos de problemas más abiertos.

Problemas cerrados o ejercicios

Pueden plantearse en aquellos núcleos en los que el objetivo está ligado al aprendizaje del uso de fórmulas o ecuaciones matemáticas. En este año aparecen prioritariamente en las unidades que así lo permitan, por ejemplo intercambios de energía térmica, cálculos de trabajos y variaciones de energía interna, potencia eléctrica de distintos tipos de instalaciones. Al realizar este tipo de ejercitaciones, tendientes al aprendizaje o aplicación de un algoritmo, la secuencia debería comenzar por problemas en donde la cantidad de datos sea la estrictamente necesaria para obtener la respuesta y el procedimiento sea directo. Luego seguir con situaciones en las cuales existan más o menos datos de los necesarios, de modo que el estudiante deba decidir de qué manera seleccionar o buscar los datos pertinentes para la solución. Así, se seguirá avanzando hasta lograr que el estudiante maneje con soltura y cada vez con mayor autonomía los conceptos vinculados tanto como los algoritmos requeridos.

Es importante que el docente tenga en cuenta algunas cuestiones a la hora de trabajar con ejercicios.

- La complejidad del problema no debe estar centrada en los algoritmos matemáticos necesarios para la resolución, ya que esto conspira tanto para el aprendizaje de la técnica como para la interpretación de la respuesta.
- El rol del docente como experto debe ser el de presentar, según el caso, un modelo de resolución del ejercicio, pensar en voz alta y explicitar los pasos que va siguiendo a la hora de resolver el problema, pero a su vez intentar que los estudiantes puedan alcanzar una dinámica propia de resolución, evitando que solo consigan copiar al docente en los pasos seguidos.

Problemas abiertos

En general, cualquier investigación escolar puede pensarse como un ejemplo de resolución de problemas abiertos. Son variados los temas que pueden trabajarse como problemas abiertos en todos los ejes y núcleos de contenidos de la materia.

A continuación, se señalan algunos problemas abiertos (o semi-abiertos) adecuados a los contenidos de Física para este año.

Se desea construir un cubículo de pequeñas dimensiones que pueda mantener una temperatura constante a partir del encendido o apagado de una lámpara incandescente (incubadora).

Se desea llevar energía eléctrica desde una batería o enchufe hasta un artefacto que se encuentra a más de 20 metros. ¿Qué tipo de conexión debe hacerse (qué cables, de qué manera se los debe conectar) para garantizar el funcionamiento del aparato? ¿Dependerá esto de la potencia del aparato?

EL TRABAJO CON PROBLEMAS Y LAS INVESTIGACIONES ESCOLARES

Las investigaciones escolares se orientan a poner a los estudiantes frente a la posibilidad de trabajar de forma integrada los contenidos de la materia a partir de problemas, permitiendo aprender simultáneamente los marcos teóricos y los procedimientos específicos de estas ciencias.

Según las pautas que se ofrezcan a los estudiantes para el trabajo, las investigaciones pueden ser *dirigidas* (aquellas en las que el docente va indicando paso a paso las acciones a realizar por los estudiantes) o *abiertas* (aquellas en las que la totalidad del diseño y la ejecución de las tareas está a cargo de los estudiantes, bajo la supervisión del docente). Esta división depende de muchos factores que el docente debe considerar: el nivel de conocimiento de los estudiantes respecto de conceptos y procedimientos que deban utilizarse, la disponibilidad de tiempos, la forma en que se define el problema, la diversidad de métodos de solución, entre otros.

Como en todo aprendizaje, encarar investigaciones escolares implica una gradualidad, se comienza con trabajos más pautados hasta arribar a otros que impliquen un mayor grado de autonomía de los estudiantes, en la medida en que éstos adquieran las habilidades necesarias. Es conveniente destacar que, dado que este enfoque de enseñanza tiene una continuidad a lo largo de toda la Educación Secundaria, en este año los estudiantes deben tener incorporado cierto nivel de destrezas, tanto en el plano procedimental como en el conceptual, que facilita el trabajo con investigaciones.

Al realizar investigaciones con el fin de resolver un problema se ponen en juego mucho más que el aprendizaje de conceptos, por lo cual las investigaciones escolares no pueden reducirse a la realización de trabajos experimentales pautados, sino que deben implicar procesos intelectuales y de comunicación –cada uno explícitamente enseñado y trabajado por y con los estudiantes–.

Estas investigaciones escolares pueden realizarse desde el inicio mismo de la actividad, dando oportunidades a los estudiantes para aprender las técnicas, procedimientos, conceptos y actitudes que resulten pertinentes en cada situación en el curso mismo de la resolución del problema. Así entendidas las investigaciones escolares pueden llevarse a cabo en cualquier momento del desarrollo de una temática, ya que no es necesario que el estudiante haya “aprendido” los conceptos para que pueda investigar, puede empezar a intuirlos o conocerlos a partir de la investigación. Es decir que las investigaciones pueden ser el motivo a partir del cual los conceptos a trabajar surjan y aparezcan como necesarios en el contexto mismo de lo investigado.

A modo de síntesis se mencionan algunas fases del proceso de investigación escolar que permiten orientar el trabajo de los estudiantes.¹⁵

- *Fase de identificación del problema:* se discuten ideas para identificar la situación a resolver, conceptualizarla, formular las posibles hipótesis y clarificar las variables a investigar.
- *Fase de planificación de los pasos de la investigación:* se confeccionan los planes de trabajo y se cotejan con el grupo de pares y con el docente.

¹⁵ Caamaño, Aureli "Los trabajos prácticos en ciencias", en Caamaño Aureli, de Pro Antonio, Jiménez Aleixandre María Pilar, *Enseñar Ciencias*, Serie Didáctica de las ciencias experimentales (176). Barcelona, Grao, 2005.

- *Fase de realización*: se llevan a cabo los pasos planificados, realizando la búsqueda de información o la recolección de datos experimentales.
- *Fase de interpretación y evaluación*: se valoran, interpretan y comparan los datos relevados con los de otros grupos y con otras fuentes hasta establecer su validez.
- *Fase de comunicación*: se redactan informes o se expresan las conclusiones en forma oral al grupo o a la clase, propiciando los debates sobre los resultados o planteando nuevas investigaciones asociadas para profundizar la problemática trabajada. Se pueden utilizar diversos formatos en la comunicación de las investigaciones como afiches, láminas, gráficos, tablas, demostraciones de cálculos, para no agotar el recurso de los informes.

Es necesario recalcar que una tarea importante a cargo del docente es guiar a los estudiantes por un camino que les permita comprender la lógica y la cultura propia del quehacer científico. De este modo, pensar una investigación escolar en el marco de la resolución de un problema tiene como finalidad hacer evidente a los estudiantes la forma en que se plantean las investigaciones en el ámbito científico. Siempre hay alguna situación que no está del todo resuelta, o en la que lo conocido hasta el momento resulta insatisfactorio, para que se constituya en un problema. Resulta preciso insistir en la realización de planes de acción, discutirlos con los grupos de estudiantes, dar orientaciones específicas o sugerencias cuando sea necesario, así como disponer los medios adecuados para la realización de las investigaciones, coordinar los debates o plenarios para hacer circular y distribuir entre los estudiantes los resultados y conclusiones alcanzados.

Asimismo, se deben considerar los tiempos que requieren las investigaciones escolares. Es preciso planificar el tiempo y generar las oportunidades necesarias para los aprendizajes que deben realizarse, ya que, junto con la obtención de información y datos, se están poniendo en juego destrezas y habilidades de diverso orden que hacen a la comprensión del modo de hacer ciencias. Seguramente la extensión variará de acuerdo con los diversos contextos, la disponibilidad de información, la profundidad de la cuestión planteada, el interés que despierte en los estudiantes, entre otros factores; pero es necesario establecer que una investigación escolar requiere, como mínimo, de tres clases en las que puedan realizarse las fases de identificación y planificación, la de realización y finalmente la de comunicación.

Realizar una investigación escolar no implica necesariamente el uso del laboratorio o de técnicas experimentales sofisticadas. Muchas y muy buenas investigaciones escolares pueden realizarse mediante búsquedas bibliográficas o por contrastación con experiencias sencillas desde el punto de vista técnico, cuya realización puede llevarse a cabo en el aula o en los hogares. Las instancias de investigación escolar también constituyen buenas oportunidades para analizar casos de experimentos históricos que aportan datos valiosos acerca de la construcción de determinados conceptos y del recorrido que llevó a los modelos actualmente aceptados.

En particular en este año hay muchos contenidos que pueden trabajarse o profundizarse mediante trabajos de investigación bibliográfica, como los vinculados con la *degradación de la energía*, o con la *historia de la noción de energía*.

También es posible y deseable que sobre estos contenidos se hagan debates o sesiones de preguntas a expertos, o bien visitas, para conocer respecto del trabajo con materiales radiactivos, el uso de la radiación en la cura de enfermedades y los cuidados que deben tener los enfermeros para conocer cómo es el trabajo y cuáles son las medidas de seguridad que toman quienes

trabajan con estos materiales; o la discusión con paneles de expertos de diversas procedencias sobre los peligros y posibilidades de la utilización de *energía nuclear*. Además, se puede buscar abundante información en los medios de comunicación, las organizaciones ecologistas e Internet, para ampliar la mirada sobre este contenido.

De acuerdo con lo planteado, las actividades de investigación propuestas en las clases de Física deben estar orientadas de modo que los estudiantes aprendan a:

- elaborar planes de acción para solucionar problemas o preguntas planteadas;
- elaborar las hipótesis que puedan ser contrastadas por vía de la experiencia o de la búsqueda de información;
- diseñar experiencias o nuevas preguntas para corroborar o refutar las hipótesis;
- realizar experiencias sencillas;
- utilizar registros y anotaciones;
- manejar los datos relevados para inferir u obtener conclusiones posteriores;
- encontrar alternativas de solución ante los problemas presentados que sean coherentes con los conocimientos físicos;
- construir y reconstruir modelos descriptivos o explicativos de fenómenos o procesos;
- comunicar la información obtenida en los formatos pertinentes (gráficos, esquemas, ejes cartesianos, informes, entre otras);
- trabajar en colaboración con otros estudiantes para la resolución de la tarea, al aceptar los aportes de todos y descartar aquellos que no sean pertinentes tras la debida argumentación.

Y, para ello, los docentes deberán:

- plantear problemas de la vida cotidiana y/o de situaciones hipotéticas que involucren los contenidos a enseñar;
- elaborar preguntas que permitan ampliar o reformular los conocimientos;
- orientar en la formulación de los diseños o hipótesis de trabajo de los grupos;
- explicar el funcionamiento del instrumental de laboratorio o de técnicas en los casos en que deban usarse al resolver el problema;
- plantear conflictos y contradicciones entre las ideas intuitivas o incompletas de los estudiantes y los conceptos o procedimientos a aprender;
- promover el interés por encontrar soluciones a problemas o preguntas que surjan de los estudiantes, a partir de los contenidos trabajados;
- estimular la profundización de los conceptos necesarios y precisos para responder a las preguntas o problemas formulados, para que el proceso de aprendizaje esté en consonancia con las prácticas de la actividad científica;
- orientar hacia la sistematización de la información, datos o evidencias que avalen o refuten las hipótesis planteadas por los estudiantes.

En esta materia puede proponerse la realización de investigaciones escolares en relación con prácticamente todos los contenidos planteados para este año. Las preguntas a formular deben tener en cuenta los contenidos, tanto en lo relacionado con los conceptos como con los procedimientos a enseñar.

Las investigaciones escolares que se realicen deben presentarse a partir de problemas o preguntas, para ser profundizados con ayuda bibliográfica o mediante trabajos experimentales

de posible realización. En este sentido, es posible trabajar ampliamente con situaciones que promuevan investigaciones escolares en las que, además de las búsquedas bibliográficas, se trabaje con experiencias en las que se utilicen aparatos y/o técnicas sencillas como en los casos que se presentan a continuación.

¿Cómo puede construirse una cocina solar? ¿qué cantidad de alimento será posible cocinar en ella y en cuánto tiempo?

¿Cómo funcionan las pilas recargables? ¿Qué cantidad de recargas admiten? ¿Qué debe hacerse una vez que se las deshecha?

¿Cuáles son los procesos primordiales de energía que existen en un auto mientras está en marcha, pero estacionado? ¿Y cuándo se mueve?

¿Cómo es la distribución de energía eléctrica en la provincia de Buenos Aires? ¿Qué tipo de centrales existen? ¿Es suficiente? ¿Existe un plan provincial para extender la red eléctrica?

La utilización de modelos

Los modelos son formas específicas de la actividad científica y su uso y construcción deben ser enseñados. Aunque es necesario revisar su utilización en las aulas. Una de las confusiones más frecuentes en la enseñanza de la Física consiste en homologar la enseñanza de la disciplina a la enseñanza de modelos científicos aceptados. Si se recorta de su necesaria interacción con el fenómeno, el "modelo" se vuelve carente de sentido y como objeto de enseñanza es poco asible y significativo. Al dejar de lado el problema que el modelo procura resolver, éste se transforma solo en un esquema estático y no representa ninguna realidad. Múltiples son los ejemplos de modelos que se han transformado en verdaderos objetos de enseñanza, tales como el modelo atómico, la cinemática del punto, el modelo de las pilas sin resistencia interna, entre otros. Todos ellos son ejemplos de construcciones que resultaron funcionales para la ciencia, pero que al aislarse de su contexto se han vaciado de contenido y se han vuelto objetos abstractos de enseñanza, sin contacto explícito con los fenómenos a los que remiten.

Debido a ello, al trabajar con modelos se deberá hacer explícito cuál es la finalidad de su construcción, a qué pregunta o problema responde dicha modelización (por ejemplo el modelo estelar mencionado en el núcleo "La energía en el universo físico" o un modelo de proceso para un intercambio de energía dado), qué aspectos toma en cuenta y cuáles omite, en qué sentido está en correspondencia con la evidencia experimental disponible y en qué medida es una construcción idealizada de los fenómenos que pretende explicar. Es decir, trabajar con el modelo implica analizar sus bases y las consecuencias que de él se desprenden, de modo tal que pueda ser interpretado y utilizado en la explicación de determinado fenómeno, en lugar de ser memorizado sin comprender su contenido.

Es necesario tener presente que los estudiantes tienen representaciones y discursos previos que han construido en etapas anteriores acerca de cómo suceden los fenómenos naturales¹⁶. Estas representaciones son conjuntos de ideas entrelazadas que sirven para dar cuenta de fenómenos o de situaciones muy amplias como la transmisión de la corriente en un cable, el movimiento de los objetos, o los intercambios de energía.

¹⁶ Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.

Conocer estas representaciones es más que reconocer si los términos empleados por los estudiantes son los más apropiados desde el punto de vista científico. Se trata de entender cuál es la lógica interna que se juega en estos modelos, dado que ellos serán la base de los futuros aprendizajes. El proceso de indagación de estas representaciones debe promover condiciones para que las mismas se hagan explícitas.

Para indagar estas ideas, representaciones o modelos previos, es necesario evitar preguntas que evalúen exclusivamente un contenido escolar previo como: ¿en qué unidades se expresa la potencia? o ¿cómo se llaman las partículas portadoras de carga negativa? Por el contrario, se deben apelar a interrogantes del estilo: ¿qué tipo de transformaciones energéticas ocurren durante el arranque y frenado de un auto?; ¿por qué se usan ollas de hierro para cocinar y qué ventajas tienen?; ¿qué sucede con una madera cuando arde o se quema? o ¿por qué los hornos tienen ventanas de vidrio grueso?

Cualquier nueva representación implicada en los modelos de ciencia escolar que se pretenda enseñar se construirá a partir del modo en que los estudiantes puedan darle significado desde de sus representaciones anteriores. Es desde esos significados que las ideas se comunican y se negocian para acordar una comprensión compartida. Este carácter de negociación compartida, implica que siempre está sujeta a revisión y que, por lo tanto, toda comprensión de un fenómeno –tal como ocurre con las teorías científicas– será por definición, provisoria.

Por lo expuesto, una de las tareas del docente consistirá en indagar acerca de las representaciones de los estudiantes, sus inconsistencias, las variables que no han tenido en cuenta en su explicación, las imprecisiones, para explicitarlas y hacer evidentes las contradicciones o las faltas. Es tarea del docente tender un puente entre el conocimiento previo de los estudiantes, sus interpretaciones idiosincrásicas y las representaciones específicas del modelo de ciencia escolar que se pretende enseñar. Por lo tanto, conocer esas construcciones previas es un requisito fundamental para encarar la tarea futura.

En este sentido, las analogías pueden resultar herramientas apropiadas para esta mediación en el tránsito hacia el uso de modelos simbólicos y/o matemáticos propios de la ciencia escolar.

Con relación al trabajo con modelos simbólico/matemáticos, será importante tener en cuenta dos cuestiones:

- la abstracción de este tipo de modelos conlleva toda una serie de dificultades provenientes del uso de un nuevo lenguaje;
- dado que estos modelos no surgen como producciones del aula, sino que son "transpuestos" a partir de modelos científicos, el trabajo del docente en este caso implica recorrer la variedad de usos que tiene desde el punto de vista funcional (relación entre variables) y desde la predicción (cálculo de nuevos valores por modificación del valor de alguna variable).

Las orientaciones didácticas desarrolladas en este apartado tienen por objeto hacer evidente el tipo de trabajo que debe realizarse en las aulas conforme al enfoque establecido para la educación en ciencias a lo largo de toda la Educación Secundaria. El mismo está en consonancia con los modos propios de este campo de conocimiento y su didáctica, con los contenidos propuestos y con las concepciones más actualizadas de la ciencia. La elección de las estrategias

que mejor se adapten a las características del grupo, sus conocimientos previos, los contenidos a tratar y los objetivos propuestos, es una tarea del docente. No obstante, es necesario resaltar que los tres puntos trabajados: hablar, leer y escribir en las clases de Física, trabajar con problemas y utilizar modelos, son centrales a la hora de construir conocimientos en esta materia e indispensables para la formación del estudiante en este campo de conocimientos, de acuerdo a los propósitos establecidos: la formación ciudadana a partir de las ciencias, la preparación para el mundo del trabajo y la continuidad de los estudios.

ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN

En este Diseño Curricular se entiende por evaluación un entramado de aspectos y acciones mucho más amplio que la sola decisión sobre la acreditación o no de las materias por parte de los estudiantes.

La evaluación hace referencia a un conjunto de acciones continuas y sostenidas durante el desarrollo del proceso que permiten obtener información y dar cuenta de cómo se desarrollan los aprendizajes de los estudiantes, tanto como los procesos de enseñanza (en relación con la posibilidad de ajustar en la propia práctica los errores o aciertos de la secuencia didáctica propuesta).

Al evaluar se busca información de muy diversa índole, como conocer las ideas que los estudiantes han construido con anterioridad, en otros casos conocer la marcha de una modelización o corroborar el aprendizaje de ciertos procedimientos.

En la evaluación, los contenidos no están desligados de las acciones o procedimientos a los cuales se aplican o transfieren. Por lo tanto, la evaluación de los conceptos debe ser tan importante como la de los procedimientos. Esto implica revisar los criterios y los instrumentos utilizados en relación a los aprendizajes de los estudiantes, así como los relativos a la evaluación de la propia planificación del docente. Por ejemplo, al evaluar de qué manera están comprendiendo los conceptos acerca de los intercambios de energía térmica, será tan importante saber si distinguen verbalmente unos de otros, como el hecho de poder usar su calculadora para obtener un resultado numérico acerca de la energía intercambiada en determinado proceso. Privilegiar un tipo de acción sobre el otro le restaría utilidad a la evaluación.

Es posible reconocer tres dimensiones para la evaluación. Por un lado, establecer cuáles son los saberes que los estudiantes ya han incorporado previamente, tanto en su escolaridad anterior como en su experiencia no escolar. Por otro, conocer qué están aprendiendo los estudiantes en este recorrido y, por último, conocer en qué medida las situaciones didácticas dispuestas posibilitaron –u obstaculizaron– los aprendizajes. En ese sentido, tanto la evaluación de las situaciones didácticas como la evaluación de los aprendizajes de los estudiantes forman parte de los procesos de enseñanza y deben ser planificadas como parte integrante de éstos. En tal sentido, la evaluación debe ser considerada en el mismo momento en que se establece lo que debe enseñarse y lo que se espera que aprendan los estudiantes.

RELACIONES ENTRE ACTIVIDADES EXPERIMENTALES Y EVALUACIÓN

A partir de los contenidos de Física presentados para este año, es posible organizar actividades que son especialmente formativas como las *salidas de campo* y los *trabajos experimentales*, que pueden requerir o no de un laboratorio. En ambos tipos de actividades es indispensable no solo la identificación de objetivos claros –tanto para el docente como para el estudiante– sino también la explicitación de lo que el estudiante debe hacer en ellas. Por ejemplo, se puede hacer una salida a una industria cercana para analizar los tipos de energía que utiliza y de qué manera lo hace; o se pueden hacer mediciones acerca del tiempo de enfriamiento de un objeto en función de su temperatura.

Al evaluar tales actividades es necesario discriminar las distintas habilidades puestas en juego. De acuerdo con lo propuesto en las guías podrían evaluarse:

- la comprensión y seguimiento de las instrucciones presentes en la guía;
- el manejo del material necesario;
- la capacidad o habilidad para efectuar observaciones y/o registros;
- la interpretación de los datos y la elaboración de conclusiones;
- la presentación de la información.

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Es necesario que los criterios de evaluación sean previamente conocidos, explicitados y compartidos con la comunidad educativa, los estudiantes, los colegas, los padres y los directivos. Esta formulación busca que los estudiantes aprendan determinados contenidos y que sean capaces de identificar en qué medida los han alcanzado o en qué etapa del proceso se encuentran para alcanzarlos.

Es entonces un gran desafío a la hora de pensar en la evaluación construir no solo los instrumentos, sino fundamentalmente los criterios que permitan obtener información válida y confiable para el mejoramiento de los procesos de enseñanza y aprendizaje, así como de las condiciones en que se producen.

A continuación, se presentan algunos criterios de evaluación que, si bien no pretenden agotar la totalidad de los contenidos propuestos en este Diseño Curricular, dan líneas amplias respecto de cómo se podrían enunciar y trabajar. Los ejemplos se desarrollan a partir de algunos de los objetivos propuestos en los núcleos de contenidos.

- *En el núcleo de contenidos relativo a los intercambios de energía térmica:* dar cuenta de fenómenos o diseñar experiencias que permitan controlar la cantidad de energía térmica intercambiada por un objeto.
- Para evaluar en qué grado los estudiantes han podido cumplir con este objetivo, o arribar a este punto, algunos criterios podrían ser:
 - conocer los mecanismos de intercambio de calor y saber de qué variables dependen;
 - expresar con palabras las hipótesis de partida y la manera en que serán puestas a prueba;
 - secuenciar las acciones a realizar y fundamentar el orden elegido;
 - relacionar las cantidades y los objetos de la experiencia con las magnitudes que se presentan en las ecuaciones;
 - ser capaz de llevar adelante mediciones en forma autónoma o con ayuda;
 - volcar adecuadamente los datos medidos en una tabla de doble entrada y graficarlos;
 - predecir las posibles fuentes de error en la experiencia llevada a cabo y señalar cómo mejorarla;
 - redactar un informe de los resultados, extraer conclusiones y analizar las posibles causas de error.
- *En el núcleo de contenidos sobre la energía en el mundo físico:* realizar una investigación acerca de las centrales nucleares en Argentina, sus características y usos.
- Para evaluar en qué grado los estudiantes han podido cumplir con este objetivo, o arribar a este punto, algunos criterios podrían ser:

- ser capaz de formularse preguntas, en forma individual o grupal, que puedan luego ser investigadas;
- conocer la diferencia entre reacción nuclear y radiactividad;
- conocer fuentes de donde obtener información;
- formular preguntas acerca de la investigación para luego buscar las respuestas en bibliografía o mediante preguntas a expertos;
- recolectar información en forma adecuada y organizada;
- organizar la información de acuerdo a diversas categorías;
- reconocer la información principal de la secundaria;
- vincular la información obtenida de diversas fuentes con los contenidos del eje que se está trabajando;
- redactar en forma individual o grupal un informe escrito;
- utilizar diversas formas para presentar la información;
- extraer conclusiones acerca de la información relevada;
- evaluar su producción y el funcionamiento de su grupo en la tarea, señalando logros y obstáculos.

Instrumentos de evaluación

Cada actividad puesta en juego en las aulas informa acerca del avance y de los obstáculos de los procesos de enseñanza y de aprendizaje en su conjunto, por lo cual es importante disponer de elementos para evaluar esta información cotidiana.

Los distintos instrumentos de evaluación informan parcialmente acerca de lo aprendido por los estudiantes. En este sentido es importante variar los instrumentos para no obtener una información fragmentada. *La evaluación no puede centrarse exclusivamente en una detección acerca de cómo el estudiante "recuerda" determinados contenidos, ni en su capacidad para realizar cálculos a partir de fórmulas, sino que debe integrar –en su forma y en su concepción– los conceptos con las acciones en las que estos conceptos se ponen en juego.*

Aunque muchas veces los estudiantes se adaptan rápidamente a un estilo o tipo de evaluación –como la prueba escrita en la que se requiere aplicación automática de algoritmos, o el examen oral en donde se evalúa casi exclusivamente la memoria– y de esta manera sus aprendizajes se dirigen hacia el desarrollo de las destrezas que les permiten resolver exitosamente dichos tipos de evaluación, más que al aprendizaje de los contenidos.

Un único instrumento no resulta suficiente a lo largo de un año para evaluar los distintos niveles de comprensión, además es fundamental sostener una coherencia entre la propuesta de enseñanza y la propuesta de evaluación.

En este sentido, el Diseño Curricular establece modos de enseñar y de trabajar en el aula de Física. Los contenidos han de trabajarse de manera integrada, construyendo los conceptos de la mano de los procedimientos y en el marco de los modelos que los incluyen. De modo que también resulta esencial evaluar integradamente estos aspectos, evitando separar artificialmente la evaluación de los conceptos, los modelos y los procedimientos. Por ello, es necesario diversificar los tipos de evaluaciones, para que los estudiantes experimenten una gama de instrumentos diferentes y para que puedan poner a prueba sus aprendizajes en distintos formatos y en variadas circunstancias.

Evaluación de conceptos y procedimientos

Al diseñar actividades de evaluación de conceptos y de procedimientos para los problemas, sean éstos cerrados o abiertos, es necesario tener en cuenta ciertos indicadores. A continuación se enumeran algunos.

- Para los conceptos:
 - *el conocimiento de hechos o datos*: como las unidades de energía, la ley de Fourier o de Newton, la equivalencia entre calorías y Joule, el proceso de producción de energía en una estrella, entre otros;
 - *la definición y/o reconocimiento de definiciones*: por ejemplo, qué es la conductividad térmica, la noción de energía interna, o de trabajo, etc.;
 - *la ejemplificación y exposición de conceptos*;
 - *la transferencia de conceptos*: si más allá de conocer hechos o datos, de precisar y/o reconocer definiciones, de ejemplificar y de exponer conceptos, son capaces de aplicarlos a nuevas situaciones.
- Para los procedimientos:
 - *El conocimiento del procedimiento*: determinar si el estudiante conoce las acciones que componen el procedimiento y el orden en que deben abordarse. Por ejemplo, cómo se procede al escribir una fórmula física, cómo se balancea una ecuación, cómo se mide una temperatura o una masa o cómo se calcula la cantidad de calor cedida o absorbida por un sistema.
 - *La utilización del procedimiento en una situación determinada*: constatar si una vez conocido el procedimiento se logra aplicar correctamente. Por ejemplo, cómo construir un calorímetro con material de uso cotidiano, el cálculo de la diferencia de temperatura que se produce en un sistema por intercambio de calor, entre otros.
 - *La generalización del procedimiento a otras situaciones*: comprobar en qué medida el procedimiento se ha interiorizado y es capaz de extrapolarse a problemas análogos asociados a otras temáticas. Por ejemplo, ¿cómo se podría estimar si un lago o un río fueron afectados por el fenómeno de lluvia ácida?, ¿qué situaciones darían indicios de la ocurrencia de este fenómeno?, ¿podría determinarse con cierto grado de certeza?, en caso de ser afirmativa la respuesta, ¿de qué modo?
 - *La selección del procedimiento adecuado que debe usarse en una situación determinada*: una vez aprendidos varios procedimientos, interesa conocer si los estudiantes son capaces de utilizar el más adecuado a la situación que se presenta. Por ejemplo, ¿es conveniente usar un gráfico cartesiano para representar estos datos?, ¿se puede aislar térmicamente una habitación de la misma manera que se hace para un calorímetro?

Cabe aclarar que la comprensión conceptual supone una intervención pedagógica docente de mayor complejidad que la supuesta para evaluar el recuerdo de hechos y datos; ya que remite al desafío de diseñar diversidad de instrumentos que promuevan la utilización de los conocimientos en distintas situaciones o contextos. Por su parte, la evaluación de procedimientos requiere de un seguimiento continuo que promueva instancias de reflexión sobre los pasos o fases involucradas en los procesos de aprendizaje.

Autoevaluación, co-evaluación y evaluación mutua

El contexto de evaluación debe favorecer en los estudiantes una creciente autonomía en la toma de decisiones y en la regulación de sus aprendizajes, al auspiciar el pasaje desde un lugar

de heteronomía –donde es el docente quien propone las actividades, los eventuales caminos de resolución y las evaluaciones, y el estudiante es quien las realiza– hacia un lugar de mayor autonomía –donde el estudiante pueda plantearse problemas, seleccionar sus propias estrategias de resolución, planificar el curso de sus acciones, administrar su tiempo y realizar evaluaciones parciales de sus propios procesos, reconociendo logros y dificultades–.

En este sentido, y en consonancia con la propuesta del Diseño Curricular, la evaluación constituye un punto central en la dinámica del aprendizaje por varias razones.

En primer lugar porque el trabajo de construcción de conocimiento –tal como es entendido en esta propuesta– es un trabajo colectivo, en la medida en que todos participan individual y grupalmente de la construcción de modelos explicativos, del diseño e implementación de las investigaciones, de las argumentaciones y de las actividades generales de aprendizaje que se propongan.

Por lo tanto, es menester que la evaluación incluya este aspecto social, dando oportunidades a los estudiantes para hacer también evaluaciones –tanto del propio desempeño como del de sus compañeros–. Esta responsabilidad de evaluar desempeños, implica, asimismo, un segundo aspecto vinculado con la democratización de las relaciones en el aula y el aprendizaje de las ciencias, para los cuales una evaluación debe estar fundamentada en criterios explícitos y no en cuestiones de índole personal –simpatía o antipatía por un compañero o un argumento–. De modo que es fundamental enseñar a evaluar la marcha de un proyecto o el desempeño dentro de un grupo, estableciendo conjuntamente, con la ayuda del docente, cuáles serán los criterios con que es conveniente juzgar la pertinencia de cierto argumento o el cumplimiento de las normas para el trabajo experimental.

En segundo lugar, la posibilidad de reflexionar sobre la evolución de los aprendizajes, a partir de criterios que fueron explicitados y compartidos, ayuda a repensar los aspectos teóricos o procedimentales que no han quedado lo suficientemente claros, así como a plantear caminos de solución. Para favorecer este proceso tendiente a la autorregulación de los aprendizajes es preciso incluir otras estrategias de evaluación que no pretenden sustituir, sino complementar los instrumentos “clásicos”.

Se proponen las siguientes alternativas

- La *evaluación entre pares o evaluación mutua*, en donde el estudiante comparte con sus pares los criterios de evaluación construidos con el docente, y en función de ellos, puede hacer señalamientos sobre los aspectos positivos o a mejorar –tanto del desempeño individual como del grupal–, en relación con la tarea establecida. Este tipo de evaluación, que debe ser supervisada por el docente, puede aportar información acerca de la capacidad de los estudiantes para argumentar y sostener criterios frente a otros.
- La *co-evaluación*, entendida como una guía que el docente brinda a sus estudiantes durante la realización de una tarea, donde se indica no solamente la corrección o incorrección de lo realizado, sino que se proponen preguntas o comentarios que orientan a los estudiantes hacia el control de sus aprendizajes, llevándolos a contrastar los objetivos de la actividad con los resultados obtenidos hasta el momento, tendiendo siempre hacia la autorregulación.
- La *auto-evaluación* supone la necesidad de contar con abundante información respecto a la valoración que el estudiante es capaz de hacer de sí mismo y de las tareas que realiza. La auto-evaluación no consiste, como se ha practicado muchas veces, en hacer que el estudiante corrija su prueba escrita siguiendo los criterios aportados por el docente, sino que es un proceso en el cual el estudiante puede gradualmente lograr la *anticipación* y la *planificación* de sus acciones y la *apropiación* de los criterios de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

DISCIPLINAR

- Alonso, Marcelo, y Finn, Edward, *Física. Campos y ondas*. México, Fondo Educativo Interamericano, 1970.
- Aristegui Rosana A., Baredes, Carla F. y otros, *Física I y Física II*. Buenos Aires, Santillana, 2002.
- DGCyE, Diseño Curricular para la Educación Secundaria 3º año. La Plata, DGCyE, 2009.
- — —, Diseño Curricular para la Educación Secundaria 2º año. Ciencias Naturales. La Plata, DGCyE, 2007.
- — —, Diseño Curricular para la Educación Secundaria 1º año. La Plata, DGCyE, 2006.
- Giancoli, Douglas, *Física. Principios y aplicaciones*. Barcelona: Reverté, 1985.
- Kane, Joseph W. Morton M. Sternheim. W., *Física*. Buenos Aires. Reverté. 1998.
- Jou, David.; Llebot, Joseph Enric y Pérez G.C., *Física para ciencias de la vida*. Buenos Aires, McGraw-Hill, 1999.
- Halliday, David, y Resnick, Richard, *Fundamentos de Física*. México/Barcelona, CECSA, 1978.
- Hewitt, Paul, *Física conceptual*. Addison Wesley, Iberoamericana, 1995.
- Holton, Greg, *Introducción a los conceptos y teorías de las Ciencias Físicas*. Barcelona: Reverté, 1988.
- Polya George, *Cómo plantear y resolver problemas*. México, Trillas, 1987.
- PSSC., *Física* (3º ed., volumen I y II). Barcelona, Reverté, 1975.
- Rela Agustín y Sztrajman Jorge, *Física I*. Buenos Aires, Aique, 2001.
- — —, *Física II*. Buenos Aires, Aique, 2001.
- Tipler, Paul, *Física* (vol I y II). Barcelona, Reverté, 1978.

HISTORIA Y FILOSOFÍA DE LA CIENCIA

- Aduriz Bravo, Agustín, *Una introducción a la naturaleza de la ciencia. La epistemología en la enseñanza de las ciencias naturales*. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica, 2005.
- Asimov, Isaac, *Breve historia de la Física*. Madrid, Alianza, 1975.
- Chalmers, Alan, *¿Qué es esa cosa llamada Ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la Ciencia y sus métodos*. Madrid, Siglo XXI, 1982.
- Fourez, George, *Alfabetización científica y tecnológica*. Colihue, 1998.
- Kuhn, Thomas Samuel, *La estructura de las revoluciones científicas*. Madrid, Breviarios, Fondo de Cultura Económica, 1975.

DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES

- Astolfi, Jean. Pierre, *Conceptos clave en la didáctica de las disciplinas*. Sevilla. Díada, 2001.
- Caamaño, Aureli "Los trabajos prácticos en ciencias", en Caamaño Aureli, de Pro Antonio, Jiménez Aleixandre María Pilar, *Enseñar Ciencias*, Serie Didáctica de las ciencias experimentales (176). Barcelona, Grao, 2005.
- Cañal, Pedro, *Investigación escolar y estrategias de enseñanza por investigación*, Investigación en la escuela, Díada, Sevilla, 1999 (38).
- Ceretti, Horacio, *Experimentos en contexto: Física. Manual de laboratorio*. Buenos Aires, Prentice Hall, 2000.
- Del Carmen, Luis y otros, *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*, ICE Horsori, 1999.

- Driver, Rosalind, *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid, MEC/Morata, 1989.
- García, Juan E. y García, Francisco, *Aprender investigando*, Sevilla, Diada, 1989.
- Gil, Daniel y otros, *La enseñanza de las Ciencias en la Educación Secundaria*, Barcelona, ICE de la Universidad de Barcelona/Horsori, 1991.
- Gil, Daniel "Tres paradigmas básicos en la Enseñanza de las Ciencias" en *Enseñanza de las Ciencias* 1, 1983.
- Gil Pérez, Daniel; Vilches, Amparo, *Educación, ciudadanía y alfabetización científica: mitos y realidades*, en Revista Iberoamericana de Educación, OEI, N° 42. Valencia, 2006.
- Giordan, Andre, *La enseñanza de las Ciencias*. Madrid. Siglo XXI, 1982.
- Hodson, Dereck, "In search of a meaningful Relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education", en *International Journal of science education*, n° 14, 1992.
- Jiménez Aleixandre, María Pilar (coord.), Caamaño, A., Oñorbe, A., Pedrinaci, E. y De Pro, A., *Enseñar Ciencias*. Barcelona, Graó, 2003.
- Jorba, Jaume y Prat, Ángel, *Hablar y escribir para aprender*. Barcelona, Universidad Autónoma de Barcelona, Síntesis, 1998.
- Kaufman, Miriam y Fumagalli, Laura, *Enseñar Ciencias Naturales. Reflexiones y propuestas didácticas*. Buenos Aires, Paidós, 1999.
- Marco, Berta. *Alfabetización científica: un puente entre la ciencia escolar y las fronteras científicas*. Cultura y educación, Vol. 16, N° 3, 2004.
- Marco, Berta y otros, *La enseñanza de las Ciencias Experimentales*. Madrid, Narcea, 1987.
- Marco, Berta y otros., "Elementos didácticos para el aprendizaje de las Ciencias Naturales" en *Educación Abierta*, N° 17, ICE, Universidad de Zaragoza, 1987.
- Minnick. Santa y otros, *Una didáctica de las Ciencias. Procesos y aplicaciones*. Buenos Aires, Aique, 1994.
- Nuevo Manual de la UNESCO para la enseñanza de las Ciencias*. Buenos Aires, Sudamericana, 1997.
- Perales Palacios, Javier y Cañal De León, Pedro, *Didáctica de las ciencias experimentales*. Buenos Aires, Marfil, 2000.
- Porlan, Raúl y Cañal, Pedro (comp.), *Constructivismo y Enseñanza de las Ciencias*. Sevilla, Diada, 1988.
- Pozo, Juan Ignacio, *Aprendizaje de la Ciencia y pensamiento causal*. Madrid, Visor, 1987.
- Pozo, Juan Ignacio y Gómez Crespo, Miguel Ángel, *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid, Morata, 2000.
- Sardá Jorge, Anna y Sanmartí Puig, Neus, "Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de ciencias", en *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, UAB, 2000.
- Shayer, Michael y otros, *La Ciencia de enseñar Ciencias*. Madrid, Narcea, 1984.
- Torp, Linda y Sage, Sara, *El aprendizaje basado en problemas*. Buenos Aires, Amorrortu, 1998.

RECURSOS EN INTERNET

<http://www.abc.gov.ar>

Sitio institucional de la Dirección General de Cultura y Educación de la Provincia de Buenos Aires. En este portal educativo se encuentran publicados los Diseños Curriculares de Ciencias Naturales (ES1) y Físicoquímica (ES2 y ES3) que contienen orientaciones didácticas para el docente.

http://www.educaciencias.gov.ar/2008/04/proyecto_de_alfabetizacin_cien.php

Página del Ministerio de Educación de la Nación sobre Alfabetización Científica. Contiene múltiples actividades y planificaciones de posibles intervenciones docentes, así como experiencias sencillas de aula. Es muy interesante y se encuentra en consonancia con la propuesta del presente Diseño Curricular.

<http://www.nuevaalejandria.com/archivos-curriculares/ciencias>

Esta página "Archivos Curriculares de Ciencias de la Naturaleza" tiene propuestas experimentales, curiosidades, datos históricos, planteo de situaciones problemáticas y, también, información científica actualizada para la enseñanza de la Física.

<http://www.ciencianet.com>

Este sitio presenta planteo de situaciones problemáticas para la enseñanza de las Ciencias Naturales, propuestas experimentales, curiosidades y datos históricos.

<http://intercentres.cult.gva.es/iesleonardodavinci/fisica/Animaciones.htm>

Más de 85 animaciones *Modellus* de física sobre conceptos y experimentos de cinemática, dinámica, energía, gravitación, relatividad, ondas y matemáticas.

http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/cc_naturales

Esta página contiene recursos didácticos para la enseñanza de las temáticas de Ciencias Naturales.

<http://www.fisicanet.com.ar>

En este sitio se encuentran apuntes y ejercicios sobre Física.

http://www.fisicarecreativa.com/sitios_vinculos/fisica_sg_vinc/physics_sg1.htm

En este mega sitio Enseñanza de la Física pueden encontrarse gran variedad de enlaces a sitios con a simulaciones, discusiones sobre enseñanza, apuntes de Física

<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/default.htm>

En el sitio "Física con ordenador" hay unos cursos completos de física, con gran variedad de applets (programas de simulación) interactivos.

PROVINCIA DE BUENOS AIRES

GOBERNADOR

Dn. Daniel Scioli

DIRECTOR GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN

PRESIDENTE DEL CONSEJO GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN

Prof. Mario Oporto

VICEPRESIDENTE 1° DEL CONSEJO GENERAL DE CULTURA Y EDUCACIÓN

Prof. Daniel Lauría

SUBSECRETARIO DE EDUCACIÓN

Lic. Daniel Belinche

DIRECTOR PROVINCIAL DE GESTIÓN EDUCATIVA

Prof. Jorge Ameal

DIRECTOR PROVINCIAL DE EDUCACIÓN DE GESTIÓN PRIVADA

Dr. Néstor Ribet

DIRECTORA PROVINCIAL DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Mg. Claudia Bracchi

DIRECTOR DE PRODUCCIÓN DE CONTENIDOS

Lic. Alejandro Mc Coubrey



Dirección General de
Cultura y Educación

Buenos Aires
LA PROVINCIA